مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال بیست و یکم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۵، صفحات ۶۳-۵۳

بررسی اثر صمغ های کاپا-کاراگینان و گوار بر ویژگی های رئولوژیکی و بافتی مینارین کم چرب

کیانا حسیبی[۱]، کوشان نایب زاده[۲]، سیده مرضیه حسینی [۳]، سارا رزاقی[۱]، وحید مفید[۴]، سعید زارعکار[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول: استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: Knayebz@sbmu.ac.ir

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۵- گروه تحقیق و توسعه، شرکت بهینه وزین، هشتگرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۲

چکیده

سابقه و هدف: کاهش محتوای چربی در محصولاتی نظیر مینارین، منجر به تضعیف شبکه چربی-پروتئین و افت ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی پتانسیل جایگزین کردن چربی با استفاده از اثرات منفرد و متقابل صمغ‌های کاپا-کاراگینان و گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی در مینارین با چربی کاهش یافته می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، نمونه شاهد بدون صمغ و نمونه‌های حاوی صمغ، به ترتیب با غلظت‌های مختلف صمغ گوار: کاراگینان (۰/۴:۰)، (۰/۲/۲:۰/۰) و (۰/۴:۰) درصد، با ۲۴ درصد چربی تولید شدند. از آزمون اکستروژن معکوس برای سنجش پارامترهای بافتی، از آزمون‌های روبش کرنش و روبش فرکانس جهت تعیین رفتار جریان و خواص ویسکوالاستیک، از افزایش حجم جهت نشان دادن توانایی ساختار در نگهداری هوا و از ارزیابی حسی برای تعیین نمونه برتر از نظر خواص حسی استفاده شد. تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

یافته‌ها: تمامی نمونه‌ها رفتار رقیق‌شوندگی با برش داشته و خواص ویسکوالاستیک جامد-مانند ($G' > G''$) را نشان دادند. صمغ گوار به‌تنهایی، علی‌رغم ایجاد بیشترین ضریب قوام در نمونه‌های حاوی صمغ، کمترین مدول ذخیره، استحکام بافتی و افزایش حجم را به ثبت رساند. در مقابل، کاراگینان با وجود ضریب قوام پایین‌تر، شبکه‌ای با الاستیسیته و استحکام بالاتر ایجاد کرد. ترکیب دوگانه گوار-کاراگینان با ایجاد اثر هم‌افزایی، منجر به دستیابی به بیشینه مقدار مدول ذخیره (۶۸۴۰Pa ± ۷۶۰۰۰)، استحکام (۹۱۹/۱۸±۲۲/۳۶ g) ،افزایش حجم (۵۵/۸±۳/۱۱ درصد) و بالاترین امتیاز ارزیابی حسی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که برهم‌کنش میان کاپا-کاراگینان و گوار، شبکه ویسکوالاستیک مستحکم با بیشترین افزایش حجم و بالاترین امتیاز ارزیابی حسی را پدید آورد. به همین جهت، استفاده هم‌زمان از این دو صمغ به عنوان فرمولاسیون مناسب برای تولید مینارین با چربی کاهش یافته و پایداری ساختاری بالا پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: مینارین کم چرب، گوار، کاپا-کاراگینان، خواص رئولوژیکی، خواص بافتی

پیام‌های اصلی

- کاهش چربی در مینارین با استفاده از هم‌افزایی میان صمغ‌های گوار و کاراگینان ممکن است.
- ترکیب صمغ‌های گوار و کاپا-کاراگینان به دلیل اثر هم‌افزایی، مستحکم‌ترین شبکه ویسکوالاستیک را تشکیل دادند.
- صمغ گوار به‌تنهایی به دلیل بیشترین میزان ضریب قوام دارای کمترین افزایش حجم و استحکام بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

- صمغ کاپا-کاراگینان با وجود ضریب قوام پایین‌تر، شبکه‌ای الاستیک‌تر و با استحکام بالاتر از صمغ گوار ایجاد کرد.
- تمامی نمونه‌های تولیدی رفتار رئولوژیکی شبه‌جامد و جریان رقیق‌شونده با برش از خود نشان دادند.

