مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پنجم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۱۲-۱

تأثیر برخی هیدروکلوئیدها بر پایداری فیزیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر-آب‌پرتقال

سودابه محمدی[۱]، سلیمان عباسی[۲]، زهره حمیدی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس پست الکترونیکی: sabbasifood@modares.ac.ir
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: دوفاز شدن یکی از مشکلات عمده در مخلوط شیر- آب‌میوه‌های اسیدی است که به‌دلیل pH پایین و رسوب پروتئین‌های کازئینی اتفاق می‌افتد. بنابراین، در بررسی حاضر تأثیر انواع صمغ‌های تجاری و بومی بر پایداری فیزیکی، برخی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر- آب‌پرتقال ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها: تأثیر غلظت‌های مختلف پکتین، صمغ لوبیای خرنوب، گوار، کتیرا و صمغ فارسی در طی ۳۰ روز ارزیابی شد. در ضمن، به‌منظور بررسی سازوکارهای موثر بر پایدارسازی، ویژگی‌های رئولوژیکی (نوع رفتار جریان و آزمون‌های نوسانی)، مقادیر پتانسیل زتا و مشاهدات ریزساختاری نمونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نهایتاً نمونه‌های پایدارشده از لحاظ ویژگی‌های چشایی مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که پکتین، صمغ لوبیای خرنوب، گوار، کتیرا و صمغ فارسی، به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵، ۰/۵، ۰/۴، ۰/۳ و ۲/۲ درصد تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی، به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۱۷۵ و ۱ درصد به‌مدت ۳۰ روز از دوفاز شدن جلوگیری کردند. هم‌چنین، تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی به‌صورت ترکیبی، در غلظت‌های ۰/۳۷ و ۰/۵۳ درصد و نسبت‌های ۸۱: ۱۹ و ۹۶: ۴ سبب پایداری شد. مناسب‌ترین مدل برای نمونه شاهد و نمونه دارای پکتین به‌ترتیب مدل بینگهام و هرشل– بالکلی و برای سایر نمونه‌ها مدل قانون توان شناخته شد. نمونه دارای ترکیب تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی (۰/۵۳ درصد) از لحاظ حسی مطلوبیت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت ($p<۰/۰۱$).

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های این بررسی، بخش محلول کتیرا و صمغ فارسی، در زمره هیدروکلوئیدهای آنیونی هستند که جذب سطح کازئین‌ها می‌شوند و از طریق دافعه فضایی و الکترواستاتیک از تجمع ذرات کازئین جلوگیری می‌کنند؛ در ضمن، بخش نامحلول آنها با افزایش گرانروی فاز پیوسته، ایجاد شبکه و در برگرفتن ذرات، موجب پایداری می‌شود.

واژگان کلیدی: شیر، آب‌پرتقال، پایدارسازی، هیدروکلوئید، کتیرا، صمغ فارسی، رئولوژی

• مقدمه

امروزه به کمک انواع سازوکارهای طبیعی اما پیچیده، انواع مواد غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا، خوش‌طعم و با قابلیت نگهداری طولانی در بسیاری از نقاط جهان تولید می‌شوند. از جمله این مواد غذایی، نوشیدنی‌هایی بر پایه شیر هستند که انواع شیر طعم‌دار و نوشیدنی‌های شیری اسیدی را در برمی‌گیرند (۱). اساساً، نوشیدنی‌های شیری اسیدی به دو دسته نوشیدنی‌های اسیدی تخمیری و نوشیدنی‌های اسیدی‌شده به‌صورت مستقیم، تقسیم می‌شوند. این نوشیدنی‌ها را می‌توان به‌صورت سامانه‌های مایع پروتئینی اسیدی‌شده با پایداری و گرانروی مشابه شیر طبیعی توصیف کرد که معمولا از یک فاز اسیدی لبنی (پایه تخمیری) یا پایه طبیعی (شیر، شیر سویا و...) به‌همراه یک محیط اسیدی (قطعات میوه، پالپ میوه، کنسانتره یا آب‌میوه تازه و...) تشکیل شده‌اند که می‌توانند حاوی مواد طعم‌دهنده، شکر و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

