

بررسی تأثیر سطوح مختلف مخلوط صمغ‌های زانتان/گوار و عصاره چوبک بر خواص رئولوژیکی، حرارتی، حسی و ریزساختار مارشمالو بدون ژلاتین

ماریه مردانی^۱، سمیرا یگانه‌زاد^{۲*}، راضیه نیازمند^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۲- دانشیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
* نویسنده مسئول (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی جایگزینی ژلاتین و آلومین با سه سطح ۱، ۱/۵ و ۲ درصد از دو صمغ زانتان و گوار و سه سطح ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد از عصاره چوبک در مارشمالو و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی فرمولاسیون‌های جدید انجام گردید. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی نشان داد که در کلیه نمونه‌های محتوی ۰/۶ درصد عصاره چوبک، میزان دانسیته و حجم به ترتیب کاهش و افزایش معنی‌داری یافت. میزان رطوبت و فعالیت آبی در نمونه‌های حاوی سطوح مختلف از صمغ و عصاره چوبک در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). یافته‌های حاصل از دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی نشان داد دمای ذوب و آنتالپی نمونه‌ها با افزایش میزان صمغ افزایش می‌یابد. همچنین بررسی خصوصیات بافتی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ و ۰/۶ درصد عصاره از لحاظ سختی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P < 0.05$). بررسی ریزساختار حباب‌ها در سطح ثابت ۱/۵ درصد صمغ و سه سطح عصاره چوبک نشان داد که نمونه ۰/۲ درصد چوبک حاوی حباب‌های درشت و نمونه‌های حاوی ۰/۴ و ۰/۶ درصد حباب‌های ریزتر و بیشتری دارند و در نهایت پس از ارزیابی حسی، نمونه ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره چوبک به عنوان نزدیک‌ترین نمونه به شاهد انتخاب گردید. این محصول با دارا بودن ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی مطلوب، قابلیت جایگزینی با محصولات تجاری حاوی ژلاتین و آلومین را دارد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸
تاریخ انتشار برخط: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

واژه‌های کلیدی

خصوصیات رئولوژی دینامیک
زانتان/گوار
عصاره چوبک
مارشمالو
میکروسکوپ الکترونی

مقدمه

نسبت‌های مختلف خصوصیات گرمایی، رئولوژیکی و کف‌کنندگی این محصول را بررسی کردند. همچنین Castelló و Andrés، Escriche، Heredia، Periche (۲۰۱۵) از قند بدون کالری ایزومالتولوز^۱ و Periche، Castelló، Heredia و Escriche (۲۰۱۶) از استویا برای افزایش پایداری و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن، در تولید

مارشمالو، به عنوان یک محصول قنادی هواده‌ی شده با استفاده از ژلاتین، آلومین و شربت (شکر و شربت گلوکز) در نظر گرفته می‌شود (Greweling, 2015). Lim و Tan (۲۰۰۸) غلظت و نوع ژلاتین مورد استفاده بر افزایش ماندگاری و کیفیت مارشمالو را مورد بررسی قرار دادند. Mardani و همکاران (۲۰۱۹) با جایگزینی زانتان/گوار در

^۱ Isomaltulose

یکدیگر مخلوط می‌شود (Moorhouse, 2006; Khouryieh, 2003). در فرمولاسیون‌های مواد غذایی مختلف مانند سوپ، سس کچاپ (Şahin & Özdemir, 2007)، سس سالاد و تاپینگ‌ها^۲ از هیدروکلوئیدها به‌عنوان افزودنی برای رسیدن به ویسکوزیته و احساس دهانی مطلوب (Saha & Bhattacharya, 2010) و در محصولاتی مانند بستنی (Bahramparvar & Mazaheri Tehrani, 2011)، مربا (Javanmard, Chin, Mirhosseini, & Endan, 2012)، ژله (Moritaka, Naito, Nishinari, Ishihara, & Fukuba, 1999) و کیک (Gomez, Ronda, Caballero, Blanco, & Rosell, 2007) برای بهبود بافت استفاده می‌شود. صمغ زانتان، یک هتروپولی‌ساکارید خارج سلولی با وزن مولکولی بالا و واحدهای تکرارشونده پنتاساکارید می‌باشد (Izydorczyk, Cui, & Wang, 2005; Pinheiro *et al.*, 2011). حلالیت این صمغ در آب سرد و گرم بالاست که علت آن ماهیت پلی‌الکترولیتی آن است. محلول‌های زانتان به‌دلیل شبکه منظمی که با اتصالات هیدروژنی درون مولکولی شکل گرفته، به‌صورت سودوپلاستیک می‌باشند (Garcia-Ochoa, Santos, Casas, & Gomez, 2000). صمغ زانتان در صنایع زیادی مانند صنعت غذا، رنگ‌ها، لوازم آرایشی-بهداشتی و کف‌ها به‌عنوان امولسیون‌کننده، پایدارکننده کف‌ها و غلیظ‌کننده سوسپانسیون‌ها کاربرد دارد (Al-Assaf & Phillips, 2009; Sworn, 2009). کاربرد گالاکتومانان‌ها، از طریق واکنش‌های هم‌افزایی با زیست‌پلیمرهایی نظیر صمغ زانتان می‌تواند منجر به کاهش هزینه و بهبود کیفیت محصول گردد (Pinheiro *et al.*, 2011; Sandolo *et al.*, 2010). منابع موجود، نسبت ۷۵:۲۵ برای دو صمغ زانتان/گوار می‌تواند نسبت مناسبی برای این دو صمغ باشد (Mardani *et al.*, 2019; Saha & Bhattacharya, 2010; Sworn, 2009). صمغ گوار، پلی‌ساکارید غیر یونی است که قابلیت حل شدن در آب سرد و گرم را دارد. این صمغ به‌دلیل وزن مولکولی بالا و حضور باندهای هیدروژنی، حتی در غلظت‌های پایین نیز، ویسکوزیته بالا ایجاد می‌نماید (Iqbal & Hussain, 2010; Saha & Bhattacharya, 2010). صمغ گوار در غذاهای منجمد، نوشیدنی‌ها، محصولات نانوبی و قنادی به‌عنوان امولسیون‌کننده، پایدارکننده، غلیظ‌کننده و بهبوددهنده احساس دهانی کاربرد دارد (Castillo Garcia, 2003).

مارشمالو استفاده کردند. ژلاتین زیست‌پلیمری با خصوصیات عملکردی مهم است که به‌طور گسترده در بهبود کشسانی، قوام، هوادهی، تشکیل و بستن ژل و پایداری محصولاتی مانند مارشمالو کاربرد دارد، اما مشکلاتی از جمله قیمت بالا، انتقال بیماری‌های مشترک انسان و دام و حلیت منابع تهیه آن، استفاده از آن را با محدودیت روبرو کرده است (Greweling, 2015; Mariod & Fadul, 2013; Morrison, Clark, Chen, Talashek, & Sworn, 1999). آلومین، نوعی پروتئین در سفیده تخم‌مرغ است که کف نسبتاً پایداری ایجاد می‌کند. پروتئین‌های ژلاتین و آلومین، طی هم‌زدن شدید دنا توره شده و حباب‌های هوا را به‌دام می‌اندازند (Greweling, 2015). زمان ماندگاری پایین، شرایط حمل‌ونقل و نگهداری، قیمت بالا و خطر آلودگی به سالمونلا و انتقال بیماری حصبه، استفاده از آلومین (سفیده تخم‌مرغ) را محدود کرده است (ابویی، حبیبی‌نجفی و کریمی، ۱۳۸۷). استفاده از هیدروکلوئیدها و سایر مواد افزودنی می‌تواند جایگزین مناسبی برای ژلاتین در تولید و فرمولاسیون فرآورده‌های نوین باشد (شهیدی، خلیلیان، محبی، خزایی و مقامی‌کیا، ۱۳۹۱). هیدروکلوئیدها ترکیباتی آب‌دوست و زنجیره‌بلند با وزن مولکولی زیاد هستند که با قابلیت در تشکیل؛ در صورت پراکندگی در آب، دیسپرسیون‌های ویسکوز و یا ژل تشکیل می‌دهند (Hoefler, 2004). ویژگی‌های محلول یک صمغ در ترکیب با سایر صمغ‌ها با ایجاد برهم‌کنش بین صمغ‌ها و تغییر رئولوژی، ظرفیت ژل‌دهندگی و پایداری و حلالیت صمغ می‌تواند، اصلاح شود. در کاربردهای صنعتی اغلب از مخلوط صمغ‌ها به‌منظور بهبود فرایند، کاهش هزینه‌های تولید و طراحی محصول جدید استفاده می‌شود (Gaonkar & McPherson, 2016; Igoe, 1982). در سال‌های اخیر، تقاضا برای استفاده از هیدروکلوئیدها افزایش یافته است (Markets & Research, 2013). واکنش‌های هم‌افزایی^۱ بین پلی‌ساکاریدها در سیستم‌های غذایی و دارویی دارای اهمیت هستند. در صنعت غذا، واکنش‌های هم‌افزایی پلی‌ساکارید-پلی‌ساکارید محصولی با خصوصیات بافتی و رئولوژیکی جدید ایجاد می‌نماید. هیدروکلوئیدها، اغلب به‌منظور ایجاد خصوصیات عملکردی مناسب‌تر، که تنها با استفاده از یک صمغ حاصل نمی‌گردد، همچنین کاهش غلظت نهایی صمغ استفاده‌شده و هزینه‌های فرایند با

² Toppings¹ Synergistic

ایران)، ریشه چوبک تهیه شده از عطاری‌های سطح شهر مشهد که مشخصات اصلی آن توسط بخش هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد شناسایی گردید: خانواده میخک، جنس *آکانتافیلوم گندولوزوم*^۴، شکر سفید (شرکت بارگاه توس، ساخت ایران) و شربت گلوکز ۴۴DE (شرکت آردینه، ساخت ایران) بود. پودر آلومین سفیده تخم‌مرغ از طرف محققین از روسیه اهدا شد. برخی دیگر از مواد مصرفی شامل نشاسته و روغن آفتاب‌گردان بود.

تهیه پودر عصاره چوبک

عصاره ریشه چوبک با روش آبی از ریشه چوبک در آزمایشگاه جداسازی شد (Dorman, Peltoketo, Hiltunen, & Tikkanen, 2003)؛ انصاف، خان‌احمدی و میرزایی، ۱۳۹۷). سپس عصاره حاصل با استفاده از خشک‌کن پاششی (Buchi, B-191، ساخت سوئیس) به صورت پودر، آماده گردیده و تا زمان آزمون، در کیسه‌های مقاوم به رطوبت نگهداری شدند.