• مقدمه

مینارین امولسیون روغن در آبی است که از حدود ۳۰-۴۰ درصد چربی تشکیل شده است (۱). میزان چربی در محصولاتی مانند مینارین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می باشد. گویچه‌های چربی موجود در ساختار آن، در طی هم‌زدن دچار ادغام جزئی شده و شبکه‌ای از چربی تشکیل داده که استحکام و قدرت شبکه را افزایش داده و حباب‌های هوا را در خود جای دهد (۲). اما مینارین با چربی بالا می‌تواند سبب ایجاد بیماری های قلبی و عروقی، چاقی و بعضی از سرطان ها شود. همین موضوع نگرانی جامعه را افزایش داده و تمایل به تولید خامه با چربی کاهش‌یافته افزایش یافته است (۳). کاهش چربی می‌تواند سبب تغییر طعم، احساس دهانی و کاهش استحکام شبکه خامه شود (۴). جهت جبران کاهش چربی و دستیابی به کیفیت و بافت مطلوب، می‌توان از پایدارکننده‌هایی مانند صمغ‌های گوار و کاپا-کاراگینان استفاده نمود. از دلایل استفاده از این صمغ‌ها به عنوان جایگزین چربی در مینارین، تشکیل شبکه ژلی بوده که می‌تواند گلبول‌های چربی را در جای خود ثابت نگه داشته و از فولکولاسیون و ادغام کامل گلبول‌های چربی ناشی از کاهش چربی، جلوگیری کند (۵). علاوه بر آن، این صمغ‌ها به نگه‌داشتن میزان بیشتری از آب توسط کف کمک می‌کنند و شکل آن را حفظ می‌کنند، این پدیده سبب می‌شود که ساختار و استحکام کف بهبود یابد و قدرت ژل و سختی در مینارین با چربی کاهش‌یافته را افزایش دهد (۶, ۷). ویژگی‌های شبه‌چربی آن‌ها سبب بهبود رئولوژی، بافت و ظرفیت نگهداری آب در این محصول شده، در حالی که ویژگی‌های حسی حفظ می‌شوند (۸). صمغ گوار پلی‌ساکاریدی خنثی بوده که صمغ گوار یک گالاکتومانان است که از آندوسپرم آسیاب‌شده‌ی دانه‌ی گیاه گوار که از یک درختچه به نامCyamopsis Tetragonoloba رشد می‌کند، به‌دست می‌آید (۹). این صمغ به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب و ویژگی بافت‌دهندگی آن، به یک افزودنی غذایی پرکاربرد به‌ویژه به‌عنوان تثبیت‌کننده و افزایش‌دهنده ویسکوزیته تبدیل شده است (۱۰). صمغ کاپا-کاراگینان پلی‌ساکاریدی آنیونی بوده که از برخی گونه‌های جلبک‌های قرمز متعلق به خانواده Rhodophyceae استخراج می‌شوند (۹). ژل‌های تشکیل‌شده از کاپا-کاراگینان به‌تنهایی، معمولاً به‌عنوان ژل‌هایی قوی اما شکننده توصیف می‌شوند که مستعد آب‌اندازی بوده و الاستیسیته کافی و حس دهانی منسجمی ندارند (۱۱). کاپا-کاراگینان به‌طور انتخابی با کاپا-کازئین موجود بر سطح میسل‌های کازئین برهم‌کنش داده و کمپلکس‌های الکترواستاتیکی تشکیل می‌دهد که موجب پایداری سوسپانسیون‌ها و ژل‌سازی ضعیف می‌شود (۱۱). علاوه بر آن مشخص شده است که در صمغ‌های گوار و کاپا-کاراگینان اثرات هم‌افزایی مشاهده شده است. در سیستم‌های کاپا-کاراگینان-گالاکتومانان به نسبت مانوز به گالاکتوز، گالاکتومانان‌ها در قسمت‌هایی از زنجیره مانان که شاخه جانبی گالاکتوز ندارند، در حین سرد شدن با مارپیچ‌های دوگانه کاپا-کاراگینان هم‌راستا شده که توسط یون‌های پتاسیم پایدار شده و شبکه سه‌بعدی تقویت می‌شود (۱۲، ۱۳). ویژگی‌های افزایش ویسکوزیته توسط گوار، تشکیل شبکه‌ای با استحکام و پایداری بالا توسط کاپا-کاراگینان و هم‌افزایی میان آن‌ها، این دو صمغ را جهت جبران کاهش چربی در مینارین مناسب می‌کند. در این راستا Ghribi و همکاران در سال ۲۰۲۱، بخشی از چربی را با مخلوطی از پروتئین سویا و کاپا-کاراگینان جایگزین کردند. کاپا-کاراگینان با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، به کاهش ناپایداری‌هایی مانند آب‌اندازی و جداشدگی فاز کمک کرد (۴). در مطالعه‌ای از Xu و همکاران در سال ۲۰۲۲، پایداری استاتیکی امولسیون‌های نیمه‌کریستالی را در حضور کاراگینان به‌تنهایی و در ترکیب‌های دوتایی با صمغ زانتان یا صمغ گوار، و همچنین در قالب مخلوط سه‌تایی با زانتان و گوار بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از کاراگینان به‌تنهایی منجر به تشکیل شبکه‌ای ژل‌مانند و افزایش تجمع قطرات چربی می‌شود که می‌تواند پایداری امولسیون را در طول نگهداری کاهش دهد. در مقابل، ترکیب کاراگینان با زانتان و یا گوار باعث بهبود ساختار شبکه سه‌بعدی، توزیع یکنواخت‌تر قطرات چربی و کاهش پدیده‌های ناپایداری مانند تجمع و جداشدگی فاز شد (۱۴). هدف مطالعه حاضر، بررسی اثرات منفرد و برهم‌کنشی صمغ‌های کاپا-کاراگینان و گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی مینارین کم‌چرب می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد

جانشین کره کاکائو، (premium، مالزی)، روغن پالم و اولئین پالم کاملاً هیدروژنه (IFCO، مالزی)، شکر دانه‌بندی‌شده (دهخدا، ایران)، پودر شیر بدون چربی (کشت و صنعت مغان،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

ایران)، دی‌مونوگلیسرید (Kerry Group، ایرلند)، صمغ گوار (عبدالقادر، هند) و کاپا-کاراگینان (Lutra، چین)، آب مقطر و اسانس وانیل (شرکت آمیتیدا، ایران) برای فرمولاسیون مینارین به کار رفتند. شرکت بهینه وزین مواد تولید مینارین را تامین کرد.

روش‌ها

تهیه مینارین

در این پژوهش، مینارین با سطح چربی ۲۴ درصد در پایلوت پلنت کارخانه بهینه وزین تهیه شد. مقادیر مواد اولیه بر اساس درصد وزنی نسبت به کل فرمولاسیون محاسبه گردید. در ابتدا، اجزای فاز چربی شامل چربی جانشین کره کاکائو، روغن پالم و پالم اولئین کاملاً هیدروژنه تا دمای ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. هم‌زمان، آب مقطر به‌طور جداگانه تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. پس از رسیدن فازها به دمای مورد نظر، فاز روغنی و فاز آبی با استفاده از میکسر با سرعت ۸۲ دور در دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. سپس پودر شیر بدون چربی، شکر، امولسیفایر، صمغ‌ها و اسانس وانیل به‌تدریج به سامانه افزوده شد تا مخلوطی یکنواخت حاصل گردد. پس از حدود ۵ دقیقه مخلوط کردن، عملیات پاستوریزاسیون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه انجام شد. در ادامه، مخلوط گرم به‌مدت ۱ دقیقه با همزن دستی همگن‌سازی شد. مرحله هموژنیزاسیون با استفاده از هموژنایزر آزمایشگاهی دو پیستونه انجام گرفت. فشار ۳۰ بار برای مرحله اول و ۸۰ بار برای مرحله دوم اعمال شد. در نهایت، خامه تولیدشده بلافاصله در دمای ۱۸− درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا تبلور چربی به‌طور مناسب شکل گیرد. سپس نمونه‌ها پیش از انجام فرآیند هم‌زنی، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها ۲۴ ساعت پیش از هم‌زدن در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد یخ‌زدایی شده و سپس ۵ دقیقه با سرعت ۷۲ دور بر دقیقه و ۵ ۷ دقیقه با سرعت ۱۱۰ دور بر دقیقه هم زده شدند. درصد صمغ نمونه‌ها بر طبق جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ درصد صمغ نمونه ها

نمونه	گوار (درصد)	کاپا-کاراگینان (درصد)
شاهد	۰	۰
کاپا-کاراگینان	۰	۰ ۴
گوار	۰ ۴	۰
گوار-کاراگینان	۰ ۲	۰ ۲

آزمون نرخ برشی کنترل شده

از آزمون نرخ برخ کنترل شده جهت تعیین رفتار جریانی مینارین پیش از هم‌زدن، استفاده شد. این پارامترها با استفاده از دستگاه رئومتر (Physica MCR 301 ساخت شرکت Anton Paar ، گراتس، اتریش) در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شدند. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از هندسه صفحات موازی با قطر ۴۰ میلی‌متر انجام شد. فاصله صفحات ۱ میلی‌متر تنظیم شد. اندازه‌گیری‌ها در بازه فرکانسی s^{-1} ۰/۱ تا ۳۰۰ انجام گرفت (۱۵). پارامترهای ضریب قوام و اندیس جریان با برازش تغییرات تنش به کرنش با استفاده از مدل توان (Power law) صورت گرفت.

