

بررسی تاثیر جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با صمغ فارسی بر خواص کیفی سس مایونز

میلاد برزگری¹، زینب رفتنی امیری^{2*}، جعفر محمد زاده میلانی²، علی معتمدزادگان²

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
*نویسنده مسئول (zramiri@gmail.com)

چکیده

تاریخ دریافت: 92/05/21
تاریخ پذیرش: 92/12/01

واژه‌های کلیدی

رئولوژی
صمغ فارسی
کربوکسی متیل سلولز
مایونز
ویژگی‌های بافتی

صمغ‌ها ترکیباتی هستند که در سس مایونز با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته موجب افزایش پایداری محصول می‌گردند. در این پژوهش از صمغ فارسی به همراه کربوکسی متیل سلولز (CMC)، در سطوح ترکیبی 0:100، 25:75، 50:50، 75:25 و 0:100 جهت تولید تیمارها استفاده شد. داده‌های حاصل از آزمون رنگ نشان داد که با افزایش سطح صمغ فارسی در نمونه‌ها میزان روشنایی (L*) و زردی (b*) به ترتیب کاهش و افزایش یافت. پایداری نمونه‌های حاوی 100 درصد صمغ فارسی (1/5 درصد، وزنی/وزنی) و ترکیب 75 درصد صمغ فارسی - 25 درصد CMC تفاوت معنی‌داری با نمونه حاوی 100 درصد CMC (0/2 درصد، وزنی/وزنی) نداشته است. در بررسی ویژگی‌های بافتی، بالاترین میزان سختی، انسجام و چسبندگی مربوط به نمونه حاوی 75 درصد صمغ فارسی - 25 درصد CMC بوده که با سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشته است. آزمون‌های رئولوژی نیز نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک تمام نمونه‌ها در سرعت برشی 1 - 450 بر ثانیه و رفتار ژل مانند ضعیف در محدوده فرکانس 10 - 0/1 هرتز بوده است. نتایج نشان داد که صمغ فارسی در سطح 75 درصد و بیشتر، قابلیت جایگزینی با CMC در مایونز را دارد به گونه‌ای که محصول تولیدی تفاوت معنی‌داری از لحاظ کیفی با محصول حاوی CMC نخواهد داشت.

مقدمه

ترکیباتی تحت عنوان پایدارکننده استفاده می‌شود. قوام دهنده‌ها از جمله پایدارکننده‌هایی هستند که با کند کردن و به تعویق انداختن حرکت قطرات و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته موجب افزایش پایداری امولسیون می‌شوند (Garti & Lesser, 2001). از قوام‌دهنده‌های مورد استفاده در تهیه مایونز در صنعت، صمغ‌ها هستند. صمغ‌ها، بخشی از هیدروکلوئیدها بوده که ساختاری پلی‌ساکاریدی دارند (عالمزاده و همکاران، 1388). عموماً در ایران از صمغ‌های وارداتی نظیر گزانتان، کربوکسی متیل

سس مایونز یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین سس‌های مورد استفاده در دنیا می‌باشد که با پراکنده شدن ذرات فاز پراکنده، درون فاز پیوسته، بدون آن که این دو فاز در یکدیگر حل شوند، به وجود می‌آید. سس مایونز از نظر رئولوژیکی سیال غیر نیوتنی، سودوپلاستیک، دارای تنش تسلیم و رفتار تیکسوتروپیک است (Mancini et al., 2002; Ma & Baborsa, 1995, McClements, 2005; Goshawk et al., 1998). جهت افزایش پایداری این محصول از

قوام حاصل از این صمغ از کتیرا بیشتر است. این صمغ یک هیدروکلوئید غیر نشاسته‌ای است و به علت دارا بودن ترکیبات شیمیایی متفاوت، رنگ‌های مختلفی دارد. صمغ فارسی مانند سایر صمغ‌ها در آب، محلول‌هایی چسبنده و ویسکوز تولید می‌کند (قاسم پور و همکاران، 1389؛ محمدی و همکاران، 1388). صمغ فارسی تقریباً حاوی 95 درصد رطوبت، 1/62 درصد خاکستر کل، 0/23 درصد خاکستر نامحلول در اسید، 0/5 درصد پروتئین و 88/5 درصد کربوهیدرات می‌باشد. صمغ فارسی ساختار پلی‌ساکاریدی آنیونی اسیدی داشته که از دو فاز محلول (30 درصد) و نامحلول (70 درصد) تشکیل شده و قسمت اعظم آن واحدهای گلوکز و آرابینوز است. این صمغ قابلیت تشکیل و پایداری امولسیون اسیدی روغن در آب را داشته، که با افزایش غلظت این قابلیت افزایش می‌یابد. قوام حاصل از این صمغ از کتیرا بیشتر است (خالصی و همکاران، 1391). به علت اهمیت مبحث پایداری امولسیون تحقیقات گوناگونی در ارتباط با استفاده از صمغ‌های تجاری و بومی در مایونز، در داخل و خارج از کشور انجام شده است. اثر صمغ گزانتان و خرنوب بر روی جریان و رفتار تیکسوتروپیک نمونه‌های مایونز کم چرب مورد بررسی قرار گرفتند و نشان داده شد که امولسیون‌های با درصد صمغ بالاتر، ویسکوزیته بالاتری را نسبت به امولسیون شاهد (بدون صمغ و حاوی 4 درصد نشاسته اصلاح شده) و همچنین امولسیون‌های حاوی مخلوط سینرژیک صمغ گزانتان و خرنوب از خود داشتند. همچنین مشخص گردید جایگزینی نشاسته با صمغ‌ها، منجر به افزایش خاصیت تیکسوتروپیک امولسیون‌ها می‌گردد (Dolz et al., 2007). در پژوهش دیگری نیز نتایج حاصل از بررسی استفاده از صمغ گزانتان و نشاسته اصلاح شده برنج با آنزیم 4-آلفا گلوکانوترانسفراز بر روی مایونز کم چرب نشان داد که خصوصیات رئولوژیکی و ظاهری نمونه‌های مایونز کم چرب تهیه شده با 3/8 و 5/6 درصد وزنی نشاسته اصلاح شده و صمغ گزانتان به ترتیب، مشابه نمونه پر چرب حاوی گزانتان بوده است (Mun et al., 2009). در ایران نیز از صمغ‌های بومی جهت بهبود خواص رئولوژیکی