مراحل آماده‌سازی نمونه‌های مارشمالوی حاوی

هیدروکلئیدهای زانتان و گوار و نمونه شاهد

در ابتدا پودر چوبک در سه سطح ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد با آب به میزان ۳/۴، ۳/۶ و ۳/۸ درصد بسته به میزان چوبک (میزان پودر چوبک و آب در هر سطح جمعاً ۴ درصد) مخلوط گردید. صمغ‌ها در سطوح ۱، ۱/۵ و ۲ درصد با نسبت ۷۵:۲۵ برای زانتان/گوار نیز در ۱۹، ۱۹/۵ و ۲۰ درصد آب بسته به میزان صمغ مصرفی (میزان صمغ و آب در هر سطح جمعاً ۲۱ درصد) به صورت جداگانه هیدراته گردیده، سپس ۳۵ درصد شکر و ۳۰ درصد شربت گلوکز به ۱۰ درصد آب اضافه گردیده و تا دمای ۱۱۰-۱۱۲ درجه سانتی‌گراد با استفاده از همزن مغناطیسی حرارت داده شدند. سپس ۵ دقیقه در این دما قرار گرفته و تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خنک گردید. سپس همه مواد اولیه به همزن نیمه‌صنعتی (مدل I/BSP-BM5N، ساخت مالزی) منتقل گردید و با دور ۶ برای مدت ۱۱ دقیقه هم‌زده شد و در نهایت در قالب‌های سیلیکونی که از قبل، روغن زده شده، قرار گرفتند و سطح آنها با پوشش‌های نایلونی آغشته به روغن پوشانده و مسطح گردید. قالب‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند و روز بعد با استفاده از

Lopez Carballo, & Lopez Castellano, 2005; Izydorczyk et al., 2005). این صمغ در دمای محیط و pH خنثی پیوندهای هیدروژنی بیشتری دارند (Laaman, 2010; Saha & Bhattacharya, 2011). در پژوهشی که توسط نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد، اثر صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و کمی کیک سورگوم بدون گلوتن بررسی گردید. نتایج نشان داد که افزودن صمغ گوار و زانتان منجر به کاهش سفتی بافت کیک، بهبود حجم مخصوص و میزان تخلخل بافت و افزایش مؤلفه روشنایی نسبت به شاهد می‌گردد. چوبک، گیاهی است از خانواده میخک^۱ و جنس *آکانتافیلوم*^۲ که ریشه این گیاه سرشار از ساپونین می‌باشد. ساپونین‌های موجود در ریشه در دسته آنتی‌اکسیدان‌ها طبقه‌بندی گردیده و دارای هسته تری‌ترپن با قسمت آب‌دوست بایدیس‌موزید^۳ می‌باشند (Aghel, Moghimipour, & Raies Dana, 2010; Ghaffari, 2004; میرحیدر، ۱۳۷۵). از این عصاره در محصولات مختلف برای روشن‌تر شدن رنگ، ایجاد کف و امولسیون‌کنندگی و افزایش حجم محصول و ایجاد خاصیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش مدت ماندگاری استفاده گردیده است (انتظاری، کاراژیان و شریفی، ۱۳۹۶؛ شیخ‌الاسلامی، کریمی، قیافه‌داودی، صحرانیان و نقی‌پور، ۱۳۹۶؛ کاراژیان و کیهانی، ۱۳۹۴؛ کیهانی، مرتضوی، کریمی، کاراژیان و شیخ‌الاسلامی، ۱۳۹۴). باتوجه‌به اینکه تاکنون مطالعه‌هایی در خصوص فرمولاسیون مارشمالو بدون حضور ژلاتین صورت نگرفته است، هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های ساختار کف در محصولات هواده‌ی شده حاصل از چوبک در حضور دو جزء شیرین‌کننده و هیدروکلئید زانتان و گوار می‌باشد همچنین می‌توان خصوصیات و کیفیت مارشمالوی حاصل را به‌عنوان جایگزینی مناسب برای مارشمالوی حاصل از ژلاتین به‌دلیل مشکلات تغذیه‌ای و مسئله حلیت که استفاده از ژلاتین را به‌دنبال دارد، مورد توجه قرار داد.

مواد و روش‌ها

مواد اصلی برای انجام این پژوهش شامل ژلاتین گاوی خریداری شده از شرکت ژلاتین آریا (بلوم ۱۶۰)، صمغ زانتان تجاری (تهیه شده از شرکت فونگ، ساخت چین)، صمغ گوار تجاری (تهیه شده از شرکت مهر آزما، ساخت

^۱ Caryophyllacea

^۲ Acanthophyllum

^۳ Bidesmosid

^۴ *Acanthophyllum glandulosum*

رابطه (۲)

$$۱۰۰ \times \frac{\text{حجم مایع} - \text{حجم کف}}{\text{حجم مایع}} = \text{افزایش حجم}$$

تعیین دمای ذوب و آنتالپی ذوب با استفاده از دستگاه

گرماسنج روبشی تفاضلی

برای انجام این آزمون، ۱۵ میلی‌گرم از نمونه را در ظرف مخصوص دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی (SPICO، مدل DSC-100، ساخت ایران و چین) قرارداده و درب آن را به‌صورت محکم بسته و قبل از انجام آزمون به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. دستگاه با ایندیوم کالیبره و از ظرف مخصوص خالی دستگاه به‌عنوان رفرنس استفاده شد. برای تعیین دمای ذوب (T_m) و آنتالپی ذوب (H) از دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت^۱ ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه استفاده گردید (Yu & Christie, 2001).

بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف هیدروکلوئیدها بر خواص

بافتی نمونه‌های مارشمالو

اندازه‌گیری خواص بافتی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Stable micro system، مدل TA.XTplus، ساخت انگلستان) و انجام آزمون TPA صورت گرفت. در ابتدا نمونه‌ها به‌صورت قطعه‌های مکعبی با ابعاد ۳۵×۲۰×۲۰ میلی‌متر تهیه شد. دستگاه با لودسل ۵ کیلوگرم تجهیز و قطر پروب ۷۵ میلی‌متر انتخاب گردید. شرایط آزمون شامل دو سیکل پیایی با فشاری معادل ۵۰ درصد ارتفاع نمونه بود. زمان بین دو سیکل ۱۵ ثانیه و سرعت آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه بود (Periche et al., 2015).

بررسی پارامترهای رنگی نمونه‌ها

برای انجام این آزمون، نمونه‌ها به قطعه‌های مساوی بریده شد. دستگاه رنگ‌سنج (wf30 Iwave، ساخت چین) کالیبره گردید. سپس قطعه‌های مارشمالو در دستگاه قرار گرفته و پارامترهای L، a و b قرائت شدند.

کاردک آغشته به آرد نشاسته (آرد نشاسته با مش ۱۲۵ الک گردیده و تا زمان استفاده در دسیکاتور نگهداری شده بود) به قطعه‌های مساوی بریده‌شده، لایه نازکی از نشاسته بر سطح مارشمالوها پاشیده و برای انجام آزمون‌ها در ظروف مشخصی قرار گرفت. زمان انجام آزمون‌ها، ۲۴ ساعت پس از خروج مارشمالو از قالب‌ها بود. نمونه شاهد نیز با ۲ درصد ژلاتین و ۰/۶ درصد آلومین با همین روش تهیه گردید.

تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی

میزان مواد جامد محلول شربت اولیه مارشمالو (بریکس)، به‌وسیلهٔ رفرکتومتر (Atago، مدل RX500-α، ساخت ژاپن) در ۲۰ درجه سانتی‌گراد و pH آن با استفاده از pH متر (اینولب، D82362، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (Periche et al., 2015). میزان رطوبت و فعالیت آبی برای محصولات نهایی (نمونه‌های مارشمالو) تعیین گردید. میزان رطوبت، با استفاده از روش خشک‌کردن تحت خلأ اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در ظروف آلومینیومی جداگانه در آون تحت خلأ (Heraeus، مدل VT6130 P، ساخت آلمان) در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۴ پاسکال به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها در دسیکاتور در دمای اتاق به مدت ۱ ساعت خنک و توزین گردیدند. به‌علاوه، میزان فعالیت آبی نمونه‌های مارشمالو با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (NOVASINA، مدل Lab Master، ساخت سوئیس) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Tan & Lim, 2008).

اندازه‌گیری دانسیته و افزایش حجم کف

برای اندازه‌گیری دانسیتهٔ کف، بلافاصله بعد از هم‌زدن، کف مارشمالو، به‌طور یکنواخت در ظرف استوانه‌ای با وزن و حجم مشخص توزین گردید. دانسیتهٔ نمونه‌های مارشمالو با استفاده از رابطه (۱) (Tan & Lim, 2008) و افزایش حجم نیز با استفاده از رابطه (۲) (Dabestani & Yeganehzad, 2019) و با استفاده از اندازه‌گیری حجم در وزن ثابت به‌دست‌آمد.

رابطه (۱)

$$\text{جرم کف} / \text{حجم کف} = \text{دانسیتهٔ کف}$$

^۱ Rate

آزمون ارزیابی حسی نمونه‌ها

برای انجام این آزمون نمونه‌ها بعد از خروج از قالب به قطعه‌ها $20 \times 20 \times 20$ میلی‌متر برش داده و در پودر نشاسته قرار داده شد. آزمون بعد از ۲۴ ساعت انجام شد. تمام نمونه‌ها با کدهای سه رقمی تصادفی شماره‌گذاری شدند. یک لیوان آب و راهنمایی‌های لازم برای انجام آزمون به ۳۹ نفر ارزیاب (۱۹ مرد و ۲۰ زن) داده شد. آزمون هدونیک ۵ نقطه انجام شد و نمونه‌ها از نظر طعم، احساس دهانی، بافت، ظاهر و پذیرش کلی بررسی شدند. در این آزمون به تمایل بیش‌ازحد امتیاز ۵ و عدم تمایل بیش‌ازحد امتیاز ۱ داده و امتیاز ۳ محدوده پذیرش قابل قبول در نظر گرفته شد (Ayadi, Abdelmaksoud, Ennouri, & Attia, 2009).

آنالیز آماری داده‌ها

به‌منظور آنالیز آماری داده‌های حاصل، از طرح کاملاً تصادفی استفاده‌شده و بعد از آنالیز واریانس، برای تعیین اختلاف میانگین داده‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. برای رسم منحنی از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد. تمام آزمون‌ها حداقل با سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی pH و بریکس شربت اولیه

میزان مواد جامد محلول (بریکس) در شربت اولیه (شکر، گلوکز مایع و آب) 81.21 ± 0.14 درجه می‌باشد. میزان pH محلول شربت اولیه 6.61 ± 0.43 است که در محدوده خنثی می‌باشد و برای ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف مناسب است (Nakamura & Sato, 1964). اهمیت اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول به مدت ماندگاری محصول مربوط است. هر چه میزان مواد جامد محلول کمتر باشد عمر نگهداری محصول کمتر می‌گردد (Periche et al., 2015).

اندازه‌گیری دانسیته و افزایش حجم

مقادیر دانسیته و افزایش حجم نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده و کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به داده‌ها، با افزایش میزان صمغ و به‌دنبال آن غلیظ‌تر شدن نمونه، به‌دام‌افتادن هوا و

بررسی ساختار نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ

الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM^۱)

نمونه‌های مارشمالو به قطعه‌های $35 \times 20 \times 20$ میلی‌متر تهیه گردید. سپس این قطعه‌ها با استفاده از نیتروژن مایع منجمد گردیده و به خشک‌کن انجمادی (Operon Co, FDO-8606، ساخت کره) منتقل شدند. قطعه‌های خشک‌شده در ظروف مقاوم به رطوبت تا روز آزمون نگهداری شدند. آزمون با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (TESCAN BRNO-Mira3، کره جنوبی) با استفاده از آشکارساز الکترون ثانویه (SE^۲) در ولتاژ ۱۰ کیلوولت با بزرگنمایی $10 \times$ انجام گردید (Wretfors et al., 2010).