پایدارکننده نیز باشند (۳، ۲). اصولاً pH نوشیدنی‌های گروه اول و دوم به‌ترتیب به‌دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی و حضور تکه‌های میوه‌ها، آب‌میوه‌ها، کنسانتره آب‌میوه و یا اسیدهای خوراکی مثل اسیدسیتریک، فرمیک، پروپیونیک و ... در محدوده اسیدی (۳/۴ تا ۴/۶) است (۴). این شرایط سبب می‌شود تا پروتئین‌های کازئینی شیر، پایداری فیزیکی شیمیایی طبیعی خود را از دست بدهند و از لحاظ ظاهری و حسی، مطلوبیت چندانی برای مصرف‌کننده نداشته باشند (۷-۵). از طرف دیگر، امروزه افزایش سطح آگاهی تغذیه‌ای مردم سبب شده است تا علاقه آنها برای خرید غذاهای فراسودمند با ویژگی‌های خاص و سلامتی‌بخش به‌ویژه نوشیدنی‌های جدید بر پایه مخلوط شیر-آب‌میوه، افزایش یابد که این مسئله سبب افزایش تقاضا برای این نوع نوشیدنی‌ها و در نتیجه تمرکز بازار تولید در جهت تهیه و تولید این محصولات شده است (۸). هم‌چنین، امروزه با توجه به اهیمت مسائل مربوط به اقتصادی بودن تولید، به‌ویژه کوتاه کردن زمان تولید، صنعتگران برای تهیه سریع‌تر و به‌صرفه‌تر و نیز جلوگیری از مشکلات ناشی از استفاده کشت‌های باکتریایی (فعالیت متغیر و ناهمگن، ناخالص بودن کشت‌های باکتریایی و حضور انواع مختلف باکتری‌ها در کشت) از روش‌های اسیدی کردن مستقیم توسط اسیدهای خوراکی یا آب‌میوه‌ها استفاده می‌کنند (۱۰، ۹).

همان‌گونه که اشاره شد یکی از عمده‌ترین مشکلات در تولید نوشیدنی‌های اسیدی شیر، دوفاز شدن آنها در طی تولید و نگهداری است که این مسئله ناشی از گرانروی پایین، pH کم و تأثیر آنها بر ته‌نشین شدن پروتئین‌ها است (۱۱، ۷-۵) اساساً، پایداری میسل‌های کازئین در pH طبیعی شیر، به‌علت قرار گرفتن کاپا-کازئین‌ها در سطح میسل کازئین است که با تشکیل لایه‌ای مویی (Hairy layer) در سطح آنها و سازوکارهای دافعه فضایی و الکترواستاتیک (Steric and Electroestatic repulsion)، مانع نزدیک شدن میسل‌ها به یکدیگر می‌گردند. در صورتی که به هر دلیلی لایه‌های مویی جدا شوند (شکسته شدن توسط آنزیم‌های دلمه‌کننده شیر) و یا متلاشی گردند (از دست دادن بار خالص موثر با کاهش pH ، افزایش قدرت یونی و کاهش قابلیت انحلال)، ناپایداری در میسل‌های کازئین رخ می‌دهد. زیرا در اثر اسیدی شدن محیط، فسفات کلسیم به‌تدریج از میسل خارج شده، بار الکتریکی منفی میسل کاهش می‌یابد و میسل کازئین متلاشی می‌شود (۱۲، ۳).

امروزه، اغلب پژوهشگران افزودن پایدارکننده‌ها یا ترکیبات هیدروکلوئیدی را به‌عنوان راه‌حلی عملی برای جلوگیری از دوفاز شدن نوشیدنی‌های اسیدی شیر توصیه می‌کنند (۱۳). تاکنون، پژوهش‌های مختلفی در زمینه استفاده از پکتین به منظور پایدارسازی نوشیدنی‌های اسیدی شیر و بررسی سازوکار مؤثر در پایدارسازی انجام گرفته است (۱۴، ۱۱). هم‌چنین، بسیاری از پژوهشگران برای پایدارسازی نوشیدنی‌های اسیدی با پایه شیری از هیدروکلوئیدها استفاده کرده‌اند (۱۵، ۱۳، ۱۱، ۶). از آنجایی که در پژوهش حاضر، تأثیر استفاده از صمغ فارسی در ایجاد پایداری فیزیکی مورد مطالعه قرار گرفته است، لذا در ادامه مختصری از معرفی صمغ فارسی ارائه می‌شود.