سلولز (CMC) و گوار به عنوان پایدارکننده در صنعت مایونز استفاده می‌شود. CMC برای اولین بار در سال 1920 در آلمان به صورت تجاری تولید شد. CMC پلیمری سنتزی و از مشتقات سلولز که بدون طعم و سفید رنگ با وزن مولکولی 21000 تا 500000 دالتون بوده که در آب گرم و سرد محلول می‌باشد (Philips & Williams, 2000; Imeson, 2010). CMC توسط واکنش سلولز با مونوکلرواستیک اسید تحت شرایط کنترل شده‌ای ساخته شود (Emerton & Choi, 2008). خصوصیات محلول CMC وابسته به درجه پلی‌مریزاسیون، درجه استخلاف و یکنواختی آن می‌باشد (Imerson, 2010). محلول‌های CMC با افزایش سرعت برشی از خود رفتار سودوپلاستیک نشان می‌دهند و با افزایش دما خواص ویسکوزیته این محلول‌ها کاهش می‌یابد (Castellani & Assef, 2010).

یکی از صمغ‌های بومی که اخیراً محققین ایرانی در ماست پروبیوتیک و نوشیدنی شیر-آب پرتقال استفاده نموده‌اند، صمغ فارسی یا زدو است. صمغ فارسی، صمغی است شفاف از درخت ارژن¹ (بادام کوهی) و از خانواده گلسرخیان² که در زبان فارسی آن را صمغ فارسی، زد، ازو، ازدو، جدو، انگوم، و یا صمغ قراصیا و در زبان انگلیسی و فرانسوی به ترتیب gum و Gomme notras می‌نامند. درختچه‌های بادام کوهی در مناطق سیستان و بلوچستان، شیراز، کردستان، چهار محال و بختیاری، تهران، میانه و لرستان رشد می‌کنند. این صمغ دارای کاربردهای دارویی، صنعتی و غذایی است. از جمله خواص دارویی آن می‌توان به قطع اخلاط، تحریک اشتها، خرد کردن سنگ مثانه و مفید بودن آن برای دندان درد اشاره کرد. بر اساس اطلاعات موجود، میزان تولید و برداشت سالیانه صمغ فارسی در ایران به ترتیب، 700 تن و 340 کیلوگرم در هکتار می‌باشد، که سالیانه حدود 200 تا 400 تن به کشورهای اروپایی و عربی با ارزش نازل حدود 145 دلار به ازای هر تن صادر می‌شود.

1- *Amygdalus scoparia*2- *Rosaceae*

در فرمولاسیون، آب مقطر بود و همچنین اسید سیتریک و سایر محلول‌های شیمیایی (مرک) تهیه گردید.

آماده‌سازی مایونز

ابتدا نمونه‌های سس مایونز با هر یک از صمغ‌های فارسی و CMC به طور مستقل در غلظت‌های مختلف از صفر تا سه درصد تهیه شدند. سپس غلظت بهینه مستقل هر یک از صمغ‌های CMC و فارسی در فرمولاسیون سس، بر اساس ویسکوزیته ثابت (معادل ویسکوزیته سس تجاری)، 0/2 درصد و 1/5 درصد به ترتیب، تعیین شدند. برای تهیه نمونه‌های سس، ابتدا مواد پودری و فاز آبی (آب و سرکه) مطابق جدول 1 توسط همزن براون مدل MR 6550 M CA (آلمان - 600 وات) روی دور توربو به خوبی مخلوط شدند. سپس تخم مرغ به مخلوط اضافه شد و کاملاً بهم زده شدند. در این مرحله تا یک دقیقه روغن به صورت قطره قطره و سپس بقیه روغن با ریزش مداوم تا تشکیل کامل امولسیون اضافه گردید. نمونه‌ها در اندازه‌های 500 گرمی و در مدت زمان 7 دقیقه تهیه شدند و در یخچال 5 درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمایش نگهداری شدند (Mun et al., 2009).

pH و اسیدیته

اسیدیته قابل تیتراسیون و هم‌چنین pH نمونه‌های سس با استفاده از دستگاه pH متر مدل Jenway 3505 (انگلستان) مطابق استاندارد ملی ایران شماره 2454 اندازه‌گیری شد (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1385).

رنگ سنجی

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگ نمونه‌های سس از دستگاه رنگ سنج مدل Hunter lab color flex 45/0 (امریکا) استفاده شد. در این آزمون از سه فاکتور اندیس *L که بیانگر میزان شفافیت، اندیس *b+ گرایش به زردی و *b- گرایش به آبی و اندیس *a+ گرایش به قرمزی و *a- گرایش به سبزی نمونه‌ها می‌باشد، جهت مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر استفاده شد (Worrasinchai et al., 2006).

مایونز استفاده گردید. در پژوهشی تأثیر توأم صمغ کتیرای پولکی و کیتوزان بر ویژگی‌های رئولوژیکی مایونز بررسی و نشان داده شد که رفتار جریان سس مایونز به سرعت برشی و زمان وابسته است. رفتار رئولوژیکی نمونه حاوی 0/16 درصد کتیرای پولکی و 0/04 درصد کیتوزان نسبت به سایر نمونه‌ها به شاهد نزدیک‌تر بوده است و بین این دو هیدروکلئید واکنش سینرژیستی مشاهده شد (منصوری و همکاران، 1388). هم‌چنین تأثیر استفاده از صمغ‌های بومی (دانه ریحان و مرو) بر روی رفتار رئولوژیکی، بافت، خصوصیات و توزیع اندازه ذرات، پایداری، مقاومت نسبت به حرارت، خامه‌ای شدن و ویژگی‌های حسی نمونه‌های سس مایونز مورد بررسی قرار گرفت. پس از 30 روز نگهداری در دمای 5 درجه سانتی‌گراد، پدیده خامه‌ای شدن در هیچ‌کدام از نمونه‌ها دیده نشد. داده‌ها با مدل رئولوژیکی قانون توان بررسی شدند و پارامترهای شاخص رفتار جریان (n)، ضریب قوام (k) و ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها تعیین گردید. همه نمونه‌های سس طبیعت سودوپلاستیک داشتند و افزودن صمغ‌ها باعث افزایش ضریب قوام در نمونه‌ها شد (نیک‌نیا و همکاران، 1388). هدف از این پژوهش، معرفی و بررسی پتانسیل صمغ فارسی، قابلیت جایگزینی آن با صمغ CMC و تأثیر بر روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی سس مایونز به منظور بهره‌گیری از خواص درمانی این صمغ با اطمینان از بازار تأمین و توجیه اقتصادی قیمت این صمغ طبیعی و بومی نسبت به صمغ‌های وارداتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