(۱)

$$\tau = k(\gamma^{\circ})^{n}$$

آزمون تعیین ویژگی‌های ویسکوالاستیک

آزمون روبش کرنش نمونه‌های مینارین هم‌زده با کرنش ۰/۰۱ تا ۱۰۰٪ در دمای ۵ درجه و فرکانس ثابت ۱ هرتز برای تشخیص ناحیه خطی ویسکوالاستیک انجام شد. پارامترهای مدول ذخیره و مدول الاستیک در انتهای ناحیه ویسکوالاستیک خطی از این آزمون تعیین شد. پس از تعیین کرنش مناسب در ناحیه خطی ویسکوالاستیک برای هر نمونه، آزمون روبش فرکانس در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و دامنه فرکانس ۰/۱ تا ۱۰۰ هرتز انجام شد. مقادیر مدول ذخیره و مدول افت در فرکانس‌های مختلف محاسبه شدند (۱۶).

اندازه گیری پارامتر های بافتی

ارزیابی ویژگی‌های بافتی مینارین هم‌زده، با استفاده از دستگاه سنجش بافت (TA.Xplus، انگلستان) انجام گرفت. آزمون اکستروژن معکوس با به‌کارگیری پروب استوانه ای به قطر ۴ میلی‌متر و لودسل ۵ کیلوگرمی انجام گرفت. نمونه‌ها تا ۳۰٪ از ارتفاع اولیه و با سرعت ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه تحت فشار قرار گرفتند. پارامتر های استحکام (نیرو) و قوام بر حسب (نیرو.ثانیه) توسط دستگاه ثبت گردید (۱۷).

آزمون تعیین درصد افزایش حجم

ابتدا میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر از مینارین یخ زدایی شده هم‌نزده در بشر پر شد و وزن آن اندازه‌گیری شد. پس از هم‌زدن مینارین، مجدداً بشر به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر پر شده و وزن شد. بر طبق فرمول زیر، میزان افزایش حجم به درصد بیان شد (۱۸).

(۲)

$$\text{درصد افزایش حجم} = \frac{\text{وزن خامه پس از هم‌زدن} - \text{وزن خامه پیش از هم‌زدن}}{\text{وزن خامه پس از هم‌زدن}} \times 100$$

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

آزمون ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) مینارین‌های با چربی کاهش‌یافته توسط ۲۰ ارزیاب آموزش‌ندیده با استفاده از مقیاس ۵ امتیازی (۱- غیرقابل قبول تا ۵- بسیار خوب) آزمون هدونیک، در دمای اتاق ارزیابی شد (۱۹). برای ارزیابی آماری نتایج، از آزمون فریدمن که توسط نرم‌افزار SPSS انجام شده بود، استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۷ انجام شد. مقایسه میانگین‌های بدست آمده از آزمون‌های بافتی و رئولوژیکی از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد.

• یافته‌ها

ویژگی‌های بافتی (استحکام و قوام)

نتایج حاصل از آزمون اکستروژن معکوس که در جدول ۲ آمده است، نشان داد که نوع صمغ‌های به‌کاررفته تأثیر معناداری بر ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها داشته است ($p<۰/۰۵$). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، استفاده از ترکیب دوگانه گوار و کاراگینان منجر به دستیابی به بالاترین میزان استحکام و قوام گردید. این تیمار تفاوت معناداری نسبت به تمامی گروه‌ها نشان داد که گویای نقش کلیدی این ترکیب در تقویت شبکه بافتی است. در مقابل، نمونه حاوی صمغ گوار ضعیف‌ترین عملکرد ساختاری را از خود نشان داد، به‌طوری‌که هر دو پارامتر استحکام و قوام در این تیمار به‌طور معناداری کاهش یافت و در پایین‌ترین سطح آماری قرار گرفت ($p<۰/۰۵$). این افت کیفیت بافتی حتی در مقایسه با نمونه شاهد نیز از نظر آماری متمایز و مشهود بود. در خصوص اثر صمغ کاراگینان، اگرچه در پارامتر استحکام تفاوت معناداری بین این تیمار و نمونه شاهد مشاهده نشد و هر دو در یک سطح آماری قرار گرفتند ($p>۰/۰۵$) ، اما در شاخص قوام، افزودن کاراگینان منجر به بهبود وضعیت بافت گردید و این تغییر نسبت به نمونه شاهد از نظر آماری معنادار گزارش شد ($p<۰/۰۵$). به‌طور کلی، همبستگی مستقیمی میان تغییرات سفتی و قوام در تمامی تیمارها مشاهده گردید و بیشترین انسجام ساختاری صرفاً در حضور هم‌زمان هر دو هیدروکلوئید به ثبت رسید.

ویژگی‌های رئولوژیکی (جریان و خواص ویسکوالاستیک)