صمغ فارسی، صمغی است شفاف حاصل از درخت ارژن (بادام کوهی) از خانواده گلسرخیان (Rosaceae) (۱۶) که در زبان فارسی آن را صمغ فارسی، زدو، زد، ازو، ازدو، جدو، انگوم، و یا صمغ قراصیا و در زبان انگلیسی و فرانسوی به ترتیب gum zed و Gomme notras می‌نامند. این صمغ به‌علت دارا بودن ترکیبات شیمیایی متفاوت رنگ‌های مختلفی دارد. صمغ فارسی همانند سایر صمغ‌ها در آب، محلول‌هایی چسبنده و گرانرو تولید می‌کند و دارای کاربردهای دارویی، صنعتی و غذایی است (۱۷).

با توجه به بررسی‌های نگارندگان، تاکنون پژوهش‌های محدودی در مورد مخلوط شیر-آب‌میوه اسیدی انجام گرفته است و در اکثر پژوهش‌ها از شیر بازساخته، کم یا بدون چربی یا شیر اسیدی‌شده با فرایند تخمیر استفاده شده و از آب‌میوه تنها به‌عنوان طعم‌دهنده به‌میزان بسیار کم استفاده شده است (۲۰-۱۸، ۱۱، ۹، ۳). لذا در پژوهش حاضر امکان تولید یک فراورده شیری-آب‌میوه‌ای اسیدی که دارای ویژگی‌های مطلوب تغذیه‌ای هر دو فراورده (شیر و آب‌میوه) باشد و مطلوبیت بالایی برای اغلب افراد به‌ویژه کودکان داشته باشد، مورد مطالعه قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد: هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در این پژوهش نظیر پکتین با درجه متوکسیل بالا (Pectin 150 USA-SAG Genu®type D slow set) و صمغ لوبیای خرنوب (Genu® Gum type RL-200)، از شرکت CP Kelco کشور دانمارک و صمغ گوار از شرکت آریا شیرین‌نوش تحت لیسانس Caremoil ایتالیا (200 mesh, 6000-6500 cps)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

تهیه شدند. کتیرای نواری و صمغ فارسی به‌ترتیب از فروشگاه‌های عطاری سنتی تهران و شیراز، پودر سوکرالوز (SPLENDA®, Micronized Powder) از شرکت TALE & LAYLE کشور آمریکا، سایر مواد شیمیایی با خلوص بالا از شرکت مواد شیمیایی مرک ، و کنسانتره آب‌پرتقال از شرکت آب‌میوه و کنسانتره ترنج (تنکابن- مازندران) خریداری شد. شیر پاستوریزه و هموژنیزه کم‌چرب (۱٪) و پرچرب (۳٪) نیز از فروشگاه‌های محلی تهیه شدند.

تأثیر نوع شیر بر تهیه مخلوط شیر-آب‌پرتقال: برای بررسی میزان دوفاز شدن نوشیدنی اسیدی شیر- آب‌پرتقال با استفاده از شیر کم‌چرب (۱٪) یا پرچرب (۳٪)، ۱۲ گرم کنسانتره آب‌پرتقال با بریکس ۵۰ (اختلاط کنسانتره آب‌پرتقال با بریکس ۶۳ به‌میزان مورد نیار با آب مقطر) پس از اختلاط با ۳۲ گرم آب به ۵۶ گرم شیر در حال هم‌زدن اضافه شد. سپس نمونه‌ها جهت بررسی میزان دوفاز شدن به لوله‌های آزمایش منتقل و به‌مدت یک ماه در دمای یخچال نگهداری شدند. میزان pH پایانی تمامی مخلوط‌ها ۴/۰۰±۰/۰۵۰ بود.

تعیین ترتیب افزودن هیدروکلوئید و کنسانتره آب‌پرتقال برای تهیه مخلوط شیر-آب‌پرتقال: در روش نخست، پس از افزودن کنسانتره آب‌پرتقال به شیر و اختلاط کامل آنها، محلول هیدروکلوئیدی در غلظت مورد نظر و به آرامی به مخلوط شیر- آب‌پرتقال در حال هم‌زدن اضافه شد. در روش دوم، پس از اختلاط شیر و محلول هیدروکلوئیدی، کنسانتره آب‌پرتقال به سامانه افزوده شد.

جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی و کتیرا: بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی (عبور داده‌شده از الک با مش ۶۰) توسط سانتریفیوژ جداسازی و سپس سهم هر کدام دقیقاً اندازه‌گیری شد. به‌منظور جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول کتیرا، از روش ذکر شده در پژوهش آذری‌کیا و همکاران استفاده شد (۲۱).

روش تهیه مخلوط شیر-آب‌پرتقال حاوی صمغ‌ها به‌صورت تکی و ترکیبی: صمغ لوبیای خرنوب، پکتین با درجه متوکسیل بالا و باسورین در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد، گوار در غلظت ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد، کتیرا در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد و صمغ فارسی در غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲/۲ درصد، تراگاکانتین در غلظت‌های ۰/۱۲۵، ۰/۱۵۰ و ۰/۱۷۵ درصد، بخش محلول صمغ فارسی در غلظت‌های ۰/۸، ۰/۹ و ۱ درصد به‌صورت تکی و همچنین، ترکیب دوتایی تراگاکانتین: بخش محلول صمغ فارسی در غلظت‌های ۰/۵۳ و ۰/۳۷ درصد به‌ترتیب با نسبت‌های ۶ :۹۴ و ۱۹ :۸۱ مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اثر ترکیبی صمغ‌ها، از ترکیب دوتایی بخش محلول صمغ فارسی: تراگاکانتین در غلظت‌های ۰/۷۷ (۹۱:۹)، ۰/۷۵ (۹۳:۷)، ۰/۷۳ (۹۶:۴)، ۰/۵۷ (۸۸:۱۲)، ۰/۵۵ (۹۱:۹)، ۰/۵۳ (۹۶:۴)، ۰/۳۷ (۸۱:۱۹)، ۰/۳۵ (۸۶:۱۴) و ۰/۳۳ (۹۱:۹) درصد استفاده شد.

برای تهیه مخلوط شیر- آب‌پرتقال مقدار مشخصی از محلول هیدروکلوئید تهیه شده به‌تدریج و حین هم‌زدن به شیر (۵۶ درصد وزن مخلوط نهایی) اضافه شد. پس از حدود ۲۰ دقیقه هم‌زدن توسط همزن مغناطیسی، کنسانتره آب‌پرتقال (۱۲ درصد وزن مخلوط نهایی) با بریکس ۵۰، به‌آرامی و در حین هم‌زدن به مخلوط شیر و پایدارکننده افزوده شد. سپس در نمونه‌هایی که فرایند حرارتی در آنها انجام نشده بود، مقدار ۰/۰۴ درصد سدیم آزید جهت جلوگیری از آلودگی میکروبی اضافه شد. میزان pH پایانی تمامی مخلوط‌ها ۴/۰۰±۰/۰۵۰ بود.

اندازه‌گیری میزان دوفاز شدن مخلوط شیر-آب‌پرتقال: برای بررسی میزان دوفاز شدن، درصد حجمی هر فاز پس از گذشت ۳۰ روز نگهداری در یخچال گزارش شد (۲۲، ۲۱، ۱۱).

تأثیر تیمار حرارتی بر میزان دوفاز شدن نمونه‌های پایدارشده توسط هیدروکلوئیدهای مختلف: نمونه‌ها پس از آماده شدن به روش‌های گفته شده در بن‌ماری تا دمای مورد نظر حرارت داده شدند. پس از رسیدن دمای مرکز نمونه به دمای مورد نظر، نمونه‌ها حداقل ۱۰ و حداکثر ۹۰ ثانیه در آن دما (۷۲، ۸۰ و ۹۲ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. سپس بلافاصله توسط مخلوط آب و یخ خنک شدند.