روغن گیاهی سویا (غنچه)، سرکه (به تاک زرین با اسیدیته 10/8 درصد)، تخم مرغ (تلاونگ)، شکر (کریستال)، نمک (تصفیه شده سپیددانه) و خردل از فروشگاه‌های محلی خریداری شد. صمغ فارسی از عطاری محلی در شیراز تهیه شده و با دستگاه آسیاب مدل BOSCH CNCM13ST1 (آلمان) خرد شده و از غربال با مش 100 عبور داده شد. صمغ CMC نیز از شرکت دانیسکو (دانمارک) تهیه شد. آب مورد استفاده

جدول 1- فرمولاسیون نمونه‌های مایونز با سطوح ترکیبی مختلف صمغ های فارسی و CMC

ترکیبات	CMC %0/2	%0/375 PG – CMC %0/15	%0/75 PG – CMC %0/1	%0/125 PG – CMC %0/05	%1/5 PG
روغن سویا	%65	%65	%65	%65	%65
تخم مرغ	%9	%9	%9	%9	%9
شکر	%5	%5	%5	%5	%5
نمک	%1/5	%1/5	%1/5	%1/5	%1/5
خردل	%0/4	%0/4	%0/4	%0/4	%0/4
سیتریک اسید	%0/03	%0/03	%0/03	%0/03	%0/03
CMC	%0/2	%0/15	%0/1	%0/05	-
صمغ فارسی: PG	-	%0/375	%0/75	%1/125	%1/5
سرکه	%7	%7	%7	%7	%7
آب	%11/87	%11/545	%11/22	%10/895	%10/57

آزمون پایداری

پایداری نمونه‌ها در مقابل شوک حرارتی و مکانیکی اعمال شده، مطابق روش Mun و همکاران (2009) با کمی اصلاحات اندازه‌گیری شد. مطابق این روش 15 گرم نمونه (F_0) درون لوله سانتریفیوژ توزین و به مدت 30 دقیقه در حمام بن ماری با دمای 80 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس دمای آن توسط مخلوط آب و یخ به 10 درجه سانتی‌گراد کاهش داده و با دور 3500 آر.پی. ام به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ شد. با توجه به مقدار سرم جدا شده از امولسیون (F_1) میزان پایداری نمونه‌ها محاسبه گردید. رابطه (1)

$$\text{پایداری} = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100$$

آزمون ویژگی‌های بافتی

جهت بررسی ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مایونز، از دستگاه آنالیز بافت بروکفیلد (امریکا) با سلول بارگذاری 10 کیلوگرمی استفاده شد. پروب مورد استفاده در این آزمون از نوع استوانه‌ای با قطر 35 میلی‌متر و سرعت نفوذ پروب 1 میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ 25 میلی‌متر بود (Laca & Parades, 2010; Worrasinchai et al., 2006). از این آزمون ویژگی‌هایی نظیر سختی، انسجام و چسبندگی از نمودار نیرو - زمان با استفاده از نرم افزار TexturePro CT V1.2 Build 9 به دست آمد. حداکثر نیروی مورد نیاز جهت نفوذ پروب تا نقطه 25 میلی‌متری تحت

عنوان سختی و همچنین میزان نیروی مورد نیاز برای خروج پروب از نمونه و بازگشت به مکان اولیه، تحت عنوان چسبندگی نمونه از نمودارها به دست آمد (Worrasinchai et al., 2006).

آزمون‌های رئولوژی

آزمون پایا

آزمون‌های رئولوژیکی توسط دستگاه رئومتر مدل آنتون پار (اتریش) با صفحات موازی با قطر 25 میلی‌متر در دمای 25 درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. این آزمون‌ها شامل آزمون رفتار جریانی و آزمون‌های نوسانی (رویش کرنش و رویش فرکانس) می‌باشد. بررسی رفتار جریانی نمونه‌ها در محدوده سرعت برشی 1-450 معکوس ثانیه انجام گرفت. به منظور تعیین مدل مناسب برای توصیف رفتار جریانی نمونه‌ها، مدل‌های هرشل بالکلی ($\tau = k\dot{\gamma}^n + \tau_0$) و قانون توان ($\tau = k\dot{\gamma}^n$) بر داده‌های تجربی برازش داده شدند (τ : تنش برشی (پاسکال)، k : ضریب قوام (پاسکال.ثانیهⁿ)، γ : سرعت برشی (معکوس ثانیه)، n : اندیس جریان، τ_0 : تنش تسلیم (پاسکال) (Mun et al., 2009).

آزمون نوسانی

پس از تعیین کرنش در محدوده ویسکوالاستیک خطی در محدوده کرنش 0-100% در فرکانس ثابت 1 هرتز در آزمون رویش کرنش، آزمون رویش فرکانس در محدوده فرکانس 10-0/1 هرتز انجام شد. سپس

فارسی بود که میزان روشنایی نمونه‌های سس نیز با افزایش سطوح جایگزینی CMC با صمغ فارسی به طور معنی‌داری کاهش یافته است. a^* محلول‌های 1% از این دو صمغ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته که با روند مشابه، a^* نمونه‌های سس نیز در محدوده سطوح جایگزینی تفاوت معنی‌داری نداشتند. b^* محلول CMC، با تفاوت معنی‌داری بیشتر از محلول صمغ فارسی در غلظت 1% بود. میزان زردی (b^*) نمونه‌ها تا سطح ترکیبی 50% از دو صمغ CMC و صمغ فارسی (0/1-0/75% صمغ فارسی) تفاوت معنی‌داری نداشتند اما با افزایش مقدار صمغ فارسی تا 100% افزایش زردی نمونه‌ها معنی‌دار بوده است. Mun و همکاران (2009) نشان دادند که حضور صمغ گزانتان موجب افزایش قرمزی (a^*) در نمونه‌ها شده است.