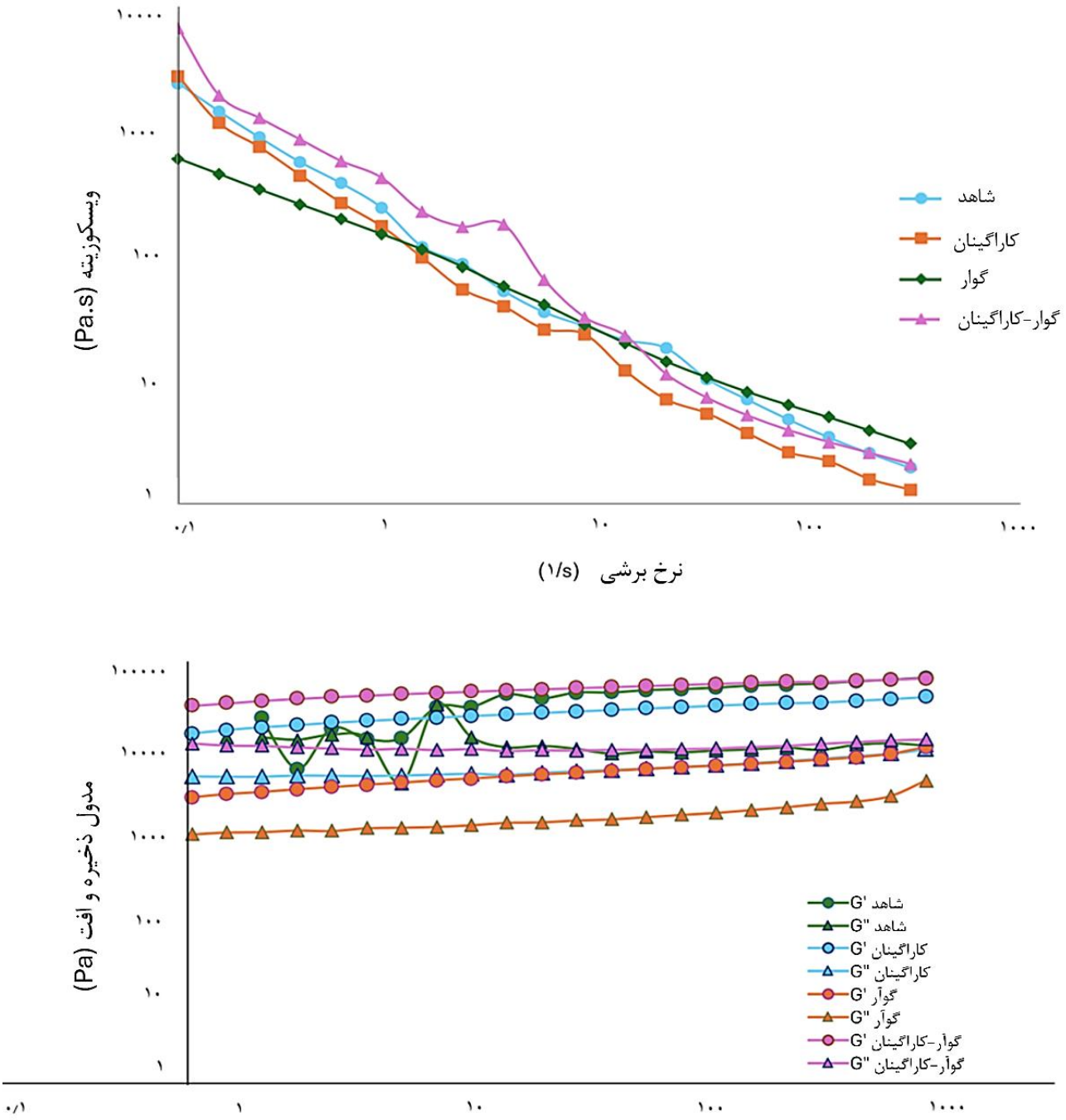
تغییرات ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در برابر نرخ برش در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده، تمامی تیمارها رفتار غیرنیوتنی از نوع شبه‌پلاستیک از خود نشان دادند، به‌طوری‌که با افزایش نرخ برش از ۰/۱ به ۳۰۰ ، ویسکوزیته ظاهری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در نرخ‌های برش پایین، بیشترین میزان ویسکوزیته متعلق به تیمار ترکیبی گوار-کاراگینان بود که نشان‌دهنده توانایی بالای این فرمولاسیون در ایجاد ساختار اولیه است. با این حال، با افزایش نرخ برش، شیب کاهش ویسکوزیته در این نمونه تندتر از سایرین بود. در مقابل، صمغ گوار در نرخ‌های برش بالا، ثبات بیشتری نشان داد و در انتهای آزمون، بالاترین ویسکوزیته ظاهری را نسبت به سایر نمونه‌ها حفظ کرد. کمترین میزان ویسکوزیته در تمامی بازه‌ها نیز مربوط به نمونه حاوی کاراگینان به‌تنهایی بود. نتایج حاصل از برازش داده‌های رئولوژیک با مدل قانون توان در جدول ۲ ارائه شده است. تمام نمونه‌ها اندیس جریان کمتر از یک را نشان دادند که تأییدی بر رفتار شبه‌پلاستیک آن‌ها می‌باشد. بیشترین میزان اندیس جریان در نمونه‌های حاوی گوار و گوار–کاراگینان مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p>۰/۰۵$)، اما به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از نمونه شاهد بودند. این موضوع نشان‌دهنده کاهش شدت رفتار شبه‌پلاستیک با افزودن این صمغ‌ها نسبت به نمونه شاهد است. نمونه شاهد بالاترین ضریب قوام را نشان داد. در میان تیمارهای حاوی صمغ، صمغ گوار قوام بیشتری نسبت به کاراگینان و ترکیب گوار–کاراگینان ایجاد کرد.

جدول ۲ ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی و افزایش حجم نمونه‌های مینارین

نمونه	استحکام (g)	قوام (g.s)	ضریب قوام (Pa.s)	اندیس جریان	مدول ذخیره (Pa)	افزایش حجم (٪)
شاهد	۶۶۱/۵±۵/۱۴ ^{b}	۶۲۸۱/۷۷±۱۰/۶۹ ^{c}	۱۴۵/۰۴±۱۷/۹۶ ^{a}	۰/۲۲±۰/۰۶ ^{b}	۶۰۵۰۰±۴۸۴۰ ^{a}	۱۳/۳۹±۰/۹۷ ^{d}
کاپا-کاراگینان	۶۱۳/۲۲±۵/۵۵ ^{b}	۶۹۱۷/۶۸±۳/۷۴ ^{b}	۴۹/۳۸±۶/۳۶ ^{b}	۰/۳۴±۰/۰۴ ^{ab}	۲۹۴۰۰±۲۹۱۰ ^{b}	۴۰/۱۸±۲/۵۲ ^{b}
گوار	۴۴۷/۷۸±۹/۸۵ ^{c}	۴۹۷۱/۹۷±۱۲۷/۱۵ ^{d}	۷۵/۶۲±۸/۹۰ ^{ab}	۰/۴۳±۰/۰۳ ^{a}	۷۶۸۰±۵۳۷ ^{c}	۲۲/۱۵±۱/۰۷ ^{c}
گوار-کاراگینان	۹۱۹/۱۸±۲۲/۳۶ ^{a}	۹۶۹۳/۸۰±۴۹/۵۹ ^{a}	۴۸/۷۷±۵/۳۷ ^{b}	۰/۴۳±۰/۰۲ ^{a}	۷۶۰۰۰±۶۸۴۰ ^{a}	۵۵/۸۶±۳/۱۱ ^{a}