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های رئولوژیکی: برخی ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط شیر-آب‌پرتقال، یک روز پس از تهیه، در دمای ۱۰±۰/۲ توسط دستگاه رئومتر Anton Paar Physica (مدل MCR 300، ساخت کشور اتریش) مجهز به ژئومتری استوانه‌های هم‌مرکز (Concentric cylinder geometry, CC27) مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت. برای این منظور، ارتباط تنش برشی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

و گرانروی به‌صورت تابعی از سرعت برشی برای تعیین نوع رفتار جریانی نمونه‌ها در یک فاصله زمانی ۲۰ دقیقه، در ۱۰ دقیقه اول روند افزایشی و ۱۰ دقیقه دوم روند کاهشی (سرعت برشی از s^{-1} ۰/۱ تا ۶۰۰ سپس از s^{-1} ۶۰۰ تا ۰/۱) اندازه‌گیری شد. در ضمن، گرانروی ظاهری به‌دست آمده از منحنی بالارونده در سرعت برشی s^{-1} ۵۱/۲، به‌عنوان گرانروی ظاهری نمونه‌ها گزارش شد. به‌علاوه، میزان برازش داده‌های به‌دست آمده از آزمون‌های عملی (در محدوده سرعت برشی s^{-1} ۰/۱ تا ۶۰۰) با مدل‌های نیوتنی (Newtonian)، قانون توان (Power law)، بینگهام (Bingham)، هرشل–بالکلی (Herschel-Bulkley)، کاسون (Casson) و سیسکو (Sisco) مورد بررسی قرار گرفت (۲۵، ۲۱).

اندازه‌گیری پتانسیل زتا: به‌منظور تعیین پتانسیل زتای مخلوط شیر– آب‌پرتقال از دستگاه زتاسایزر (Nano– ZS ساخت شرکت Malvern کشور انگلستان) استفاده شد. نمونه‌ها با آب دیونیزه ۱۰۰ برابر رقیق شدند (۲۵، ۲۱).

بررسی‌های میکروسکوپی: به‌منظور بررسی ریزساختار مخلوط شیر-آب‌پرتقال و تهیه عکس‌های میکروسکوپی از میکروسکوپ نوری Nikon (مدل E1000) مجهز به دوربین دیجیتالی Nikon (مدل DXM 1200) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. جهت رقیق‌سازی نمونه‌ها، ۰/۱۵ میلی‌لیتر از نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه مخلوط شد. سپس ۲ میلی‌لیتر محلول رادامین ب (Rhodamine B) ۰/۰۱ درصد (به‌منظور نشان‌دار کردن میسل‌های کازئین) اضافه شد (۲۵، ۲۱).

ارزیابی حسی: برخی ویژگی‌های حسی نمونه‌ها (شامل طعم و مزه، بافت و قوام، بو، احساس دهانی و پذیرش کلی) در چهارچوب آزمون اختلاف چند نمونه‌ای (Multisample diffrence test) سه طبقه (۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب معادل نامطلوب، تاحدودی مطلوب و مطلوب) توسط ۳۶ ارزیاب آموزش‌دیده (در محدوده سنی ۳۷–۲۳ سال) ارزیابی شد (۲۳). به‌منظور بهبود طعم، کاهش یا پوشاندن طعم تلخ نمونه‌ها از یک نوع شیرین‌کننده مصنوعی به نام سوکرالوز (۰/۰۰۲ درصد) استفاده شد. نمونه‌ها یک روز پس از آماده‌سازی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری: برای ارزیابی آماری داده‌ها از نرم‌افزار $SPSS_{16.0}$ استفاده شد. به منظور بررسی اختلاف موجود بین مقادیر میانگین‌ها در آزمون‌های دستگاهی از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و برای نتایج ارزیابی حسی از آزمون Wilcoxon استفاده شد. هم‌چنین، اطلاعات به‌دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL 2007 و MATLAB 7.8.0 (R2009a) به‌منظور تعیین مدل ریاضی مناسب مورد پردازش قرار گرفته و در این راستا از رگرسیون‌های خطی و غیرخطی استفاده شد (۲۵). تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند.