پایداری

نتایج حاصل از این آزمون در شکل 1 نشان می‌دهد که پایداری نمونه حاوی 1/5% صمغ فارسی با نمونه‌های 0/15-0/375% CMC صمغ فارسی و 50% از هر دو صمغ (0/1-0/75% CMC صمغ فارسی) تفاوت معنی‌داری دارد، در حالی که میان نمونه‌های 100% صمغ فارسی (1/5% صمغ فارسی) و 100% CMC (0/2% CMC) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مطابق قانون استوک هر چه ویسکوزیته فاز پیوسته بیشتر باشد، سرعت جداسازی فازها کمتر و امولسیون پایدارتر است. پایدارکننده‌ها، پایداری امولسیون را با کند کردن و به تعویق انداختن حرکت قطرات افزایش می‌دهند (Wendin & Hall, 2001). افزایش دما در شوک حرارتی منجر به شکستن ساختاری مولکول‌ها و افزایش آزادی و تحرک مولکول‌ها و جاری شدن آن‌ها و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌گردد. همچنین افزایش دما با تسریع هیدرولیز اسیدی پلی‌ساکاریدها موجب کاهش ویسکوزیته می‌شود (Ven & Courvoisier, 2007). نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش‌های Mun و همکاران (2009)، Ma و Baborsa (1995) و Pressini و همکاران (1998) مبنی بر افزایش پایداری مایونز با افزایش میزان صمغ (گزانتان و آلژینات) همسو می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمون روبش فرکانس با قانون نمایی (استوالد) $G' = A\omega^{\frac{1}{2}}$ بر اساس تئوری بوهلین، امولسیون‌ها به عنوان یک شبکه از واحدهای رئولوژیکی مدل‌سازی می‌گردند که از طریق تشکیل ساختار سیستم، واکنش می‌دهند. عدد کنوردیناسیون Z معیاری از تعداد واحدهای رئولوژیکی مرتبط با دیگری در یک ساختار سه بعدی است، در حالی که ضریب A به قدرت واکنش بین آن ساختارها بستگی دارد (Mun et al., 2009).

آزمون حسی

خواص حسی نمونه‌ها از نظر رنگ، ظاهر، طعم، بافت، احساس دهانی، قوام، مالش پذیری و پذیرش کلی توسط 10 نفر ارزیاب که آموزش‌های مقدماتی را طی کرده بودند، با روش هدونیک 5 نقطه‌ای پیوسته، مورد بررسی قرار گرفت (Worrasinchai et al., 2006).

بررسی‌های آماری

آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شدند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (دانکن) در سطح اطمینان 95% انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS 16.0 و از Excel 2007 برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

pH و اسیدیته

نتایج حاصل نشان می‌دهد که pH و اسیدیته نمونه‌ها، هر یک بدون تفاوت معنی‌دار، در محدوده 3/95-3/98 و 0/71-0/74 درصد اسید استیک، به ترتیب می‌باشند که با استاندارد ملی ایران ($pH < 4/1$) و 0/6% اسیدیته) مطابقت دارد.

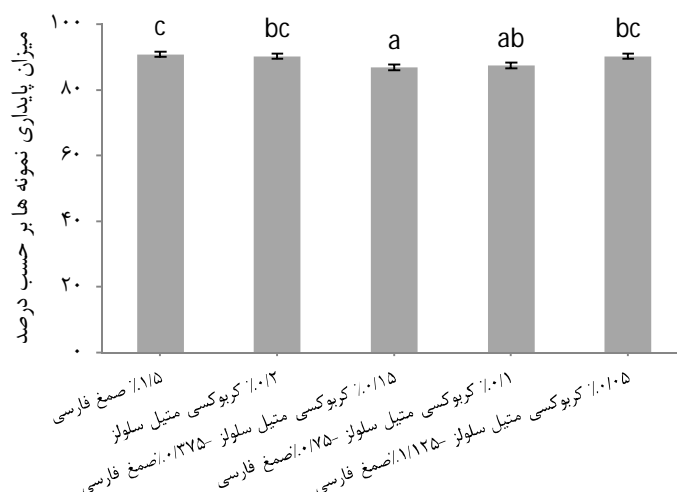
رنگ

پارامترهای رنگ (L^* ، a^* و b^*) نمونه‌های مایونز در جدول 2 نشان داده شده است. L^* محلول 1% صمغ CMC با تفاوت معنی‌داری بیشتر از محلول 1% صمغ

جدول 2- داده‌های حاصل از آزمون رنگ سنجی

b*	a*	L*	تیمار
15/35 ± 0/25 ^b	-1/8 ± 0/06 ^a	90/55 ± 0/08 ^a	%1/5 PG
14/44 ± 0/05 ^a	-1/79 ± 0/04 ^a	91/66 ± 0/12 ^d	%0/2 CMC
14/63 ± 0/04 ^a	-1/8 ± 0/02 ^a	91/39 ± 0/02 ^c	%0/375 PG – CMC %0/15
14/46 ± 0/11 ^a	-1/74 ± 0/00 ^a	91/37 ± 0/06 ^c	%0/75 PG – CMC %0/1
15/28 ± 0/05 ^b	-1/79 ± 0/02 ^a	90/99 ± 0/1 ^b	%0/125 PG – CMC %0/05

حروف یکسان در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است ($P > 0/05$)



تیمار

شکل 1- نتایج حاصل از آزمون پایداری. حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است ($P > 0/05$)

ویژگی‌های بافتی

نتایج حاصل از این آزمون در جدول 3 نشان داده شده است. صمغ فارسی در سطوح به کار رفته در سس مایونز توانسته ویژگی‌های بافتی مشابهی را با نمونه کنترل ایجاد کند. سختی، چسبندگی و انسجام نمونه‌های حاوی صمغ فارسی در تمام سطوح جایگزین شده با CMC تفاوت معنی‌داری با نمونه حاوی CMC 100٪ نداشته است. پژوهش‌های پیشین نشان داده که ویسکوزیته یک امولسیون می‌تواند سختی، چسبندگی و انسجام را تحت تأثیر قرار دهد (Liu et al. 2007). افزودن صمغ به نمونه مایونز سبب تشکیل ساختار ژل مانند قوی در فاز پیوسته، القاء ساختار سخت‌تر و پیچیده‌تر و همچنین تأثیر در تشکیل قطرات روغن با قطر کوچک‌تر در امولسیون و کاهش الاستیسیته، نسبت به نمونه فاقد صمغ می‌شود (Raymundoa et al., 2002). سختی و انسجام حاصل از صمغ فارسی در همه سطوح جایگزینی با صمغ CMC در نمونه‌های مایونز بدون تفاوت معنی‌دار

می‌باشد. در این راستا Mun و همکاران (2009) نیز نشان دادند که افزودن صمغ گزانتان به مایونز کم چرب موجب افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته شده و ویژگی‌های بافتی آن را بهبود می‌بخشد.