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

ویژگی رئولوژیکی مینارین شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ، شامل مدول ذخیره در انتهای ناحیه خطی ویسکوالاستیک، در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که افزودن صمغ‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر پارامترهای رئولوژیکی نمونه‌ها داشته است (p<۰/۰۵). در خصوص مدول ذخیره، اختلاف آماری معناداری بین نمونه شاهد و نمونه حاوی گوار–کاراگینان مشاهده نشد (p>۰/۰۵)، در حالی که این دو نمونه مقادیر بالاتری نسبت به سایر تیمارها نشان دادند (p<۰/۰۵). در مقابل، نمونه‌های حاوی گوار و کاپا–کاراگینان کمترین مقادیر مدول ذخیره را به خود اختصاص دادند و تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵). نتایج حاصل از تغییرات مدول ذخیره (G') و مدول افت (G") بر حسب فرکانس زاویه‌ای در مقیاس لگاریتمی که توسط آزمون روبش فرکانس به‌دست‌آمده، در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱ تصویر بالا تغییرات ویسکوزیته بر حسب نرخ برشی، تصویر پایین تغییرات مدول ذخیره و افت بر حسب زاویه فرکانس

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

در تمامی نمونه‌های مورد آزمایش ، مقدار مدول ذخیره در کل بازه فرکانسی به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از مدول افت بود. مقادیر مدول ذخیره برای تمامی فرمولاسیون‌ها وابستگی اندکی به فرکانس نشان دادند. منحنی‌های مربوط به نمونه شاهد دارای نوسانات شدیدی در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند. این نمونه همچنین در فرکانس‌های بسیار پایین، رفتاری غیریکنواخت از خود نشان داد. بیشترین میزان مدول ذخیره متعلق به نمونه گوار–کاراگینان بود. پس از آن به ترتیب نمونه‌های شاهد، کاراگینان قرار گرفتند و در نهایت نمونه گوار کمترین مقدار مدول ذخیره را داشت. فاصله بین منحنی‌های مدول ذخیره و مدول افت در نمونه گوار-کاراگینان در بیشترین حالت و در نمونه گوار در کمترین حالت خود بود.

افزایش حجم

مقایسه میانگین افزایش حجم نمونه‌ها در جدول ۲ آورده شده است. مقادیر افزایش حجم تمامی نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0/05$). طبق نتایج، بیشترین افزایش حجم متعلق به نمونه گوار–کاراگینان بود و نمونه شاهد کمترین میزان آن را دارا بود. میزان افزایش حجم نمونه کاپا–کاراگینان نسبت به نمونه گوار بیشتر بود.

ارزیابی حسی

جدول و نمودار عنکبوتی حاصل از نتایج ارزیابی حسی به‌ترتیب در جدول ۳ و شکل ۲ آورده شده است. نتایج آزمون آماری نشان داد تمامی نمونه‌ها در پارامترهای بافت و پذیرش کلی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0/05$). در صورتی که نمونه‌های گوار با گوار–کاراگینان در طعم و نمونه‌های گوار و کاپا–کاراگینان در رنگ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند ($p>0/05$). نمونه گوار–کاراگینان از نظر بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی امتیاز بالاتری نسبت به نمونه‌های دیگر گرفت.

جدول ۳ . مقایسه ویژگی‌های حسی نمونه های مینارین حاوی صمغ

نمونه	بافت	طعم	رنگ	پذیرش کلی
گوار	۳/۵۰±۰/۸۳ b	۵۰/۴±۰/۳۷ a	۳/۶۰±۰/۶۶ b	۴/۰۰±۰/۶۹ b
کاپا-کاراگینان	۸/۱±۰/۹۵ c	۳۰/۶±۸/۲ b	۳/۶±۰/۵۲ b	۲/۹۰±۰/۶۷ c
گوار-کاراگینان	۶/۴±۰/۷۷ a	۳/۷۰±۰/۳۴ a	۴/۶±۰/۶۸ a	۴/۷۰±۰/۷۵ a



شکل ۲ نمودار عنکبوتی ویژگی‌های حسی نمونه های مینارین

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

• بحث

ویژگی‌های بافتی (استحکام و قوام)

بافت یکی از ویژگی‌های حسی کلیدی در ارزیابی پذیرش محصولات غذایی محسوب می‌شود و حذف جزئی یا کامل چربی در فرمولاسیون خامه می‌تواند منجر به افت کیفیت آن شود (۴). نتایج آزمون اکستروژن معکوس نشان‌دهنده آن بود که استفاده از ترکیب دوگانه صمغ گوار و کاراگینان منجر به ایجاد ساختاری با استحکام و قوام بالاتر نسبت به هر یک از این صمغ‌ها به‌تنهایی می‌شود. در میان نمونه‌های با صمغ منفرد، استحکام و قوام کاپا–کاراگینان بالاتر از گوار بود. مطالعه Han و همکاران (۲۰۲۴) نیز با این مطالعه همسو بود. در این مطالعه، تأثیر منفرد و ترکیب دوتایی صمغ‌های گوار، زانتان، کربوکسی‌متیل‌سلولز و ژلان بر خامه بدون چربی بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از هر صمغ به‌تنهایی توانایی حفظ شکل خامه و ایجاد استحکام کافی را ندارد (۱۹). همچنین یافته‌های این بخش با نتایج گزارش‌شده توسط Wang و همکاران (۲۰۲۲) در خصوص بهبود ویژگی‌های بافتی در حضور سیستم‌های ترکیبی گالاکتومانان–کاراگینان هم‌خوانی دارد (۲۰). آن‌ها دریافتند که شبکه ایجادشده با به‌دام‌انداختن فاز آبی و تثبیت گویچه‌های چربی، استحکام محصول را افزایش می‌دهد (۲۰). علاوه بر آن، Spena و همکاران (۲۰۲۴) دریافتند که ترکیب صمغ لوبیای خرنوب و کاپا–کاراگینان موجب بهبود قدرت ژل می‌شود و رفتار مکانیکی بهینه‌تری را از خود نشان می‌دهند (۲۱). همچنین، نتایج این مطالعه با یافته‌های Sandolo و همکاران (۲۰۰۹) نیز همسو می‌باشد (۲۲). این مطالعه بیان کرد که صمغ گوار در غیاب عوامل شبکه‌ساز، صرفاً رفتاری مشابه یک محلول ویسکوز دارد و فاقد توانایی تشکیل شبکه ژلی مستقل می‌باشد. بنابراین، در سیستم مینارین، حضور این صمغ نه‌تنها به استحکام کمک نکرده، بلکه منجر به کاهش پارامترهای بافتی نسبت به نمونه‌های دیگر گردیده است (۲۲). در صورتی که نتایج مطالعه Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که افزایش غلظت کاراگینان منجر به افزایش استحکام بافتی می‌شود (۱۷).