بررسی خصوصیات ویسکوالاستیک نمونه‌ها

اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژی نوسانی (دینامیک) در دامنه فرکانس زاویه‌ای ۱۰۰-۰/۱ هرتز و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله رئومتر پارافیزیکا (مدل MCR 301، شرکت Anton paar، ساخت آلمان) مجهز به هندسه صفحه-صفحه انجام گرفت. فاصله دو صفحه ^۳ ۱ میلی‌متر و قطر پروب دستگاه ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. جهت حفظ یکنواختی دما طی آزمون، نمونه‌های مارشمالو با یک ژاکت محافظ پوشانده شدند. نمونه‌ها روی صفحه دستگاه قرار داده شدند تا به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برسند. برای تعیین ناحیه خطی، آزمون کرنش متغیر در دامنه کرنش ۰/۱ تا ۱۰۰ درصد و در فرکانس ثابت ۱ هرتز برای نمونه‌های حاوی صمغ ۱/۵ درصد و نمونه حاوی ژلاتین انجام گرفت. ناحیه خطی برای نمونه‌ها با توجه به آزمون کرنش متغیر در کرنش ثابت ۰/۵ درصد انتخاب گردید. پارامترهای موردبررسی در آزمون فرکانس متغیر توسط نرم‌افزار رئوپلاس^۴ ۳۲/۴ نسخه ۳.۴۰ شامل مدول‌های ذخیره^۵، افت^۶، زاویه فازی^۷، ویسکوزیته کمپلکس^۸ و شیب ویسکوزیته کمپلکس می‌باشد (Farahnaky, Askari, (Majzooobi, & Mesbahi, 2010).

¹ Field Emission Scanning Electron Microscope

² Secondary electron

³ Gap

⁴ Rheoplus

⁵ Storage modulus

⁶ Loss modulus

⁷ Phase angle

⁸ Complex viscosity

نوع بای دیسموزید است (Aghel *et al.*, 2010)، به همین علت این ساپونین‌ها قادر به اتصال با مولکول‌های آب‌دوست زیادی هستند و می‌توانند در بین سطوح با مولکول‌های آب بهتر و بیشتر واکنش داده و کف بیشتری ایجاد کنند. در پژوهشی که توسط کیهانی (۱۳۸۹) انجام گردید، افزودن چوبک تأثیر مثبتی بر افزایش حجم محصول داشته است، برعکس، افزایش میزان صمغ به علت افزایش غلظت و قوام موجب کاهش ورود و تخلخل محصول می‌گردد.

تشکیل کف مشکل‌تر می‌گردد و در نتیجه دانسیته افزایش و افزایش حجم نمونه‌ها کاهش می‌یابد. به جز نمونه‌های ۰/۴ درصد عصاره چوبک و ۱ درصد صمغ، ۰/۶ درصد عصاره چوبک و ۱ درصد صمغ، ۰/۲ درصد عصاره چوبک و ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره چوبک و ۲ درصد صمغ، در سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری برای دانسیته مشاهده نگردید ($P < 0.05$). با افزایش مقادیر کف‌کننده در نمونه‌ها دانسیته به مقدار قابل توجهی کاهش یافت که علت آن به ساپونین‌های موجود در چوبک و ساختار آن مربوط می‌باشد. بخش آب‌دوست متصل (قندها) در ساپونین‌های چوبک از

جدول ۱- مقادیر دانسیته و افزایش حجم نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده و کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین*

میزان صمغ (درصد)	میزان عصاره چوبک (درصد)	دانسیته (گرم/میلی‌لیتر)	افزایش حجم (درصد)
۱	۰/۲	۰/۴۲±۰/۰۴ ^{abc}	۷۸/۵۰±۴/۹۵ ^d
۱	۰/۴	۰/۳۱±۰/۰۲ ^c	۱۱۳/۵۰±۳/۵۴ ^b
۱	۰/۶	۰/۲۹±۰/۰۲ ^c	۱۲۶/۰۰±۴/۲۴ ^a
۱/۵	۰/۲	۰/۴۵±۰/۰۱ ^{ab}	۷۱/۰۰±۱/۴۱ ^{dc}
۱/۵	۰/۴	۰/۳۵±۰/۰۲ ^{de}	۱۰۲/۰۰±۵/۶۶ ^c
۱/۵	۰/۶	۰/۳۲±۰/۰۳ ^c	۱۲۰/۰۰±۲/۸۳ ^{ab}
۲	۰/۲	۰/۴۸±۰/۰۲ ^a	۶۳/۰۰±۴/۳۴ ^c
۲	۰/۴	۰/۳۹±۰/۰۴ ^{cd}	۹۴/۵۰±۶/۳۶ ^c
۲	۰/۶	۰/۳۴±۰/۰۱ ^{de}	۱۱۶/۵۰±۴/۹۵ ^b
نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین			۷۲/۰۰±۲/۵۲ ^{dc}

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ($P < 0.05$) در هر ستون می‌باشند.

جدول ۲- مقادیر فعالیت آبی و میزان رطوبت نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده، کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین*

میزان صمغ (درصد)	میزان عصاره چوبک (درصد)	فعالیت آبی	میزان رطوبت (گرم/۱۰۰ گرم)
۱	۰/۲	۰/۷۴±۰/۰۰ ^b	۱۸/۱۸±۰/۱۰ ^f
۱	۰/۴	۰/۷۵±۰/۰۰ ^b	۱۹/۱۷±۰/۰۷ ^e
۱	۰/۶	۰/۷۶±۰/۰۰ ^{ab}	۲۱/۲۱±۰/۰۲ ^b
۱/۵	۰/۲	۰/۷۵±۰/۰۱ ^b	۱۹/۱۵±۰/۰۸ ^c
۱/۵	۰/۴	۰/۷۵±۰/۰۰ ^{ab}	۲۰/۲۹±۰/۰۴ ^{cd}
۱/۵	۰/۶	۰/۷۶±۰/۰۰ ^{ab}	۲۲/۰۲±۰/۱۵ ^a
۲	۰/۲	۰/۷۶±۰/۰۱ ^{ab}	۱۹/۹۷±۰/۰۶ ^d
۲	۰/۴	۰/۷۶±۰/۰۲ ^{ab}	۲۰/۸۵±۰/۱۳ ^{bc}
۲	۰/۶	۰/۷۷±۰/۰۰ ^a	۲۲/۴۶±۰/۱۹ ^a
نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین			۱۶/۶۸±۰/۳۹ ^g

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ($P < 0.05$) در هر ستون می‌باشند.

تعیین میزان رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌ها

نتایج مربوط به فعالیت آبی و میزان رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ‌ها و عصاره چوبک و همچنین نمونه شاهد در **جدول (۲)** گزارش شده است. مطابق **جدول (۲)**، میزان رطوبت و فعالیت آبی در نمونه‌ها با افزایش میزان صمغ و همچنین افزایش میزان عصاره چوبک در نمونه‌ها افزایش می‌یابد. کمترین میزان رطوبت و فعالیت آبی مربوط به نمونه شاهد حاوی ژلاتین می‌باشد و بعد از آن نمونه حاوی ۱ درصد صمغ و ۰/۲ درصد عصاره چوبک قرار دارد. برای محصولاتی مانند مارشمالو، میزان رطوبت در رنج ۱۰۰-۲۲/۱۵ گرم گزارش شده است (Mohammad, 2015; Amin, 2007; Periche et al., 2015). اثر افزودن صمغ به فرمولاسیون نان را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که افزودن صمغ به دلیل طبیعت آب‌دوست خود باعث افزایش رطوبت محصول گردید. McCarthy, Gormley, Gallagher, Schober, و Arendt (۲۰۰۵) نیز با افزودن صمغ، افزایش رطوبت در محصول را گزارش کردند. پژوهش‌های انتظار و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند افزایش میزان عصاره چوبک، موجب افزایش رطوبت و فعالیت آبی در دونات گردیده و به حفظ رطوبت در محصول کمک می‌کند. علت این امر، ساپونین‌های موجود در عصاره چوبک است که از طریق بخش آب‌دوست خود (قندها) با مولکول‌های آب اتصال برقرار می‌نمایند (Aghel, et al., 2010; Lacaille-Dubois, Hanquet, Rustaiyan, & Wagner, 1993). همچنین شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی اثر صمغ دانه ریحان و عصاره چوبک، افزایش میزان رطوبت اشتروادل‌های تولیدی نسبت به نمونه شاهد را گزارش کردند. علت افزایش میزان رطوبت، خاصیت امولسیفایری چوبک و طبیعت آب‌دوستی صمغ‌ها عنوان گردیده است. در محصولاتی با تخلخل بالا مانند مارشمالو، از دست دادن رطوبت بلافاصله بعد از خروج از قالب اتفاق می‌افتد و وجود عواملی که سرعت خروج رطوبت را کاهش دهند، در جلوگیری از سخت شدن زود هنگام این محصولات مؤثر خواهد بود. بالاترین میزان رطوبت و فعالیت آبی مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد صمغ و ۰/۶ درصد چوبک می‌باشد.

بررسی آنالیز حرارتی نمونه‌ها با تعیین دمای ذوب و

آنتالپی ذوب

بررسی ویژگی‌های گرمایی، اطلاعات مفیدی درباره انتقال حرارتی و ویژگی‌های شیمیایی و پایداری مواد می‌دهد که مورفولوژی مواد، پلی‌ساکاریدها و صمغ‌ها و حالت آنها را به صورت آمورف، نیمه‌کریستالی و حتی تمایل آنها به کریستالی شدن نشان می‌دهد (Singh, 2013). دمای ذوب با یک پیک اندوترمیک نشان داده شده و به‌حالتی گفته می‌شود که ماده از حالت بلوری با تغییر فاز به حالت مایع تبدیل می‌شود (Rahman, Al-Saidi, Guizani, & Abdullah, 2010). مقادیر دمای ذوب و آنتالپی ذوب برای نمونه‌های مارشمالو حاوی صمغ‌ها و عصاره چوبک و نمونه شاهد در **جدول (۳)** آورده شده است. اندازه‌گیری دمای ذوب و آنتالپی ذوب نمونه‌ها به دلیل تأثیر بر احساس دهانی مصرف‌کننده حائز اهمیت است (Phillips & Williams, 2000). ساختار مارشمالوی حاصل از ژلاتین به‌گونه‌ای است که با قرارگیری در دمای دهان و در تماس با بزاق، بافت دلپذیری را ایجاد می‌نماید و نیازی به جویدن ندارد. این حالت در ژل ایجاد شده از صمغ‌ها نیز باید وجود داشته باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود میزان دمای ذوب نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلبومین ۵۹/۴۲±۰/۶۶ بوده و با سه نمونه حاوی ۱ درصد صمغ و ۰/۲ درصد چوبک، حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد چوبک و حاوی ۲ درصد صمغ و ۰/۶ درصد چوبک تفاوت معنی‌داری نداشت ($P < 0.05$). با افزایش میزان درصد عصاره چوبک و افزایش میزان حباب و خلل‌و فرج‌های موجود در نمونه، دمای ذوب و آنتالپی ذوب کاهش داشته، همچنین با افزایش میزان صمغ، بافت سنگین‌تر و قوی‌تری را شاهد هستیم که این امر به دلیل پیوندهای هیدروژنی بین دو صمغ زانتان و گوار است که در صورت استفاده از مقادیر بالاتر صمغ، نیاز به انرژی بالاتری برای شکست این اتصالات بوده و دمای ذوب و آنتالپی ذوب در نمونه‌ها افزایش می‌یابد (Laaman, 2011; Mardani et al., 2019). از طرف دیگر گروه‌های هیدروکسیل دو صمغ به شدت مولکول‌های آب را محدود می‌کنند. در نتیجه مولکول‌های آب در یک شبکه سه‌بعدی به دام می‌افتند که این امر می‌تواند باعث افزایش دمای ذوب و آنتالپی ذوب نمونه‌های حاوی صمغ گردد (Yoshida, Takahashi, & Hatakeyama, 1998).