آزمون رئولوژی

آزمون پایا

پس از برآزش رفتار نمونه‌ها با مدل‌های قانون توان و مدل هرشل بالکلی، مدل هرشل بالکلی به‌عنوان بهترین مدل جهت تعیین خصوصیات رفتاری نمونه‌ها، انتخاب گردید ($R^2=0/99$)، که در جدول 4 نشان داده شده است. از ویژگی‌های مهم معادله هرشل بالکلی، وجود یک تنش تسلیم محدود مورد نیاز برای جریان یافتن می‌باشد (Liu et al., 2007). بالاتر بودن تنش تسلیم نمونه نشان دهنده این است که میزان تنش برشی بیشتری برای شروع به جریان نیاز دارد. در واقع با قوی‌تر شدن ساختار ژلی مایونز، میزان تنش مورد نیاز نیز افزایش می‌یابد (Worrasinchai et

تغییر معنی‌داری در خصوصیات رفتار جریانی آن‌ها نشده است. Mun و همکاران (2009)، عالم زاده و همکاران (1388) و منصوری و همکاران (1388) به ترتیب نشان دادند که حضور صمغ گزانتان، افزایش میزان کتیرای اصفهان و اسفراین و استفاده از کتیرای پولکی موجب افزایش میزان تنش تسلیم، افزایش ضریب قوام و کاهش اندیس جریان مایونز می‌گردند.

(*al.*, 2006). با توجه به داده‌های حاصل از آزمون قدرت ساختار ژلی نمونه‌های مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارد. ضریب قوام نمونه‌ها نیز محدوده‌ای بین 14/31 تا 28/73 pa.s^n را شامل می‌شود. از نظر ضریب قوام و اندیس جریان نیز تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌ها مشاهده نشد. در واقع استفاده ترکیبی از صمغ فارسی و CMC در سطوح مختلف نسبت به نمونه‌های حاوی هر یک از صمغ‌ها به تنهایی، موجب

جدول 3- داده‌های حاصله از آزمون بافت سنجی

تیمار	سختی (گرم)	چسبندگی	انسجام (میلی ژول)
%1/5 PG	124 ± 7/54 ^a	8/6 ± 0/95 ^a	0/78 ± 0/005 ^a
%0/2CMC	118/66 ± 4/72 ^a	7/7 ± 0/17 ^a	0/77 ± 0/01 ^a
%0/375 PG – CMC %0/15	116 ± 5/19 ^a	8 ± 0/26 ^a	0/79 ± 0/00 ^a
%0/75 PG – CMC %0/1	116/33 ± 4/72 ^a	8/1 ± 0/62 ^a	0/78 ± 0/01 ^a
%0/125 PG – CMC %0/05	126 ± 6/16 ^a	8/66 ± 0/4 ^a	0/78 ± 0/01 ^a

حروف یکسان در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است ($P > 0/05$).

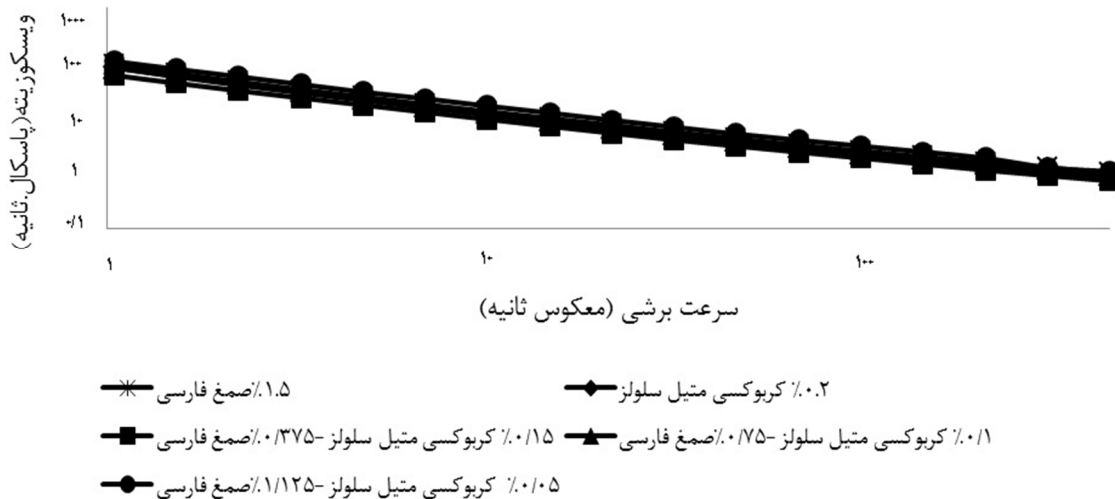
جدول 4- پارامترهای حاصل از آزمون پایا

تیمار	تنش تسلیم (پاسکال)	ضریب قوام (قوام پاسکال.ثانیه ⁿ)	اندیس جریان	R ²
%1/5 PG	78/25 ± 1/59 ^a	14/31 ± 0/89 ^a	0/48 ^a	0/99
%0/2 CMC	60/63 ± 4/7 ^a	18/79 ± 2/8 ^a	0/44 ± 0/03 ^a	0/99
%0/375 PG – CMC %0/15	57/81 ± 2/07 ^a	16/67 ± 3/4 ^a	0/46 ± 0/02 ^a	0/99
%0/75 PG – CMC %0/1	64/1 ± 3/04 ^a	16/84 ± 1/26 ^a	0/49 ^a	0/99
%0/125 PG – CMC %0/05	75/11 ± 1/18 ^a	28/73 ± 2/02 ^a	0/45 ± 0/12 ^a	0/99

حروف یکسان در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است ($P > 0/05$).

فارسی بیشترین ویسکوزیته را داشته است. در سرعت‌های برشی پایین، نیروهای هیدرودینامیکی کوچک قادر به شکستن لخته‌ها نبوده ولی با افزایش سرعت برشی، نیروهای هیدرودینامیک موجب تغییر شکل توده‌ها و به تدریج تخریب آن‌ها در امولسیون‌های غلیظتر سس مایونز شده و در نتیجه ویسکوزیته کاهش می‌یابد (Mandala et al., 2004 ; Castellani & Assef, 2010).