ویژگی‌های رئولوژیکی (رفتار جریان و خواص ویسکوالاستیک)

پارامتر های حاصل از آزمون نرخ برشی کنترل شده که بر مینارین هم نزده انجام شدند نشان دهنده رفتار آن حین همزدن و همچنین قدرت هوادهی بوده در صورتی که پارامتر های آزمون نوسانی که بر مینارین هم زده انجام شدند، نشان دهنده استحکام بافت و رفتار آن در طی نگهداری پس از هم زدن می باشد (۲۳). در میان نمونه های حاوی صمغ،

پارامترهای حاصل از آزمون نرخ برشی کنترل‌شده که بر مینارین هم‌نزده انجام شدند، نشان‌دهنده رفتار آن حین هم‌زدن و همچنین قدرت هوادهی بوده، در صورتی که پارامترهای آزمون نوسانی که بر مینارین هم‌زده انجام شدند، نشان‌دهنده استحکام بافت و رفتار آن در طی نگهداری پس از هم‌زدن می‌باشد (۲۳). در میان نمونه‌های حاوی صمغ، بیشترین ضریب قوام مربوط به نمونه حاوی صمغ گوار بود. به دلیل توانایی جذب آب توسط این صمغ، مقاومت به نیروهای برشی افزایش می‌یابد. Rezvani و همکاران (۲۰۲۰)، کمترین ضریب قوام مربوط به نمونه کاپا–کاراگینان بود. صمغ کاپا–کاراگینان در مطالعه Farahmandfarو همکاران (۲۰۱۹) نیز در مقایسه با صمغ‌های بالنگو و دانه مریم‌گلی کمترین ضریب قوام را داشت (۱۷). مدول ذخیره در انتهای ناحیه خطی ویسکوالاستیک (G'_{LVR}) نشان‌دهنده استحکام ساختاری می‌باشد (۱۶). نمونه گوار–کاراگینان دارای بیشترین میزان مدول ذخیره بود. این مطالعه نشان داد که استحکام بافتی و مدول ذخیره با یکدیگر همسو می‌باشند. نتایج این پژوهش وجود تضاد معناداری میان پارامترهای جریان و شاخص‌های ویسکوالاستیک را در حضور صمغ‌های مختلف آشکار ساخت. نمونه حاوی صمغ گوار به‌تنهایی، علی‌رغم برخورداری از ضریب قوام بالا پیش از هم‌زدن، کمترین مقدار مدول ذخیره پس از هم‌زدن را نشان داد. این تضاد رئولوژیکی را می‌توان با استناد به یافته‌های Sandoloو همکاران (۲۰۰۹) تبیین کرد، به‌طوری که صمغ گوار به دلیل وزن مولکولی بالا و حجم هیدرودینامیکی گسترده، موجب افزایش اصطکاک داخلی و ویسکوزیته می‌شود، اما به‌سبب ماهیت غیریونی و ساختار شاخه‌دار، فاقد توانایی تشکیل شبکه ژلی الاستیک و پایدار است (۲۲). در مقابل، نمونه حاوی کاپا–کاراگینان اگرچه ضریب قوام کمتری نسبت به گوار نشان داد، اما مدول ذخیره بالاتری داشت که بیانگر ایجاد ساختاری با الاستیسیته بیشتر و توانایی بیشتر برای تشکیل شبکه با استحکام بالا می‌باشد (۱۳). Necas و همکاران (۲۰۱۳) نیز دریافتند که دسرهای لبنی حاوی کاپا–کاراگینان دارای ساختار شکننده بوده و با وجود استحکام بالا، مقاومت به جریان پایینی دارند (۲۵). تمامی نمونه‌ها از خود رفتار رقیق‌شوندگی با برش نشان دادند، به‌گونه‌ای که با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافت. این رفتار که از ویژگی‌های رایج هیدروکلوئیدهای غذایی در سیستم‌های امولسیونی به شمار می‌رود، ناشی از جهت‌گیری زنجیره‌های پلیمری در راستای جریان و تخریب تدریجی شبکه در اثر اعمال تنش برشی است

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

(۱۲). Liu و همکاران (۲۰۲۴)، از مخلوط صمغ خردل زرد و صمغ شنبلیله که مانند گوار نوعی گالاکتومانان می‌باشد، به‌عنوان جایگزین چربی در خامه غیرلبنی استفاده کردند. همانند مطالعه حاضر، رفتار رقیق‌شوندگی با برش در نمونه‌های خامه غیرلبنی مشاهده شد (۲۶). غلبه مدول ذخیره بر مدول افت در کل بازه فرکانسی مورد بررسی، بیانگر غالب بودن خواص الاستیک و تشکیل ساختاری جامد-مانند در تمامی نمونه‌ها می‌باشد (۱۳). بیشترین مقدار مدول ذخیره و بالاترین پایداری ساختاری در نمونه حاوی ترکیب گوار–کاراگینان مشاهده شد.

Biglarianو همکاران (۲۰۲۱) نیز دریافتند که افزودن صمغ‌های دانه ریحان و کاپا–کاراگینان به خامه منجر به ایجاد ساختار جامد-مانند شده و میزان مدول ذخیره به دلیل ایجاد شبکه‌ای محکم‌تر افزایش می‌یابد (۱۶). علاوه بر آن مطابق گزارش Pinheiro و همکاران (۲۰۱۱)، حضور گالاکتومانان‌هایی نظیر صمغ گوار در کنار کاراگینان، منجر به تقویت شبکه ویسکوالاستیک سیستم می‌شود (۱۲). بر اساس مطالعه حاضر، این برهم‌کنش هم‌افزا نه‌تنها ویسکوزیته فاز پیوسته را حفظ می‌کند، بلکه با تشکیل یک شبکه پلیمری مستحکم، توانایی سیستم در ذخیره انرژی مکانیکی را به حداکثر می‌رساند. در بررسی رفتار جریان، کمترین مقدار شاخص جریان در نمونه شاهد مشاهده شد که نشان‌دهنده حساسیت بالای شبکه چربی–پروتئین در عدم حضور صمغ‌ها به تنش برشی است. پایین بودن شاخص جریان در نمونه شاهد را می‌توان به ماهیت شبکه چربی–پروتئین نسبت داد که در اثر اعمال تنش برشی به‌سرعت دچار فروپاشی ساختاری می‌شود، در حالی که حضور صمغ‌ها در نمونه‌های حاوی صمغ گوار و ترکیب گوار–کاراگینان، مقاومت سیستم را در برابر تغییر شکل ناشی از برش افزایش داده و رفتار جریان را به حالت نیوتنی نزدیک‌تر کرده است.