جدول ۳- مقادیر دمای ذوب و تغییر آنتالپی ذوب برای نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده، کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین*

میزان صمغ (درصد)	میزان عصاره چوبک (درصد)	دمای ذوب (درجه سانتی‌گراد)	آنتالپی ذوب (ژول/گرم)
۱	۰/۲	۵۸/۶۶±۰/۴ ^c	۴۷/۱۳±۰/۶۸ ^c
۱	۰/۴	۵۳/۳۷±۰/۴۹ ^g	۳۹/۷۰±۰/۲۸ ^f
۱	۰/۶	۵۲/۶۸±۰/۲۲ ^g	۳۴/۹۱±۰/۱۸ ^g
۱/۵	۰/۲	۶۱/۳۹±۰/۷۳ ^c	۵۸/۱۶±۰/۹۳ ^c
۱/۵	۰/۴	۵۸/۵۶±۰/۶۱ ^c	۴۷/۵۱±۰/۳۰ ^c
۱/۵	۰/۶	۵۵/۸۰±۰/۱۶ ^f	۴۵/۹۱±۰/۶۶ ^c
۲	۰/۲	۶۵/۷۸±۰/۱۵ ^a	۷۹/۱۲±۱/۲۹ ^a
۲	۰/۴	۶۲/۵۴±۰/۲۶ ^b	۶۱/۰۵±۱/۳۲ ^b
۲	۰/۶	۶۰/۲۳±۰/۶۲ ^d	۵۴/۷۶±۰/۳۳ ^d
نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین			
		۵۹/۴۲±۰/۶۶ ^{de}	۴۶/۸۸±۰/۷۴ ^e

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ($P < 0.05$) در هر ستون می‌باشند.

انجام آزمون بافتی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج

پارامترهای حاصل از دستگاه بافت‌سنج، در جدول (۴) گزارش گردیده است. پارامترهای بافتی اندازه‌گیری شده شامل سختی حداکثر نیروی حاصل از سیکل فشاری اول، پیوستگی نسبت نواحی سیکل فشاری دوم و اول (Thakur, Prasad, & Rastogi, 1995) و حالت صمغی می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود میزان سختی در نمونه‌ها با افزایش میزان صمغ، افزایش چشم‌گیری داشته ($P < 0.05$) که با نتایج Achayuthakan, Suphantharika, و Rao (2006) و Palogou, Mandala, و Kostaropoulos (2002) در یک راستاست. افزودن صمغ در محصولات مختلف موجب افزایش سختی و پیوستگی می‌گردد که علت آن اتصالات قوی‌تر با مولکول‌های موجود به علت افزایش صمغ‌هاست (Arozarena, Bertholo, Empis, Bungler, & Sousa, 2000; Gaspar, Laureano, & Sousa, 1998; Lo & Ramsden, 2000; Sae-kang & Suphantharika, 2006; Thakur et al., 1995).

Singh و Sharma, Gujral (2002) شاخص قوام را در صمغ‌های گوار، آلژینات سدیم، پکتین، کربوکسی‌متیل سلولز^۱، زانتان و آکاسیا بررسی کردند. تمامی صمغ‌ها باعث افزایش قوام شدند که در این میان زانتان و گوار بیشترین تأثیر را داشتند. همچنین افزایش میزان عصاره چوبک، تأثیر منفی بر هر سه پارامتر بافتی داشته است. افزایش میزان چوبک با افزایش میزان رطوبت در نمونه‌ها منجر به کاهش سختی آنها گردیده است که این نتایج با نتایج انتظاری و همکاران (1396) و کیهانی (1389) مطابقت دارد. این

میزان رطوبت و نرمی طی نگهداری محصول برای جلوگیری از خشک‌شدن زود هنگام آن، می‌تواند کمک‌کننده باشد که به دلیل وجود امولسیفایرها و اتصال آنها به مولکول‌های آب اتفاق می‌افتد. همچنین Üstün Işık, Yılmaz, Çelik (2007) تأثیر عصاره ساپونینی سوآپورت^۲ را بر نرم‌ترشدن کیک اسفنجی حاصل از آن نشان دادند. نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین از نظر میزان سختی با نمونه‌های ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ و ۰/۶ درصد عصاره چوبک و نمونه ۱ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره چوبک تفاوت معنی‌دار نداشت ($P < 0.05$). بالاترین پیوستگی مربوط به نمونه شاهد بود که با تمامی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). ژلاتین با ساختار پروتئینی که دارد باعث ایجاد بافتی یکدست، پیوسته و مناسب می‌گردد (Greweling, 2015) که هدف نزدیکی تا حد امکان نمونه‌ها به نمونه شاهد می‌باشد. به میزان انرژی موردنیاز برای جویدن یک ماده و آماده بلع‌شدن آن قابلیت جویدن گویند (Szczesniak, 2002) و از طریق فرمول (سختی × پیوستگی) به دست می‌آید (Bourne, 1978)، در نتیجه ارتباط نزدیکی با میزان سختی نمونه‌ها دارد. با افزایش میزان صمغ، به دلیل افزایش قوت نمونه‌ها، انرژی موردنیاز برای جویدن بیشتر می‌گردد. با افزایش میزان عصاره و به دنبال آن افزایش کف تولیدشده، به دلیل ضعیف‌ترشدن ساختار، نیروی موردنیاز کاهش می‌یابد. میزان حالت صمغی بودن در نمونه شاهد با نمونه ۲ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره اختلاف معنی‌داری نداشت ($P < 0.01$).

² Soapwort

¹ Carboxymethyl cellulose

جدول ۴- بررسی خصوصیات بافتی نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده، کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین*

میزان صمغ (درصد)	میزان عصاره چوبک (درصد)	سختی (گرم)	پیوستگی	حالت صمغی (گرم)
۱	۰/۲	۸۲۳/۲۱±۸۸/۴۸ ^d	۰/۳۲±۰/۰۲ ^{bcd}	۲۶۸/۴۸±۴۶/۲۲ ^{dc}
۱	۰/۴	۷۱۱/۸۰±۱۰۲/۰۸ ^{dc}	۰/۳۰±۰/۰۵ ^{cd}	۲۲۹/۷۶±۲۱/۵۹ ^{ef}
۱	۰/۶	۴۴۴/۲۸±۳۴/۲۶ ^f	۰/۳۱±۰/۰۱ ^e	۹۱/۲۰±۱۰/۱۷ ^g
۱/۵	۰/۲	۹۹۷/۰۴±۵۰/۵۴ ^c	۰/۳۵±۰/۰۱ ^{bc}	۳۴۳/۸۰±۱۰/۳۹ ^c
۱/۵	۰/۴	۶۵۵/۹۳±۱۵/۰۶ ^e	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{cd}	۲۰۰/۱۱±۹/۲۳ ^f
۱/۵	۰/۶	۶۵۳/۳۳±۱۸/۷۶ ^e	۰/۳۰±۰/۰۱ ^{cd}	۲۰۲/۳۳±۱۸/۸۵ ^f
۲	۰/۲	۱۶۰۳/۵۲±۳۵/۸۲ ^a	۰/۳۶±۰/۰۱ ^b	۵۷۴/۹۶±۳۹/۶۲ ^a
۲	۰/۴	۱۳۰۳/۲۱±۸۳/۰۳ ^b	۰/۳۷±۰/۰۲ ^b	۴۵۷/۲۹±۴۷/۲۳ ^b
۲	۰/۶	۱۲۵۰/۶۲±۱۲۸/۸۹ ^b	۰/۲۸±۰/۰۲ ^d	۳۲۸/۳۱±۲۵/۱۷ ^{cd}
نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلبومین				
		۶۴۲/۷۵±۸/۹۶ ^e	۰/۶۴±۰/۰۴ ^a	۴۰۷/۹۹±۱۷/۰۴ ^b

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح $P < 0.05$ در هر ستون می‌باشند.

تعیین پارامترهای رنگی نمونه‌ها

رنگ محصول یکی از مهم‌ترین پارامترها در انتخاب آن از نظر مصرف‌کننده می‌باشد به طوری که قبول یا عدم قبول محصول می‌تواند به طور مستقیم به رنگ آن مربوط باشد. رنگ همچنین می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت ماده غذایی باشد (Maskan, Kaya, & Maskan, 2002). پارامترهای رنگی L, a و b در نمونه‌های مارشمالو حاوی چوبک و صمغ و همچنین نمونه شاهد در جدول (۵) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد استفاده از غلظت‌های بالاتر عصاره چوبک، باعث افزایش پارامتر L و کاهش دو پارامتر a و b گردیده است که نتایج این تحقیق با نتایج کاراژیان و کیهانی (۱۳۹۴) هم‌راستاست. براساس نتایج آنها، جایگزینی بخشی از آلبومین (سفیده تخم‌مرغ) با عصاره چوبک باعث روشن‌تر شدن کیک اسفنجی می‌گردد. همچنین نتایج شاکراردکانی، شاهدهی و کبیر (۱۳۸۷) نشان داد که برای سفید کردن رنگ شیره شکر در تولید حلواورده از عصاره چوبک استفاده می‌گردد. نتایج نشان داد که افزایش

صمغ در نمونه‌ها باعث کاهش میزان L و افزایش پارامترهای a و b گردید. براساس منابع موجود نیز افزودن صمغ‌ها تأثیر مشابهی بر نوشیدنی، انواع نان و باگت‌ها داشته است (احمدزاده‌قویدل، عسکری و قیافه‌داودی، ۱۳۹۵؛ صالحی، امین‌اخلاص و مهربانی، ۱۳۹۸؛ صراف، صالحی‌فر و شاهسونی‌مجرد، ۱۳۹۷؛ فدوی و حسینی‌اصفهانی، ۱۳۹۷؛ فرخی‌فرخانی، محبی و کوچکی، ۱۳۹۳؛ مهرعلی‌ها، سهراب‌وندی و ناطقی، ۱۳۹۶). این یافته این احتمال را درمورد پارامتر L نشان می‌دهد که با افزایش صمغ، قوام و ویسکوزیته نمونه افزایش می‌یابد، در نتیجه رسیدن به حداکثر افزایش حجم میسر نبوده و همین امر باعث تیره‌تر شدن نمونه در این محصولات می‌گردد. شربت اولیه و ژلاتین هیدراته شده زرد رنگ می‌باشد که با هم زدن و تولید کف این رنگ به سفیدی متمایل می‌گردد. در صورت استفاده از میزان بالاتر صمغ در نمونه و نرسیدن به افزایش حجم مناسب، افزایش دو پارامتر دیگر شامل a (قرمزی) و b (زردی) در نمونه‌ها مشاهده می‌شود.