نمودار ویسکوزیته-سرعت برشی نمونه‌ها در شکل 2 مبین رفتار سودوپلاستیک نمونه‌ها در تمامی محدوده نرخ برش می‌باشد. بیشترین ویسکوزیته در تمامی سرعت‌های برشی متعلق به نمونه حاوی %0/05 CMC-1/125 صمغ فارسی بوده است. همچنین با مقایسه ویسکوزیته نمونه‌ها در سرعت برشی 50 معکوس ثانیه، که مطابق سرعت برشی ایجاد شده در دهان انسان می‌باشد (Karaman et al., 2011)، نمونه حاوی %0/05 CMC-1/125 صمغ



شکل 2- اثر افزایش سرعت برشی بر روی ویسکوزیته نمونه‌های مایونز

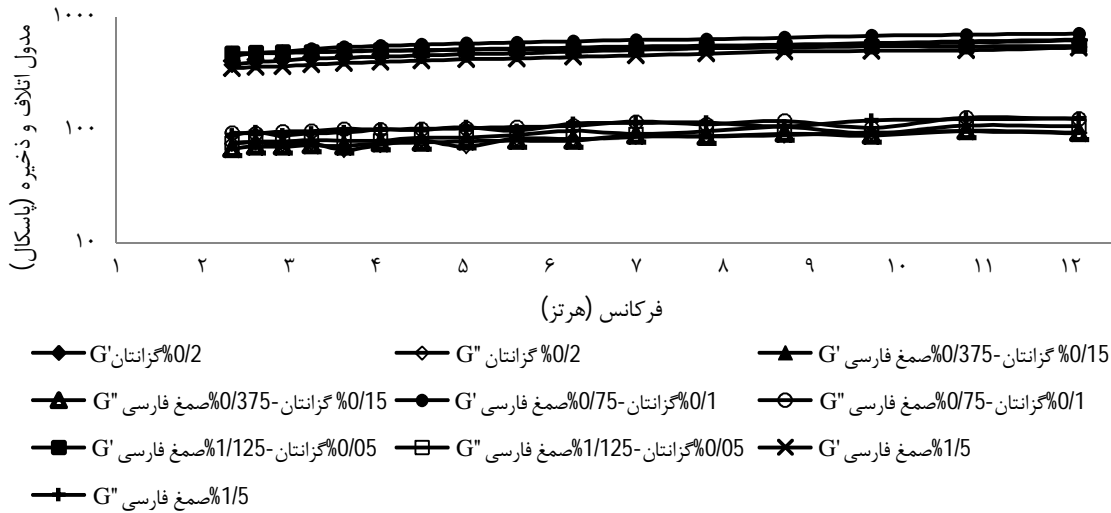
آزمون دینامیک

نتایج حاصل از آزمون دینامیک در شکل 3 نشان می‌دهد که G' و G'' نمونه‌های مایونز تولیدی وابسته به فرکانس بوده و در سراسر محدوده فرکانس مورد بررسی، مدول الاستیک (G')، مقدار بیشتری نسبت به مدول ویسکوز (G'') داشته است، در نتیجه در دسته ژل‌های ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند. مهمترین عامل در بروز این خصوصیات حضور صمغ در امولسیون می‌باشد که با ایجاد ساختار ویسکوالاستیک به وسیله تشکیل توده‌های بزرگ این امر را موجب می‌شود (Ma & Babors, 1995; Worrasinchai *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2006). در پژوهش‌های پیشین، Mancini و همکاران (2002) و Liu و همکاران (2007) نیز، بیان کردند که مایونز در محدوده فرکانس 10-0/1 هرگز خصوصیات ژل ضعیف از خود نشان می‌دهد. مطابق شکل 4 در محدوده فرکانس آزمون، تانژانت اتلاف همه نمونه‌ها کمتر از 1 بوده که تأییدی بر رفتار جامدگون نمونه‌ها است. بسته‌های فشرده قطرات روغن درون شبکه، عامل ایجاد ویژگی الاستیک و مقاومت در برابر تغییر شکل و بروز خواص جامدگون نمونه‌ها است. در این نمودار میزان تانژانت دلتای نمونه حاوی 50٪ از هر یک از صمغ‌ها (0/1% CMC -0/75% صمغ فارسی) نسبت به سایرین بیشتر و نمونه حاوی 0/05% CMC -1/125% صمغ فارسی کمترین میزان را داراست که نشان‌دهنده خواص جامدگون بیشتر این نمونه نسبت به سایر نمونه‌هاست

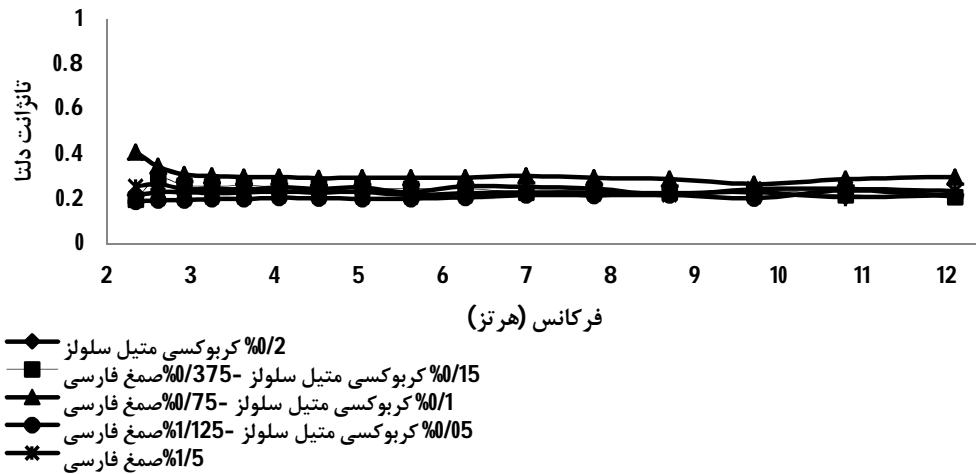
که تأییدی بر نتایج به دست آمده از آزمون پایا است که نشان داده شد که بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به همین نمونه بوده است، چرا که بیشتر بودن فاز پیوسته موجب کاهش تانژانت اتلاف می‌شود. این یافته‌ها با نتایج Mun و همکاران (2009) و Dolz و همکاران (2007)، که از صمغ گزانتان و خرنوب در تولید مایونز کم چرب استفاده کردند مطابقت دارد. نتایج آزمون روبش فرکانس با تئوری بوهلین مورد تفسیر قرار گرفت. در این تئوری از قانون توان $G' = A\omega^{\frac{1}{2}}$ استفاده می‌شود. بر اساس این تئوری، امولسیون‌ها به‌عنوان یک شبکه از واحدهای رئولوژیکی مدل سازی می‌شوند که برای ایجاد ساختار سیستم با یکدیگر واکنش می‌دهند. Z (عدد کنوردیناسیون) سطح این واکنش‌ها و A (ضریب تناسب) قدرت آن‌ها را نشان می‌دهد (Pressini *et al.*, 1998). پایداری یک امولسیون به درجه کنوردیناسیون بین واحدهای رئولوژیکی و قدرت واکنش‌ها بستگی دارد، به نحوی که مقادیر کم Z و A نشان دهنده تمایل قطرات فاز پراکنده به انعقاد تحت شرایط تنش مکانیکی، می‌باشد (Pressini *et al.*, 1998; Laca *et al.*, 2010).