افزایش حجم

افزایش حجم شاخصی از ظرفیت هوادهی یا درصد گاز موجود در مینارین بوده و یکی از مؤثرترین پارامترها بر ویژگی‌های بافتی و پایداری کف محسوب می‌شود (۱۶). علاوه بر آن، وجود تعادل میان پارامترهای افزایش حجم، استحکام و ضریب قوام جهت دستیابی به بافت مناسب ضروری است (۲۴). همچنین بیشترین سفتی و پایداری فوم زمانی حاصل می‌شود که افزایش حجم در بالاترین مقدار خود قرار داشته باشد (۲۴). بر طبق نتایج به‌دست‌آمده، میزان افزایش حجم با پارامتر ضریب قوام رابطه معکوس دارد. نمونه گوار دارای بیشترین ضریب قوام و کمترین درصد افزایش حجم بود. نتایج مطالعه Han و همکاران (۲۰۲۴) نیز نشان داد که افزودن صمغ گوار به خامه بدون چربی منجر به کاهش افزایش حجم آن می‌شود (۱۹). این پدیده نشان‌دهنده این است که افزایش بیش از حد ویسکوزیته، به دلیل مقاومت به نیروهای برشی حین هم‌زدن، منجر به کاهش هوادهی در مینارین شده و در نتیجه میزان افزایش حجم کاهش می‌یابد. Farahmanfar و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که دلیل کاهش هوادهی، افزایش ویسکوزیته فاز آبی می‌باشد (۱۷). Rezvani و همکاران نیز بیان کردند که افزودن صمغ لوبیای خرنوب به خامه با چربی کاهش‌یافته منجر به افزایش زمان هم‌زدن، مقاومت به تنش و در نتیجه کاهش افزایش حجم می‌شود (۲۴). در میان نمونه‌ها، بیشترین افزایش حجم متعلق به نمونه گوار–کاراگینان بوده که نشان‌دهنده این است که ترکیب این دو صمغ توانسته با وجود مقدار مناسبی از افزایش حجم، استحکام بافتی و مدول ذخیره بالایی داشته باشد. این نتیجه نشان داد که میزان افزایش حجم با میزان افزایش مدول ذخیره و استحکام بافت همسو می‌باشد.

ارزیابی حسی

نمونه گوار–کاراگینان در تمامی پارامترهای بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی دارای بیشترین امتیاز نسبت به نمونه‌های گوار و کاپا–کاراگینان به‌تنهایی بود. از لحاظ بافت و طعم، نمونه کاپا–کاراگینان کمترین امتیاز را دریافت کرد که می‌تواند به دلیل آب‌اندازی ناشی از ویسکوزیته پایین آن باشد. از نظر رنگ، نمونه‌های گوار و کاپا–کاراگینان اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و امتیازهای پایین‌تری نسبت به نمونه گوار–کاراگینان دریافت کردند. دلیل این پدیده می‌تواند میزان پایین افزایش حجم آن‌ها باشد که بر میزان سفیدی رنگ مینارین تأثیرگذار است (۱۹).

نتیجه گیری

یافته‌های رئولوژیکی وجود تضادی میان پارامترهای جریان و شاخص‌های ویسکوالاستیک را آشکار ساخت؛ به‌طوری‌که صمغ گوار به‌تنهایی، علی‌رغم ایجاد ضریب قوام بالا، به دلیل ماهیت غیرشبکه‌ساز، کمترین میزان مدول ذخیره و استحکام بافتی را داشت. در مقابل، اگرچه کاپا–کاراگینان ضریب قوام کمتری ایجاد کرد، اما شبکه‌ای با الاستیسیته بیشتر نسبت به صمغ گوار به‌وجود آورد. مقادیر افزایش حجم نیز با استحکام بافتی و مدول ذخیره همسو بوده، در حالی‌که رابطه‌ای معکوس با ضریب قوام داشت. برهم‌کنش میان کاراگینان و گوار، ضمن بهبود شاخص جریان و ویسکوزیته، منجر به تشکیل شبکه ویسکوالاستیک قوی با بیشینه مدول ذخیره شد. این هم‌افزایی با جبران فقدان شبکه چربی–پروتئین توانست ویژگی‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

بافتی، شامل استحکام و قوام را افزایش دهد. همچنین از نظر حسی، این نمونه بیشترین پذیرش را در میان نمونه‌ها داشت. مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از ترکیب صمغ‌های گوار–کاراگینان، راهکاری مؤثر جهت بهبود خواص رئولوژیکی و بافتی مینارین با چربی کاهش‌یافته محسوب می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجو (کیانا حسیبی) با عنوان "بررسی اثر ترکیبی صمغ های زانتان، کاپا-کاراگینان و گوآر بر ویژگی های رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خامه همزده منجمد با چربی کاهش یافته" و کد طرح ۴۳۰۱۵۰۱۰ مصوب دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می باشد. لذا از حمایت مالی آن مؤسسه در اجرای این مطالعه سپاسگزاری می شود. همچنین از شرکت بهینه وزین جهت حمایت هایشان قدردانی می شود.