جدول ۵- بررسی پارامترهای رنگی نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده، کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین*

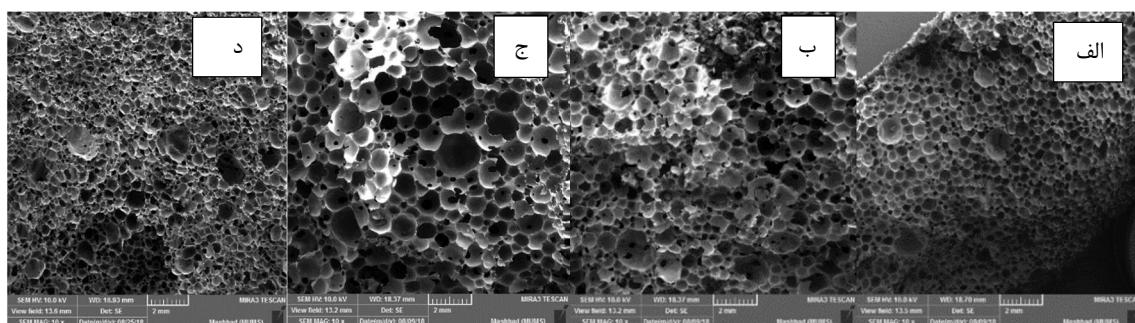
پارامتر b	پارامتر a	پارامتر L	میزان عصاره چوبک (درصد)	میزان صمغ (درصد)
۱/۶۴±۰/۰۵ ^d	۰/۲۶±۰/۰۴ ^d	۸۵/۵۳±۰/۶۸ ^{de}	۰/۲	۱
۱/۶۴±۰/۰۳ ^d	۰/۲۳±۰/۰۱ ^{cd}	۸۸/۶۰±۰/۱۲ ^b	۰/۴	۱
۱/۶۱±۰/۰۴ ^d	-۰/۰۶±۰/۰۴ ^a	۹۲/۰۵±۱/۱۰ ^a	۰/۶	۱
۲/۳۵±۰/۰۱ ^c	۰/۴۰±۰/۰۶ ^c	۸۳/۰۹±۰/۸۹ ^f	۰/۲	۱/۵
۲/۰۰±۰/۰۶ ^b	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{bc}	۸۶/۸۹±۰/۲۲ ^{cd}	۰/۴	۱/۵
۱/۷۶±۰/۰۴ ^a	-۰/۰۵±۰/۰۴ ^{ab}	۸۹/۲۹±۰/۵۹ ^b	۰/۶	۱/۵
۲/۴۰±۰/۰۶ ^c	۰/۴۵±۰/۰۱ ^c	۸۳/۱۹±۰/۳۰ ^f	۰/۲	۲
۱/۹۵±۰/۰۳ ^b	۰/۳۷±۰/۰۳ ^{ab}	۸۴/۸۴±۰/۶۲ ^c	۰/۴	۲
۱/۷۹±۰/۰۴ ^a	۰/۱۹±۰/۰۲ ^{cd}	۸۸/۲۹±۰/۱۶ ^{bc}	۰/۶	۲
۱/۶۰±۰/۰۷ ^d	۰/۱۹±۰/۰۶ ^d	۸۴/۴۷±۰/۶۲ ^{ef}	نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلبومین	

* اعداد موجود در جدول میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند. میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح $P < 0.05$ در هر ستون می‌باشند.

و نامتوازن هستند. براساس منابع موجود، هرچه غلظت سورفاکتانت افزایش می‌یابد، حباب‌های ریزتری مشاهده می‌شوند که علت آن به در دسترس بودن سورفاکتانت، قرارگیری بیشتر آن در لایه بین سطح، کاهش بیشتر کشش سطحی و تشکیل حباب‌های ریزتر با سطح بیشتر نسبت داده می‌شود (Rosen, 2004). نمونه حاوی ۰/۶ درصد چوبک به دلیل دارا بودن مقادیر بالاتر عصاره که سورفاکتانتی با زنجیره‌های قندی بالاست اتصالات بیشتری تشکیل و سطح حباب‌ها را بهتر پوشش می‌دهد و حباب‌های ریزتر با تعداد بیشتری تشکیل می‌شود به گونه‌ای که با ایجاد برش عرضی ساختاری یکدست با حباب‌های ریز مشاهده می‌گردد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۶). Marinova و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزودن سورفاکتانت در محصول موجب کوچک‌تر شدن قطر حباب‌ها و انتشار یکدست‌تر آنها گردیده و با افزایش تعداد آنها همراه است.

بررسی میکروساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

تصاویر میکروسکوپی، مورفولوژی سطح حباب‌های پراکنده شده در نمونه‌های مارشمالو حاوی سه سطح عصاره چوبک (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد) و یک سطح صمغ (۱/۵ درصد) و نمونه شاهد را در شکل (۱) نشان داده شده است. به دلیل اینکه بیشتر تغییرات ریزساختار کف با تغییر میزان سورفاکتانت اتفاق می‌افتد (Oleszek & Hamed, 2010) و همچنین مناسب بودن خصوصیات مارشمالوی حاوی ۱/۵ درصد صمغ نسبت به سایر سطوح به کاررفته، آزمون‌های بررسی ساختاری و رئولوژیکی منحصراً برای این سطح از غلظت صمغ در سه سطح از غلظت عصاره چوبک انجام گرفت. همان‌گونه که از تصاویر هم قابل مشاهده است، مارشمالوی حاوی ژلاتین و آلبومین از ساختاری کف‌مانند با تعداد زیادی حباب‌های ریز تشکیل شده است. در غلظت‌های پایین استفاده از عصاره چوبک، حباب‌ها درشت

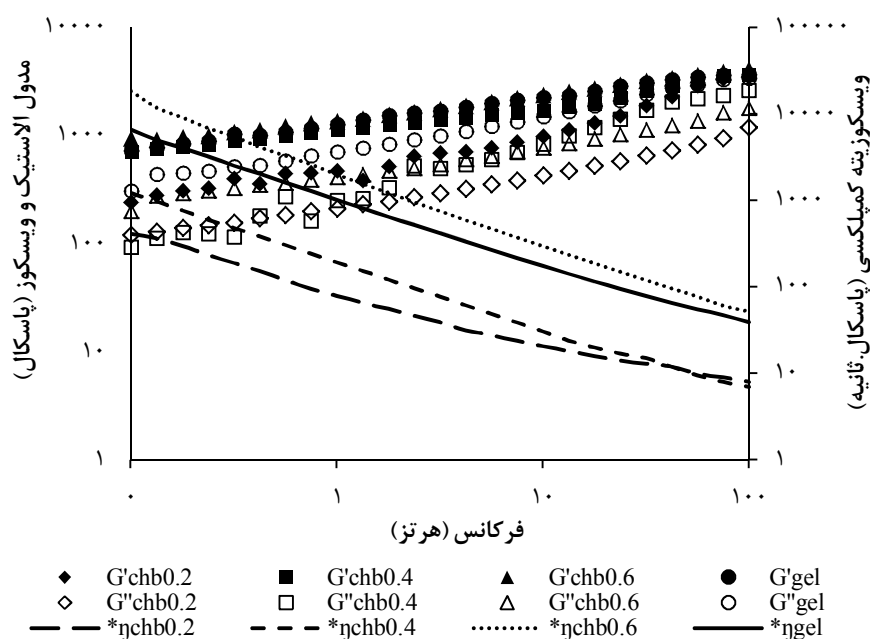


شکل ۱- الف) نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلبومین، ب) نمونه حاوی ۰/۲ درصد چوبک و ۱/۵ درصد صمغ، ج) نمونه حاوی ۰/۴ درصد چوبک و ۱/۵ درصد صمغ و د) نمونه حاوی ۰/۶ درصد چوبک و ۱/۵ درصد صمغ (واحد اندازه‌گیری: ۲ میلی‌متر).

بررسی خواص رئولوژیکی دینامیک نمونه‌ها

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محصولات مواد غذایی، که مستقیماً بر پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده مؤثر است، رفتار رئولوژیک می‌باشد (Collyer, 1993). منحنی‌های مربوط به خصوصیات ویسکوالاستیک مواد به اثر انگشت معروفند و از این جهت حائز اهمیت هستند (حصاری‌نژاد، رضوی و کوچکی، ۱۳۹۴). آزمون فرکانس متغیر نمونه‌های حاوی صمغ زانتان/گوار با نسبت ۷۵:۲۵ و عصاره چوبک در سه سطح و نمونه شاهد در کرنش ثابت ۰/۵ درصد انجام گردیده، نتایج در شکل (۲) و جدول (۶) گزارش گردیده است. همان‌گونه که در جدول (۶) مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت عصاره چوبک، خصوصیات الاستیک نمونه‌ها افزایش می‌یابد. مدول الاستیک در مواد با میزان افزایش حجم بالاتر، مقدار بیشتری است و هرچه

میزان هوا در ساختار بیشتر باشد ماده خاصیت الاستیک‌تری نشان می‌دهد (Mardani et al., 2019). افزایش در مقدار مدول‌ها به معنی افزایش خصوصیت ویسکوالاستیک است (امیدبخش، نایب‌زاده، محمدی‌فر و امیری، ۱۳۹۲). مدول الاستیک برای هر ۴ نمونه بالاتر از مدول ویسکوز بوده، مدول الاستیک و ویسکوز به فرکانس وابسته و مقادیر آنها با افزایش سرعت زاویه‌ای افزایش می‌یابد. در تمامی نمونه‌ها G' از G'' بالاتر می‌باشد که نشان‌دهنده سیستم ژل مانند می‌باشد. ضعیف و قوی بودن ژل به نسبت G'/G'' بستگی دارد. در ژل‌ها این نسبت به ۳ می‌رسد (عباس‌تبار، عزیزی و عباسی، ۱۳۹۳). در نمونه حاوی ۰/۶ درصد چوبک، این نسبت بالاترین مقدار است و کمترین مقدار را نمونه شاهد حاوی ژلاتین دارا می‌باشد.