آزمون حسی

امتیازات کسب شده برای پارامترهای ظاهر، رنگ، طعم، بافت، قوام، مالش پذیری، احساس دهانی و پذیرش کلی نشان داده شده در جدول 6 برای همه نمونه‌ها در حد قابل قبول بوده است.



شکل 3- مدول ذخیره و اتلاف در آزمون نوسانی



شکل 4- تانژانت دلتای نمونه‌های مایونز

جدول 5- پارامترهای حاصل از آزمون نوسانی

تیمار	ضریب تناسب	عدد کنوردیناسیون	R ²
1/5 PG	190/9 ± 1/23 ^a	4/77 ± 0/69 ^a	0/99
0/2 CMC	143/2 ± 0/28 ^a	3/72 ± 0/39 ^a	0/96
0/375 PG - CMC 0/15	83/98 ± 2/25 ^a	2/39 ± 0/66 ^a	0/97
0/75 PG - CMC 0/1	108/2 ± 1/34 ^a	2/94 ± 0/54 ^a	0/98
0/125 PG - CMC 0/05	228/2 ± 1/78 ^a	5/65 ± 0/85 ^a	0/97

حروف یکسان در هر ستون، نشان دهنده‌ی عدم تفاوت معنی دار است ($P > 0/05$)

جدول 6- داده‌های حاصل از آزمون حسی

تیمار	ظاهر	رنگ	طعم	بافت	قوام	مالش پذیری	احساس	پذیرش کلی
1/5 PG	4/37 ± 0/13 ^a	3/9 ± 0/18 ^b	3/78 ± 0/3 ^a	4/32 ± 0/18 ^b	4/39 ± 0/15 ^a	4/33 ± 0/09 ^a	3/22 ± 0/25 ^a	4/32 ± 0/09 ^a
0/2 CMC	4/3 ± 0/41 ^a	4/14 ± 0/36 ^a	3/79 ± 0/25 ^a	4/24 ± 0/63 ^a	4/38 ± 0/38 ^a	4/45 ± 0/41 ^a	3/18 ± 0/66 ^a	4/4 ± 0/54 ^a
CMC 0/15	4/4 ± 0/34 ^a	3/97 ± 0/19 ^b	3/79 ± 0/32 ^a	4/08 ± 0/59 ^a	4/38 ± 0/29 ^a	4/4 ± 0/34 ^a	3/14 ± 0/38 ^a	4/4 ± 0/73 ^a
CMC 0/1	4/41 ± 0/62 ^a	3/88 ± 0/24 ^b	3/71 ± 0/44 ^a	4/06 ± 0/76 ^a	4/4 ± 0/14 ^a	4/41 ± 0/62 ^a	3/07 ± 0/41 ^a	4/37 ± 0/4 ^a
CMC 0/05	4/4 ± 0/2 ^a	3/84 ± 0/44 ^b	3/76 ± 0/29 ^a	4/31 ± 0/1 ^b	4/45 ± 0/34 ^a	4/4 ± 0/2 ^a	3/26 ± 0/13 ^a	4/42 ± 0/34 ^a

حروف یکسان در هر ستون، نشان دهنده‌ی عدم تفاوت معنی دار است ($P > 0/05$)

صمغ‌ها بر روی یکدیگر در پایداری سس مایونز، امکان بهبود کیفیت فرآورده و بهینه نمودن شرایط فرایند برای تولیدکنندگان این صنعت را فراهم می‌کند. یکی از مهم‌ترین‌ترین عوامل تعیین ویژگی‌های کیفی مایونز، ویسکوزیته فاز پیوسته است که به طور چشمگیری تحت تأثیر پیوندهای میان روغن و پایدار کننده، پایدار کننده و امولسیفایر و پایدارکننده‌ها با یکدیگر می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که نمونه حاوی سطح ترکیبی 0/05% CMC-1/125% صمغ فارسی از نظر بسیاری از ویژگی‌های کیفی نظیر بافت، پایداری، رئولوژی و حسی مطلوب‌تر از سایر نمونه‌ها بوده است در حالی که نمونه حاوی 0/2% CMC بالاترین امتیاز رنگ را در ارزیابی حسی و دستگاهی داشته است. با توجه به خواص درمانی صمغ فارسی، انجام تحقیقات تکمیلی در معرفی، شناسایی ساختار شیمیایی و نشان دادن پتانسیل قابل قبول صمغ‌های بومی در پایدارکنندگی مایونز، می‌توان با کاهش واردات صمغ‌های تجاری به چرخه استقلال اقتصادی کشور کمک شایانی نمود.

از نظر ظاهر، بافت، مالش‌پذیری و قوام تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود ندارد، که این امر نشان‌دهنده رضایت بخش بودن استفاده تلفیقی صمغ فارسی با CMC، از نظر خواص حسی بوده است. امتیازات کسب شده برای طعم و احساس دهانی از امتیازات سایر ویژگی‌های حسی کمتر بوده که احتمالاً ناشی از عدم انجام هموزنی‌زاسیون ثانویه در تهیه تیمارها می‌باشد. در امتیازات کسب شده برای ویژگی رنگ نیز نمونه حاوی 0/2% CMC به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر نمونه‌ها امتیاز بالاتری کسب کرده است که می‌تواند ناشی از ترکیبات شیمیایی ساختاری صمغ فارسی مؤثر در تغییر رنگ نمونه‌های حاوی آن باشد. بافت نمونه‌های حاوی 1/5% صمغ فارسی، 0/2% CMC و 0/05% CMC-1/125% صمغ فارسی با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو نمونه دیگر امتیاز بالاتری را کسب نمودند. جایگزینی صمغ‌ها در سطوح مختلف تأثیر منفی بر روی پذیرش کلی نمونه‌ها نداشته است.