• References

1. Allen KE, Murray BS, Dickinson E. Whipped cream-like textured systems based on acidified caseinate-stabilized oil-in-water emulsions. International Dairy Journal. 2008;18(10-11):1011-21.
2. Liu P, Huang L, Liu T, Cai Y, Zeng D, Zhou F, et al. Whipping properties and stability of whipping cream: The impact of fatty acid composition and crystallization properties. Food Chemistry. 2021;347:128997.
3. Abd El Aziz M, Nasr W, Abo El Enien K. Physicochemical Properties of Functional Low-Fat Whipped Cream with Oats. Journal of Food and Dairy Sciences. 2016;7(12):517-20.
4. Ghribi AM, Zouari M, Attia H, Besbes S. Study of protein/k-carrageenan mixture's effect on low-fat whipping cream formulation. Lwt. 2021;147:111647.
5. Lin Y, Roos YH, Miao S. Transglutaminase crosslinked fish gelatin emulsion gels: Structure, rheology behaviors, and delivery functionality. Food Hydrocolloids. 2025;162:111001.
6. Plasencia L, Brdlík P, Montanes N, Gomez-Caturla J, Quiles-Carrillo L. Innovative development of injection-molded biodegradable zein blends with xanthan gum. Industrial Crops and Products. 2025;225:120475.
7. Chen Y, Cai Y, Di Z, Zhao M, Zhao Q. Improving quality characteristics of whipped cream based on novel additives: A review of current status, challenges, and strategies. Food and Bioprocess Technology. 2025;18(1):55-81.
8. Czapalay E, Marangoni A. Functional properties of oleogels and emulsion gels as adipose tissue mimetics. Trends in Food Science & Technology. 2024;153:104753.
9. Nieto MB, Akins M. Hydrocolloids in bakery fillings. Hydrocolloids in food processing. 2010:67-107.
10. Li H, Xing R, Wang Z, Li G. Advancements in xanthan gum-based film and coating for food packaging. Carbohydrate Polymers. 2025:123409.
11. Berton SB, de Jesus GA, Sabino RM, Monteiro JP, Venter SA, Bruschi ML, et al. Properties of a commercial κ-carrageenan food ingredient and its durable superabsorbent hydrogels. Carbohydrate research. 2020;487:107883.
12. Pinheiro A, Bourbon A, Rocha C, Ribeiro C, Maia J, Gonçalves M, et al. Rheological characterization of κ-carrageenan/galactomannan and xanthan/galactomannan gels: Comparison of galactomannans from non-traditional sources with conventional galactomannans. Carbohydrate Polymers. 2011;83(2):392-9.
13. Russo Spena S, Grizzuti N. κ-Carrageenan and Its Synergistic Blends: Next-Generation Food Gels. Gels. 2025;11(12):976.
14. Xu H, Yang L, Xie P, Zhou Q, Chen Y, Karrar E, et al. Static stability of partially crystalline emulsions: Impacts of carrageenan and its blends with xanthan gum and/or guar gum. International Journal of Biological Macromolecules. 2022;223:307-15.
15. Wang Y, Hartel RW, Zhang L. The stability of aerated emulsions: Effects of emulsifier synergy on partial coalescence and crystallization of milk fat. Journal of Food Engineering. 2021;291:110257.
16. Biglarian N, Rafe A, Shahidi SA. Effect of basil seed gum and κ- carrageenan on the rheological, textural, and structural properties of whipped cream. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2021;101(14):5851-60.
17. Farahmandfar R, Asnaashari M, Taheri A, Rad TK. Flow behavior, viscoelastic, textural and foaming characterization of whipped cream: Influence of Lallemantia royleana seed, Salvia macrosiphon seed and carrageenan gums. International journal of biological macromolecules. 2019;121:609-15.
18. Wang J, Liu Z, Zheng Y, Hong Q, Wang Q, Xu X. Synergistic effects of microcrystalline cellulose and xanthan gum on the stability of milk fat-based UHT whipping cream. Lwt. 2023;184:114966.
19. Han Y, Zhu L, Zhang H, Wu G. Fabrication and characterization of non-fat whipped cream analogue: Effects of type and concentration of polysaccharide. International Journal of Biological Macromolecules. 2024;276:133819.
20. Wang X, Goff HD, Cui SW. Comparison of synergistic interactions of yellow mustard gum with locust bean gum or κ-carrageenan. Food Hydrocolloids. 2022;132:107804.
21. Russo Spena S, Pasquino R, Grizzuti N. K-carrageenan/locust bean gum gels for food applications—A critical study on potential alternatives to animal-based gelatin. Foods. 2024;13(16):2575.
22. Sandolo C, Matricardi P, Alhaique F, Coviello T. Effect of temperature and cross-linking density on rheology of chemical cross-linked guar gum at the gel point. Food hydrocolloids. 2009;23(1):210-20.
23. Wu S, Wang C, Liu C, He Q, Zhang Z, Ma T. Synergistic effects of xanthan gum and β-cyclodextrin on properties and stability of vegetable oil-based whipped cream. International Journal of Biological Macromolecules. 2024;279:135379.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

24. Rezvani F, Abbasi H, Nourani M. Effects of protein–polysaccharide interactions on the physical and textural characteristics of low- fat whipped cream. Journal of Food Processing and Preservation. 2020;44(10):e14743.

25. Necas J, Bartosikova L. Carrageenan: a review. Veterinarni medicina. 2013;58(4):187-205.

26. Liu R, Wang X, Goff HD, Cui SW. Application of yellow mustard gum-fenugreek mixed gum in preparation of non-dairy fat whipping cream. International Journal of Food Science and Technology. 2024;59(12):8998-9008.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

Effects of κ-Carrageenan and Guar Gum on the Rheological and Textural Properties of Reduced-Fat Minarine

Hasibi K[1], Nayebzadeh K[2], Hosseini M[3], Razaghi S[1], Mofid V[4], Zarekar S[5]*

1- MSc Student of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*2- *Corresponding author: Prof, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: Knayebz@sbmu.ac.ir*

3- Prof, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Assistant Prof, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5- R&D Department, Behineh Wazin Company, Hashtgerd, Iran

Received 7 Feb, 2026 **Accepted 23 Apr, 2026**

Background and Objectives: Reducing fat content in products such as minarine leads to the weakening of the fat–protein network and the deterioration of rheological and textural properties. The aim of this study was to evaluate the potential for fat replacement through the individual and combined effects of κ-carrageenan and guar gum on the rheological and textural characteristics of reduced-fat minarine.

Materials and Methods: In this study, a control sample without gums and gum-containing samples with different guar-to-carrageenan ratios of (0:0.4), (0.2:0.2), and (0.4:0)% were produced with a 24% fat content. A back-extrusion test was used to evaluate textural parameters, while strain-sweep and frequency-sweep tests were conducted to determine flow behavior and viscoelastic properties. Overrun test was used to show the structure's ability to retain air, and sensory evaluation was performed to determine the best sample in terms of sensory properties. Statistical analysis was performed using SPSS software.

Results: All samples exhibited shear-thinning behavior and solid-like viscoelastic properties ($G' > G''$). Guar gum alone, despite producing the highest consistency index among the gum-containing samples, resulted in the lowest storage modulus and textural strength. In contrast, κ-carrageenan formed a network with higher elasticity and strength, despite its lower consistency index. The binary combination of guar gum and κ-carrageenan showed a synergistic effect, leading to the highest values for storage modulus (76000 ± 6840 Pa), firmness (919.18 ± 22.36 g), overrun (55.86 ± 3.11%), and the highest sensory evaluation score.

Conclusion: The results demonstrated that interactions between κ-carrageenan and guar gum formed a strong viscoelastic network with the greatest overrun and the highest sensory evaluation score. Therefore, the combined use of these two gums is recommended as an effective formulation for reduced‑fat minarine.

Keywords: Reduced-fat minarine, Guar gum, κ-carrageenan, Rheological properties, Textural properties

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]