شکل ۲- تأثیر تغییرات میزان عصاره چوبک بر مدول الاستیک، مدول ویسکوز و ویسکوزیته کمپلکس نمونه‌ها (chb0.2: نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۲ درصد عصاره چوبک، chb0.4: نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره چوبک، chb0.6: نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۶ درصد عصاره چوبک، gel: نمونه حاوی ۲ درصد ژلاتین و ۰/۶ درصد آلبومین)

جدول ۶- پارامترهای رئولوژیکی نمونه‌های مارشمالو (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، کرنش ۰/۵ درصد و فرکانس ۱ هرتز)

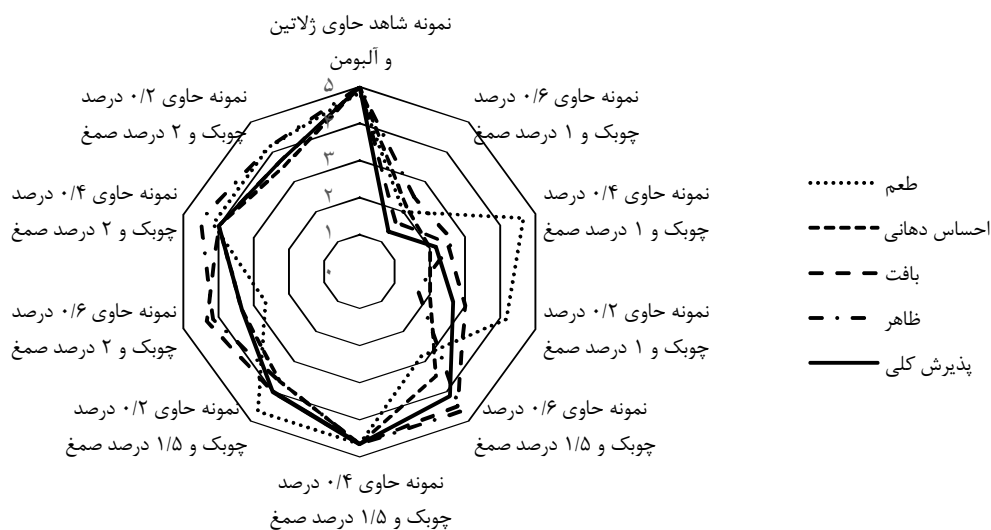
درصد صمغ	درصد چوبک	مدول الاستیک	مدول ویسکوز	تانژانت اتلاف	ویسکوزیته کمپلکس	شیب ویسکوزیته کمپلکس
۱/۵	۰/۲	۴۷۱	۲۱۲	۰/۴۵	۷۹	-۰/۵۸
۱/۵	۰/۴	۱۱۳۰	۳۸۵	۰/۳۴	۱۹۳	-۰/۷۶
۱/۵	۰/۶	۱۳۷۰	۴۱۲	۰/۳۰	۲۰۰	-۰/۸۳
نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلبومین		۱۲۹۰	۷۱۰	۰/۵۵	۱۰۲۰	-۰/۷۵

مطابق نظر ارزیاب‌ها استفاده از میزان ۰/۶ درصد چوبک بافت مناسبی ایجاد می‌کند اما این میزان عصاره در هر سه غلظت ۱، ۱/۵ و ۲ درصد صمغ باعث ایجاد طعم تلخی در نمونه‌ها گردید که می‌تواند به افزایش میزان ساپونین با مزه تلخ در محصول مربوط باشد (Hostettmann & Marston, 1995) که در غلظت‌های بالاتر این طعم احساس می‌گردد. در آزمون ارزیابی حسی که توسط Price, Griffiths, Curl و Fenwick (۱۹۸۵) برای آرد لوییایی خشک‌شده انجام شد طعم تلخ، گس و فلزی موجود در آن را به‌وجود ساپونین نسبت دادند. از لحاظ ظاهر، نمونه‌های حاوی ۱/۵ و ۲ درصد صمغ همراه با ۰/۴ و ۰/۶ درصد عصاره تا حد زیادی قابل قبول بودند اما استفاده از نمونه حاوی ۱ درصد صمغ با بافتی نرم چندان موردقبول ارزیاب‌ها نبود. از لحاظ بافتی نمونه ۲ درصد بافتی سفت ایجاد می‌کند که می‌تواند به‌دلیل جلوگیری از ورود میزان مناسب هوا به داخل محصول باشد. براساس نتایج جاویدی، رضوی و طهرانی (۱۳۹۳) استفاده از مقادیر بالای صمغ در بستنی باعث ایجاد قوام بالا و بافتی سفت می‌گردد که موردقبول نیست. این نتایج با نتایج پژوهش مهرعلیها و همکاران (۱۳۹۶) نیز مطابقت دارد. احساس دهانی ایجادشده از نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ و ۰/۶ درصد عصاره از بین نمونه‌ها به استثنای نمونه شاهد بالاترین امتیاز را داشت. درنهایت ارزیاب‌ها از لحاظ پذیرش کلی به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد عصاره چوبک بالاترین امتیاز را دادند.

تانژانت اتلاف در محدوده ۰/۳۰ تا ۰/۵۵ قرار داشت که این پارامتر در نمونه حاوی ژلاتین و آلومین بالاترین مقدار بود. ویسکوزیته کمپلکس نسبت مدول کمپلکس (G^*) به فرکانس و معیار مقاومت در برابر جریان است (زمانی، الماسی و قنبرزاده، ۱۳۹۴). همان‌گونه که در شکل (۲) قابل‌مشاهده است در تمامی نمونه‌ها ویسکوزیته کمپلکس (η^*) با افزایش فرکانس به‌صورت خطی کاهش می‌یابد که بیانگر رفتار نیوتنی تضعیف‌شونده با برش نمونه‌هاست. بیشترین مقدار (η^*) مربوط به نمونه حاوی ۰/۶ درصد چوبک و کمترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۰/۲ درصد چوبک بود. شیب منحنی ویسکوزیته کمپلکس در برابر فرکانس، بیان‌کننده قدرت ژل می‌باشد. شیب منحنی ویسکوزیته-فرکانس (η^*f^{-1}) در محدوده ۰/۵۸- تا ۰/۸۳- قرار داشت. بیشترین شیب مربوط به نمونه حاوی ۰/۶ درصد چوبک می‌باشد که نشان‌دهنده تشکیل ژل قوی‌تر نسبت به سه نمونه دیگر است.

انجام آزمون ارزیابی حسی برای تعیین نمونه نهایی

نتایج مربوط به ارزیابی حسی در شکل (۳) نشان داده شده است. نمونه شاهد حاوی ژلاتین از نظر طعم، احساس دهانی، بافت، ظاهر و درنهایت پذیرش کلی دارای بالاترین امتیاز (۵) و بعد از آن نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد چوبک قرار داشت که با امتیازی نزدیک به ۴/۶ به‌عنوان بهترین نمونه بعد از شاهد انتخاب شد و پایین‌ترین امتیاز به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ و ۰/۶ درصد چوبک داده شد.



شکل ۳- آزمون ارزیابی حسی نمونه‌های مارشمالو حاوی نسبت ۷۵:۲۵ از صمغ‌های زانتان/گوار در سه سطح ژل‌دهنده، کف‌کننده و نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین

نتیجه‌گیری

امروزه با استفاده از صمغ‌ها و عصاره‌ها، محصولات با فرمولاسیون‌های جدید و جالب تهیه می‌گردد. باتوجه‌به مشکلات استفاده از ژلاتین و آلومین در صنعت، هدف این پژوهش استفاده از دو صمغ زانتان/گوار و عصاره چوبک به‌منظور جایگزینی در محصول مارشمالو و تولید محصولی مناسب با خصوصیات مفید و فراسودمند بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نمونه دارای ۰/۶ درصد عصاره چوبک و ۱ درصد صمغ باعث ایجاد بالاترین افزایش حجم و کاهش دانسیته و با ۲ درصد صمغ بیشترین میزان رطوبت و فعالیت آبی را در نمونه‌های مارشمالو نسبت به نمونه شاهد داشت. با افزایش صمغ و عصاره، ظرفیت پذیرش رطوبت و بالطبع فعالیت آبی نمونه‌ها بالاتر بود. با افزایش میزان چوبک، میزان

خلل‌و فرج‌های موجود در نمونه ریزتر و یکدست‌تر گردید. از لحاظ بافتی افزایش میزان صمغ در تیمارها، باعث افزایش سختی و پیوستگی در نمونه‌ها گردید. بالاترین میزان سختی مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد صمغ و ۰/۲ درصد عصاره بود که با فاصله‌گرفتن از این نسبت، میزان سختی نمونه‌ها کاهش یافت. مدول الاستیک نمونه شاهد بین دو نمونه حاوی عصاره ۰/۴ و ۰/۶ درصد قرار داشت اما مدول ویسکوزی بالاتر از هر سه نمونه حاوی عصاره داشت. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد صمغ و ۰/۴ درصد چوبک نزدیک‌ترین نمونه به نمونه شاهد حاوی ژلاتین و آلومین هستند به‌این‌دلیل که هم بافت قابل‌قبولی ایجاد کرده و هم طعم مناسبی دارند و قابلیت جایگزینی با نمونه حاوی ژلاتین و آلومین را همراه با اثرات مفید خود خواهند داشت.

منابع

- احمدزاده‌قویدل، ر.، عسکری، ه.، و قیافه‌داودی، م. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر افزودن صمغ کاراگینان بر خصوصیات کیفی نوشیدنی گردو. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳(۵۷)، ۴۵-۵۴.
- امیدبخش، ا.، نایب‌زاده، ک.، محمدی‌فر، م.، و امیری، ز. (۱۳۹۲). بررسی اثر استفاده توأم نشاسته‌ی صلاح شده و صمغ زانتان بر ویژگی‌های پایداری، حسی و رئولوژیک سس گوجه فرنگی. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸(۱)، ۱۴۵-۱۵۸.
- انتظاری، ب.، کاراژیان، ح.، و شریفی، ا. (۱۳۹۶). بررسی اثر عصاره چوبک بر خواص آنتیاکسیدانی و ماندگاری دونات. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۹(۱)، ۲۷-۴۰.
- انصاف، م.، خان‌احمدی، م.، و میرزایی، ش. (۱۳۹۷). قدرت پاک‌کنندگی و ماندگاری شامپو با پایه‌ی گیاهی از عصاره‌ی آبی و آبی - الکلی گیاهان سدر، چوبک و شیرین‌بیان. فصلنامه پوست و زیبایی، ۹(۱)، ۴۶-۵۵.
- ایوبی، ا.، حبیبی‌نجفی، م.، و کریمی، م. (۱۳۸۷). تأثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۴(۲)، ۳۳-۴۶.
doi: <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v4i2.2081>
- جاویدی، ف.، رضوی، س.، و طهرانی، م. (۱۳۹۳). بررسی کاربرد صمغ‌های دانه ریحان و گوار به عنوان جایگزین چربی در بستنی وانیلی. ارائه‌شده در بیست و دومین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، گرگان، ایران، ۸ لغایت ۹ شهریور ماه ۱۳۹۳.
- حصاری‌نژاد، م.، رضوی، س.، و کوچکی، آ. (۱۳۹۴). مطالعه خواص ویسکوالاستیک و حرارتی صمغ دانه قدمه شیرازی (*Alyssum homolocarpum*). پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۱(۲)، ۱۱۶-۱۲۸.
- زمانی، ا.، الماسی، ه.، و قنبرزاده، ب. (۱۳۹۴). تأثیر قوام دهنده‌ی گوار و کربوکسی متیل سلولز بر خواص رئولوژیکی و فیزیکی ماست میوه ای قالبی. مهندسی بیوسیستم ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۶(۱)، ۵۷-۶۶.
- شاکراردکانی، ا.، شاهدهی، م.، و کبیر، غ. (۱۳۸۷). بررسی و مقایسه وضعیت تولید حلوا ارده سنتی و صنعتی در ایران. ارائه‌شده در هجدهمین کنگره ملی صنایع غذایی، مشهد، ۲۴-۲۵ مهر ماه ۱۳۸۷.
<https://civilica.com/doc/140531>