نتیجه‌گیری

آگاهی از خواص عملکردی صمغ‌های بومی و تأثیر

منابع

- 1- خالصی، ه.، علیزاده، م.، رضازادباری، م. 1391. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی صمغ زرد تراوشی از گیاه *Amygdalus Scoparia Spach* در منطقه میان جنگل استان فارس. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 8 (3): 317-326.
- 2- عالم زاده، ط.، محمدی فر، م.، عزیزی، م.، قناتی، ک. 1388. تأثیر دو گونه صمغ کتیرای ایران (اصفهان و اسفراین) بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس مایونز. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، 7 (3): 127-141.
- 3- قاسم پور، ز.، علیزاده، م.، رضازاد باری، م. 1389. بهینه سازی تولید ماست حاوی صمغ فارسی با در نظر گرفتن زنده مانی پروبیوتیک‌ها و میزان استالدئید، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه.
- 4- محمدی، س.، عباسی، س.، حمیدی، ز. 1388. تأثیر برخی هیدروکلوئیدها بر پایداری فیزیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر-آب پرتقال، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 5 (4): 1-12.
- 5- منصوری، ث.، میزانی، م.، مرادی، ص.، علیمی، م. 1388. تأثیر کاربرد توأم صمغ کتیرای پولکی و کیتوزان بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس مایونز، مجله علوم غذایی و تغذیه، 8 (2): 44-51.
- 6- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران 1385. مایونز و سس‌های سالاد. ویژگی‌ها. استاندارد شماره 2454. اصلاحیه چاپ اول.
- 7- نیک نیا، س.، رضوی، س.ع.، کوچکی، آ. 1388. کاربرد هیدروکلوئیدهای بومی به عنوان پایدارکننده در فرمولاسیون سس مایونز و بررسی خصوصیات فیزیکی، حسی و رئولوژیکی آن، پایان نامه ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

- 8- Castellani, O., & Al-Assaf, S. 2010. Hydrocolloids with emulsifying capacity. Part 2-adsorption properties at the n-hexadecane–Water interface. *Food Hydrocolloids*, 24: 121-130.
- 9- Dolz, M., Hernandez, M. J., Delgado, J., Alfaro, M. C., & Munoz, J. 2007. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behavior of food emulsions containing modified starch. *Journal of Food Engineering*, 81: 179-186.
- 10- Emerton, V., & Choi, E. 2008. Essential guide to food additives. Leatherhead Food International Ltd, Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK.
- 11- Garti, N., & Leser, M.E. 2001. Emulsification properties of hydrocolloids. *Polymers for Advanced Technologies*, 12: 123-135.
- 12- Goshawk, J. A., & Binding, D. M. 1998. Rheological phenomena occurring during the shearing flow mayonnaise. *Journal of Rheology*, 42 (6): 1537-1553.
- 13- Imerson, A. 2010. Food stabilizers, thickeners and gelling agents, John Wiley & Sons, ISBN: 978-1-4051-3267-1.
- 14- Karaman, S., Yilmaz, M. T., & Kayacier, A. 2011. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: an optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloids*, 25: 1319-1326.
- 15- Laca, M.C., Senz, B., & Paredes, M. D. 2010. Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. *Journal of Food Engineering*, 97: 243–252.
- 16- Liu, H., Xu, X.M., & Guo, SH. D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT*, 40: 946-954.
- 17- Ma, L., & Barbosa-Ca´novas, G. V. 1995. Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25: 409–425.
- 18- Mancini, F., Montanari, L., Peressini, D., & Fantozzi, P. 2002. Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise. *LWT*, 35: 517-525.
- 19- Mandala, I. G., Savvas, T. P., & Kostaropoulos, A. E. 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model – sauce. *Journal of Food Engineering*, 64: 335-342.
- 20- D.J. McClements, *Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.
- 21- Mun, S., Kim, Y., Kang, C., Park, K., Shim, J., & kim, Y. 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4_GTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, (44): 400-407.
- 22- Philips, G.O., & Williams, P.A. 2000. *Handbook of Hydrocolloids*, Woodhead Publishing. ISBN: 978-1-85573-501-9.
- 23- Pressini, D., Sensidoni, A., & Cindio, B. 1998. Rheological Characterization of Traditional and Light mayonnaises, *Journal of food engineering*, 35: 409-417.
- 24- Raymundoa, A., Francob, J. M., Empisc, J., & Sousad, I. 2002. Optimization of the composition of cow-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(8): 283-290.
- 25- Ven, C.V., & Courvoisier, C. 2007. High pressure versus heat treatments for pasteurization and sterilization of model emulsions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 232-236.
- 26- Wendin, K., & Hall, G. Influences of Fat. 2001. Thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses. *Academic Press*, 222-231.
- 27- Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S., & Jammong, P. 2006. β -Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Journal of Food Hydrocolloids*, (20): 68-78.

The effect of carboxymethyl cellulose substitution with Persian gum on the qualitative properties of mayonnaise

Milad Barzegari¹, Zeynab Raftani Amiri^{2*}, Jafar mohamadzadeh Milani², Ali Motamedzadehgan²

1- MSc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

* Corresponding author (zramiri@gmail.com)

Abstract

Gums are compounds that increase stability of mayonnaise by increasing the viscosity of the continuous phase. In this study, the Persian gum with carboxymethyl cellulose (CMC), at combination of levels 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0, were used to produce treatments. Experimental data's of color measuring showed that by increasing Persian gum level in samples, lightness (L^*) and yellowness (b^*) factors were decreased and increased, respectively. The samples included 100% Persian gum (1.5% w/w), and 75% Persian gum-25% CMC showed non-significant difference comparing to the sample contained 100% CMC (2% w/w). Sample with 75% Persian gum-25% CMC had highest hardness, cohesiveness and adhesiveness that had no significant difference compared with other samples. Rheological tests also showed that all samples had pseudo-plastic behavior at shear rates of 1-450 s^{-1} and weak gel-like behavior at frequency range of 0.1-10 Hz. Results showed that Persian gum has substitution ability at 75% and more than that with CMC in mayonnaise with no difference in the qualitative properties of the product.

Keywords: CMC, Mayonnaise, Persian gum, Rheology, Textural properties