- شهیدی، ف.، خلیلیان، ص.، محبی، م.، خزایی، ا.، و مقامی کیا، ح. (۱۳۹۱). بررسی اثر نشاسته و گوار بر پارامترهای بافتی، رنگی و پذیرش پاستیل هویج. نشریه فناوری و نگهداری مواد غذایی، ۴(۲)، ۱۵-۲۸. doi:<https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1387.12.43.27.0>
- شیخ‌الاسلامی، ز.، کریمی، م.، قیافه‌داودی، د.، صحرائیان، ب.، و نقی‌پور، ف. (۱۳۹۶). بررسی اثر عصاره چوبک و صمغ ریحان بر بافت و ظاهر اشترودل حاصل از خمیر منجمد. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۷۱)، ۱۵۹-۱۶۹.
- صالحی، ف.، امین‌اخلاص، س.، و مهربانی، ز. (۱۳۹۸). تأثیر ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه مرو بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک اسفنجی. نوآوری در علوم و فناوری غذایی (علوم و فناوری غذایی)، ۱۱(۳)، ۲۷-۳۸.
- صراف، ا.، صالحی‌فر، م.، و شاهسونی‌مجرد، ل. (۱۳۹۷). بررسی اثر استفاده از صمغ های دانه شاهی و پکتین بر ویژگی های کیفی و ارگانولپتیکی ماکارونی فاقد گلوتن. علوم غذایی و تغذیه، ۱۶(۶۱)، ۲۱-۳۰.
- عباس‌تبار، ب.، عزیزی، م.، و عباسی، س. (۱۳۹۳). بهینه سازی راندمان استخراج صمغ دانه "به" و اندازه گیری خصوصیات رئولوژی در شرایط بهینه استخراج. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۹(۲)، ۲۹-۳۸.
- فدوی، ق.، و حسینی‌اصفهانی، م. (۱۳۹۷). بررسی اثر افزودن صمغ‌های کتیرا و گوار بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان تافتون. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۳(۴)، ۹۷-۱۰۵.
- فرخی‌فرخانی، ف.، محبی، م.، و کوچکی، آ. (۱۳۹۳). ارزیابی میزان جذب روغن ناگت گوشت سرخ شده به روش عمیق تحت تاثیر: افزودن آرد لوبیا قرمز، صمغ کتیرا، دما و زمان. ارائه‌شده در سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد قوچان، ۲۳ فروردین ماه ۱۳۹۳. <https://civilica.com/doc/334182>
- کاراژیان، ح.، و کیهانی، و. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم مرغ بر کیفیت کیک اسفنجی. پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۱(۱)، ۶۳-۷۶. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v11i1.43951>
- کیهانی، و. (۱۳۸۹). بررسی و مقایسه عصاره چوبک با امولسیفایر های رایج برای بهبود کیفیت کیک روغنی. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده)، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد سبزوار.
- کیهانی، و.، مرتضوی، س.، کریمی، م.، کاراژیان، ح.، و شیخ‌الاسلامی، ز. (۱۳۹۴). کاربرد امواج فراصوت در استخراج ترکیبات ساپونینی ریشه گیاه چوبک (*Acanthophyllum glandulosum*) بر پایه ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی و کف‌زایی آنها. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۴(۴)، ۳۲۵-۳۴۲. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2016.01.30.444>
- مهرعلیها، م.، سهراب‌وندی، س.، و ناطقی، ل. (۱۳۹۶). بررسی اثر افزودن صمغ های گوار و زانتان در کاهش میزان نمک رشته آش. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۶۸)، ۱۷-۲۵.
- میرحیدر، ح. (۱۳۷۵). معارف گیاهی: دفتر فرهنگ و نشر اسلامی، تهران.
- نقی‌پور، ف.، حبیبی‌نجفی، م.، کریمی، م.، حدادخداپرست، م.، شیخ‌الاسلامی، ز.، و صحرائیان، ب. (۱۳۹۰). بررسی اثر صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و کمی کیک سورگوم بدون گلوتن. ارائه‌شده در دومین همایش ملی صنایع غذایی، ایران، قوچان، ۹-۱۰ اسفند ماه ۱۳۹۰.
- Abbastabar, B., Azizi, M., & Abbasi, S. (2014). Optimization of extraction yield of quince seed gum and rheological characteristics under the optimum extraction conditions. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(2), 29-38. (in Persian)
- Achayuthakan, P., Suphantharika, M., & Rao, M. (2006). Yield stress components of waxy corn starch-xanthan mixtures: Effect of xanthan concentration and different starches. *Carbohydrate Polymers*, 65(4), 469-478. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.02.007>
- Aghel, N., Moghimipour, E., & Raies Dana, A. (2010). Formulation of a herbal shampoo using total saponins of *Acanthophyllum squarrosum*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 167-172. doi:<https://doi.org/10.22037/ijpr.2010.717>

- Ahmadzadeh Ghavidel, R., Askari, H., & Ghiafeh Davoodi, M. (2016). Investigation on the effect of carrageenan gum addition on the qualitative characteristics of walnut drink. *Journal of food science and technology*, 13(57), 45-54. (in Persian)
- Al-Assaf, S., & Phillips, G. O. (2009). Hydrocolloids: structure-function relationships. *Food Science & Technology*, 23(3), 17-20.
- Arozarena, I., Bertholo, H., Empis, J., Bungler, A., & Sousa, I. (2001). Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *European Food Research and Technology*, 213(4-5), 312-316. doi:<https://doi.org/10.1007/s002170100391>
- Ayadi, M., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M., & Attia, H. (2009). Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30(1), 40-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.01.003>
- Ayoubi, A., Habibi Najafi, M. B., & Karimi, M. (2008). Effect of whey protein concentrate, guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of muffin cake. *IRANIAN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL*, 4(2), 33-46. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v4i2.2081> (in Persian)
- Bahramparvar, M., & Mazaheri Tehrani, M. (2011). Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27(4), 389-407.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food technology*, 32(7), 62-76.
- Castillo Garcia, E., Lopez Carballo, G., & Lopez Castellano, A. (2005). Gum guar characteristics and applications|Características y aplicaciones de la goma guar. *Ciencia y tecnología pharmaceutica revista espanola del medicamento y del prod.*, 15, 3-10.
- Çelik, İ., Yılmaz, Y., Işık, F., & Üstün, Ö. (2007). Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chemistry*, 101(3), 907-911. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.063>
- Collyer, A. A. (1993). *Techniques in rheological measurement*: Springer.
- Dabestani, M., & Yeganehzad, S. (2019). Effect of Persian gum and Xanthan gum on foaming properties and stability of pasteurized fresh egg white foam. *Food Hydrocolloids*, 87, 550-560. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.030>
- Dorman, H., Peltoketo, A., Hiltunen, R., & Tikkanen, M. (2003). Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food chemistry*, 83(2), 255-262. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00088-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00088-8)
- Ensaf, M., Khanahmadi, M., & Mirzaee, S. (2018). Cleansing power and durability of herbal shampoo with aqueous and hydro-alcohol extracts of *Cedrus libani*, *Acanthophyllum* and *Glycyrrhiza glabra*. *Journal of Dermatology and Cosmetic*, 9(1), 46-55. (in Persian)
- Entezari, B., Karazhian, H., & Sharifi, A. (2017). Effect of Chubak extract on antioxidant properties and donut shelf life. *Innovation in Food Science and Technology (Journal of Food Science and Technology)*, 9(1), 27-40. (in Persian)
- Fadavi, G., & Hosseini-Esfehani, M. (2019). The Effect of Tragacanth and Guar Hydrocolloids on the Farinographic Properties of Taftoon Bread Dough and the Physicochemical and Sensory Properties of the Final Product. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(4), 97-105. (in Persian)
- Farahnaky, A., Askari, H., Majzoobi, M., & Mesbahi, G. (2010). The impact of concentration, temperature and pH on dynamic rheology of psyllium gels. *Journal of Food Engineering*, 100(2), 294-301. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.012>
- Farokhi Farkhani, F., Mohebbi, M., & Kochaki, A. (2014, April). *Evaluation of the absorption rate of deep-fried nugget oil: addition of red bean flour, gum tragacanth, temperature and time*. Paper presented at the Third National Conference on Food Science and Technology, Branch Quchan, Islamic Azad University, April 12, 2014. (in Persian)
- Gaonkar, A. G., & McPherson, A. (2016). *Ingredient interactions: effects on food quality* (2nd ed.): CRC press.

- García-Ochoa, F., Santos, V., Casas, J., & Gomez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18(7), 54-579-9doi:[https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(00\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(00)00050-1)
- Gaspar, C., Laureano, O., & Sousa, I. (1998). Production of reduced-calorie grape juice jelly with gellan, xanthan and locust bean gums: sensory and objective analysis of texture. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 206(3), 169-174. doi:<https://doi.org/10.1007/s002170050236>
- Ghaffari, S. M. (2004). Cytotaxonomy of some species of Acanthophyllum (Caryophyllaceae) from Iran. *BIOLOGIA-BRATISLAVA-*, 59(1), 53-60 .
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21(2), 167-173. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.012>
- Greweling, P. P. (2015). Chocolates and confections. *Manufacturing Confectioner*, 63 .
- Gujral, H. S., Sharma, A., & Singh, N. (2002). Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. *International Journal of food properties*, 5(1), 179-191, doi:<https://doi.org/10.1081/JFP-120015600>
- Hesarinejad, M., Razavi, S., & Koocheki, A. (2015). The viscoelastic and thermal properties of Qodume shirazi seed gum (*Alyssum homolocarpum*). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(2), 116-128. (in Persian)
- Hoefler, A. C. (2004). *Hydrocolloids*: Egan Press Handbook Series, St. Paul, MN: Egan Press.
- Hostettmann, K., & Marston, A. (1995). *Chemistry and pharmacology of natural products* (Vol. 548): Cambridge, UK:: Cambridge University Press.
- Igoe, R. (1982). Hydrocolloid interactions useful in food systems. *Food Technology (USA)*.
- Iqbal, D. N., & Hussain, E. A. (2010). Physiochemical and pharmaceutical properties of guar gum derivatives. *Asian Journal of Chemistry*, 22(9), 7446-7452 .
- Izydorczyk, M., Cui, S. W., & Wang, Q. (2005). Polysaccharide gums: structures, functional properties, and applications. In S. W. Cui (Ed.), *Food carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications* (pp. 293-299): Taylor & Francis.
- Javanmard, M., Chin, N. L., Mirhosseini, S. H., & Endan, J. (2012). Characteristics of gelling agent substituted fruit jam: studies on the textural, optical, physicochemical and sensory properties. *International journal of food science & technology*, 47(9), 1808-1818. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03036.x>
- Javidi, F., Razavi, S., Behrouzian, F., & Alghooneh, A. (2014, August). *The use of basil and guar gum as a fat substitute in vanilla ice cream* Paper presented at the 22nd International Congress on Food Technology, Iran, Gorgan, August 30-31, 2014 .(in Persian)
- Karazhiyan, H., & Keyhani, V. (2015). The effect of Chubak extract on sponge cake as an egg white substitute. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 11(1), 63-76. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v11i1.43951> (in Persian)
- Keyhani, V., Mortazavi, S. A., Karimi, M., Karazhiyan, H., & Sheikholeslami, Z. (2016). Ultrasound-assisted extraction of saponins from chubak plant (*Acanthophyllum Glandulosum*) root based on their emulsification and foaming properties. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 4(4), 325-342. doi:<https://doi.org/10.22101/jrifst.2016.01.30.444> (in Persian)
- Keyhani, V. (2010). *Investigation and Comparison of Chubak Extract with Common Emulsifiers to Improve Oil Cake Quality*. (Unpublished master's thesis), Branch Sabzevar, Islamic Azad University .(in Persian)
- Khouryieh, H. A. M. (2006). *Rheological characterization of Xanthan-guar mixtures in dilute solutions*. (Doctoral dissertation), Kansas State University. Retrieved from <https://www.proquest.com/openview/eb001cabe9dbca450a4a9cbb88c6baec/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Laaman, T. R. (2011). *Hydrocolloids in food processing* (Vol. 47): Wiley Online Library.

- Lacaille-Dubois, M.-A., Hanquet, B., Rustaiyan, A., & Wagner, H. (1993). Squarroside A, a biologically active triterpene saponin from *Acanthophyllum squarrosum*. *Phytochemistry*, 34(2), 489-495. doi:[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(93\)80036-R](https://doi.org/10.1016/0031-9422(93)80036-R)
- Lo, C., & Ramsden, L. (2000). Effects of xanthan and galactomannan on the freeze/thaw properties of starch gels. *Food/Nahrung*, 44(3), 211-214. doi:[https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000501\)44:3<211::AID-FOOD211>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000501)44:3<211::AID-FOOD211>3.0.CO;2-O)
- Mandala, I., Palogou, E., & Kostaropoulos, A. (2002). Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan–starch mixtures. *Journal of Food Engineering*, 53(1), 27-38. doi:[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00136-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00136-4)
- Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptchikina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnykh, N., & Naji-Tabasi, S. (2019). Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow. *Food Hydrocolloids*, 93, 335-341. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.033>
- Marinova, K. G., Basheva, E. S., Nenova, B., Temelska, M., Mirarefi, A. Y., Campbell, B., & Ivanov, I. B. (2009). Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1864-1876. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.03.003>
- Mariod, A. A., & Fadul, H. (2013). Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147 .
- Markets, & Research. (2013). Report on the International Hydrocolloid Market – *Global Trend and Forecast to 2018* .
- Maskan, A., Kaya, S., & Maskan, M. (2002). Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). *Journal of Food Engineering*, 54(1), 75-80. doi:[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00187-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00187-X)
- McCarthy, D., Gallagher, E., Gormley, T., Schober, T & ,Arendt, E. (2005). Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal chemistry*, 82(5), 609-615 doi:<https://doi.org/10.1094/CC-82-0609>
- Mehraliha, M., Sohrabvandi, S., & Nateghi, L. (2017). Effect of Xanthan and guar gums addition on decreasing the amount of salt in Ashi noodle. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(68), 17-25 .(in Persian)
- Mirheydar, H. (1996). *Herbal education: Islamic Culture and Publication Office*, Tehran. (in Persian)
- Mohammad Amini, A. (2007). *Modeling and optimization of mucilage extraction from Lallelantia royleana: a response surface–genetic algorithm approach*, Portugal, Lisbon.
- Moorhouse, R. (2003). Hydrocolloid blends. *World of Food Ingredients*, 44, 42-44 .
- Moritaka, H., Naito, S., Nishinari, K., Ishihara, M., & Fukuba, H. (1999). Effects of gellan gum, citric acid and sweetener on the texture of lemon jelly. *Journal of texture studies*, 30(1), 29-41. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1999.tb00200.x>
- Morrison, N., Clark, R., Chen, Y., Talashek, T & ,Sworn, G. (1999). Gelatin alternatives for the food industry. In N. K. (Ed.), *Physical chemistry and industrial application of gellan gum. Progress in Colloid and Polymer Science* (Vol. 114, pp. 127-131): Springer, Berlin, Heidelberg.
- Naghypour, F., Habibi najafi, M., Karimi, M., Hadad khodaparast, M. H., , S., Z., , & Sahraiiian, B. (2012). *The effect of guar gum and xanthan gums on the qualitative and quantitative characteristics of gluten-free sorghum cakes*. Paper presented at the National Conference on Food Industry, Iran, Quchan, February 28-29, 2012 . (in Persian)
- Nakamura, R., & Sato, Y. (1964). Studies on the foaming property of the chicken egg white. *Agricultural and biological chemistry*, 28(8), 530-534. doi:<https://doi.org/10.1271/abb1961.28.530>
- Oleszek ,W., & Hamed, A. (2010). Saponin-based surfactants. In M. Kjellin & I. Johansson (Eds.), *Surfactants from renewable resources*: Wiley.

- Omidbakhsh, E., Nayebzade, K., Mohammadifar, M., & Amiri, Z. (2013). Effects of combined modified starch and xanthan gum on the stability and rheological and sensory characteristics of tomato sauce. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(1), 145-158. (in Persian)
- Periche, Á., Castelló, M. L., Heredia, A., & Escriche, I. (2016). Stevia rebaudiana, Oligofructose and Isomaltulose as Sugar Replacers in Marshmallows: Stability and Antioxidant Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 724-732. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.12653>
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 605-612. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.024>
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2000). *Handbook of hydrocolloids*: Boca Raton, FL: CRC press
- Pinheiro, A., Bourbon, A., Rocha, C., Ribeiro, C., Maia, J., Gonçalves, M., . . . Vicente, A. (2011). Rheological characterization of κ -carrageenan/galactomannan and xanthan/galactomannan gels: Comparison of galactomannans from non-traditional sources with conventional galactomannans. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 392-399. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.058>
- Price, K., Griffiths, N., Curl, C., & Fenwick, G. (1985). Undesirable sensory properties of the dried pea (*Pisum sativum*). The role of saponins. *Food Chemistry*, 17(2), 105-115. doi:[https://doi.org/10.1016/0308-8146\(85\)90079-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90079-2)
- Rahman, M. S., Al-Saidi, G., Guizani, N., & Abdullah, A. (2010). Development of state diagram of bovine gelatin by measuring thermal characteristics using differential scanning calorimetry (DSC) and cooling curve method. *Thermochimica Acta*, 509(1-2), 111-119. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tca.2010.06.011>
- Rosen, M. (2004). *Surfactants and Interfacial Phenomena* (Vol. 3rd): John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Sae-kang, V., & Suphantharika, M. (2006). Influence of pH and xanthan gum addition on freeze-thaw stability of tapioca starch pastes. *Carbohydrate Polymers*, 65(3), 371-380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.01.029>
- Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*, 47(6), 587-597. . doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>
- Şahin, H., & Özdemir, F. (2007). Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 437-446. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.022>
- Salehi, F., Aminekhas, S., & Mehrbani, Z. (2019). The Effect of Soy Protein Isolate and Gerva Seed Gum on the Rheological, Physical and Sensory Properties of Sponge Cake. *Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology)*, 11(3), 27-38. (in Persian)
- Sandolo, C., Bulone, D., Mangione, M. R., Margheritelli, S., Di Meo, C., Alhaique, F., . . . Coviello, T. (2010). Synergistic interaction of locust bean gum and xanthan investigated by rheology and light scattering. *Carbohydrate Polymers*, 82(3), 733-741. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.05.044>
- Sarrafi, A. H., Salehifar, M., & Shahsavani Mojarad, L. (2019). The effect of the cress seed gum and pectin on the qualitative and organoleptic characteristics of gluten- free pasta. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 16(1(61)), 21-30. (in Persian)
- Shahidi, F., Khalilian, S., Mohebbi, M., Khazaei, E & Maghami Kia, H. (2012). Evaluation effects starch and guar on textural parameters, color parameters and acceptance of carrot pastille. *Journal of Food Processing and Preservation*, 4(2), 15-28. doi:<http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1387.12.43.27.0> (in Persian)
- Shaker Ardakani, A., Shahedi, M., & Kabir, G. (2008). *The study and comparison of traditional and industrial halva tahini production condition in Iran*. Paper presented at the 18th National Congress on Food Technology, Mashhad, October 15-16, 2008. <https://civilica.com/doc/140531> (in Persian)
- Sheikholeslami, Z., Karimi, M., Ghiyafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B., & Naghipour, F. (2017). The influence of chubak extraction and Basil seed gum on texture and appearance of strudel produced by frozen dough. *Journal of food science and technology*, 14(71), 159-169. (in Persian)
- Singh, A. V. (2013). A DSC study of some biomaterials relevant to pharmaceutical industry. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 112(2), 791-793. doi:<https://doi.org/10.1007/s10973-012-2638-2>

- Sworn, G. (2009). 8 - Xanthan gum. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)* (pp. 186-203): Woodhead Publishing.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food quality and preference*, 13(4), 215-225. doi:[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Tan, J. M., & Lim, M. H. (2008). Effects of gelatine type and concentration on the shelf-life stability and quality of marshmallows. *International journal of food science & technology*, 43(9), 1699-1704. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01756.x>
- Thakur, S., Prasad, M., & Rastogi, N. (1995). Effect of xanthan on textural properties of idli (traditional south Indian food). *Food Hydrocolloids*, 9(2), 141-145. doi:[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80276-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80276-2)
- Wretfors, C., Cho, S.-W., Kuktaite, R., Hedenqvist, M. S., Marttila, S., Nimmermark, S., & Johansson, E. (2010). Effects of fiber blending and diamines on wheat gluten materials reinforced with hemp fiber. *Journal of materials science*, 45(15), 4196-4205. doi:<https://doi.org/10.1007/s10853-010-4514-4>
- Yoshida, T., Takahashi, M., Hatakeyama, T., & Hatakeyama, H. (1998). Annealing induced gelation of xanthan/water systems. *Polymer*, 39(5), 1119-1122. doi:[https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)00266-8](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(97)00266-8)
- Yu, L., & Christie, G. (2001). Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Polymers*, 46(2), 179-184. doi:[https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00301-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00301-5)
- Zamani, A., Almasi, H., & Ghanbarzadeh, B. (2015). Effect of guar and carboxymethyl cellulose thickening agents on the physical and rheological properties of set fruit yogurt. *Iranian Journal of Biosystems Engineering (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 46(1), 57-66 . (in Persian)

The Effect of Various Levels of Xanthan/Guar Gum and Chubak Extract on Rheological, Thermal, Sensory and Microstructure of Gelatin Free Marshmallow

Marieh Mardani¹, Samira Yeganehzad^{2*}, Razieh Niazmand³

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

2- Associate Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

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

3- Associate Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

Abstract

The aim of this study was to replace gelatin and albumin with three levels of xanthan gum and guar gum (1, 1.5 and 2%) and three levels of chubak extract (0.2, 0.4 and 0.6%) in marshmallow and evaluate physicochemical and organoleptic properties of new formulations. The results of physicochemical experiments showed that in all samples containing 0.6% of Chubak extract, density and overrun significantly decreased and increased, respectively. The moisture content and water activity in samples containing different levels of gum and chubak extract significantly increased in comparison to control ($P<0.05$). The results of DSC showed that the melting point and enthalpy of the samples increased with increasing hydrocolloid content. Also, texture evaluation revealed that samples containing 1.5% gum, 0.4% and 0.6% of extract were not significantly different from the control ($P<0.05$). Investigation on microstructure of bubbles in 1.5% of hydrocolloid and three levels of chubak extract showed that sample containing 0.2% chubak had large bubbles and samples containing 0.4 and 0.6% had smaller and more bubbles. Finally, sensory evaluation showed that samples with 1.5% hydrocolloid and 0.4% of chubak extract received the highest scores after control. This product owing to its suitable sensory and rheological properties has potential to be used as replacement for commercial products containing gelatin and albumin.

Keyword: Chubak extract, Dynamic rheological properties, Electron microscope, Marshmallow, Xanthan/guar