• یافته‌ها

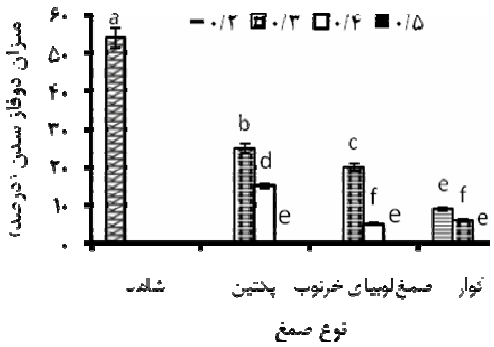
بررسی تأثیر میزان چربی بر میزان دوفاز شدن: پس از یک ماه نگهداری در شرایط یخچال، میانگین دوفاز شدن برای مخلوط‌های تهیه‌شده با شیر کم‌چرب و پرچرب به‌ترتیب ۶۵ و ۵۵ درصد تعیین شد. بررسی‌های آماری با استفاده از روش ANOVA نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین این دو میانگین را تأیید کرد. لذا با توجه به کمتر بودن میزان دوفاز شدن در شیر پرچرب و نیز مفید بودن چربی شیر برای کودکان، این شیر به‌عنوان ماده اولیه برای تهیه مخلوط شیر- آب‌پرتقال در نظر گرفته شد (نتایج نشان داده نشدند).

تأثیر ترتیب افزودن کنسانتره و هیدروکلوئید بر میزان دوفاز شدن: نتایج آزمایش‌ها نشان داد که روش افزودن هیدروکلوئید و سپس اسیدی کردن، دوفاز شدن کمتری نسبت به روش اسیدی کردن و پس از آن افزودن هیدروکلوئید ایجاد می‌کند. در نتیجه حضور هیدروکلوئید قبل از اسیدی شدن سامانه مؤثرتر است (نتایج نشان داده نشدند).

تأثیر تکی پکتین، صمغ لوبیای خرنوب و گوار بر پایداری: شکل ۱ تأثیر پکتین با درجه متوکسیل بالا و صمغ لوبیای خرنوب در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد و گوار در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد (به‌صورت تکی) را بر میزان پایداری مخلوط شیر- آب‌پرتقال نشان می‌دهد. تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار ($p<0/01$) میان نمونه‌ها و نمونه شاهد است. در بررسی حاضر، پکتین در غلظت ۰/۵ درصد سبب پایدارسازی مخلوط تا یک ماه شد. از طرف دیگر، نتایج نشان دادند که صمغ لوبیای خرنوب در غلظت ۰/۵ درصد موجب پایداری کامل نمونه‌ها شد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

نتایج تأثیر صمغ گـوار در غلظـت‌هـای ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد بر میزان پایداری نیز نشان داد کـه بـین نمونـه‌هـا بـا یکدیگر و نمونـه شـاهد اخـتلاف معنـی‌داری وجـود داشـت ($p<$ ۰/۰۱). درضـمن، بـا افـزایش غلظـت صـمغ تغییـر معنی‌داری روی پایداری نمونه‌ها مشاهده شد، به‌نحـوی کـه با افزایش غلظت صمغ، میزان پایداری افزایش یافت. احتمالاً دلیل اصلی پایداری با افزایش غلظت صمغ، همان‌طور که در مورد صمغ لوبیای خرنوب هم اشاره شد، مربوط بـه افـزایش گرانروی است. همان‌طور که دیده مـی‌شـود در غلظـت‌هـای پایین‌تر گوار (۰/۳ درصد) نیز نمونه‌ها به‌مدت ده روز پایـدار بودند.

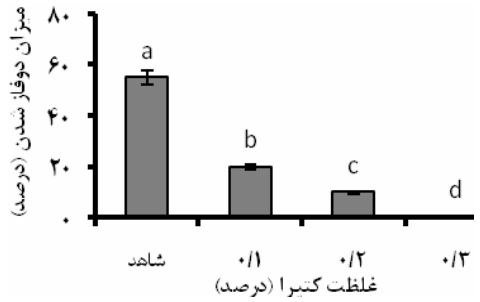


حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد می‌باشند ($p<$ ۰/۰۱).

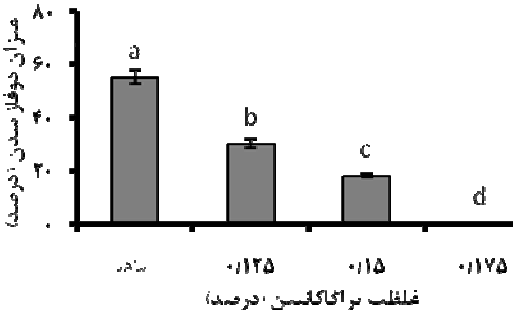
شکل ۱- میزان دوفاز شدن مخلوط شیر- آب‌پرتقال در حضور غلظت‌های مختلف پکتین، صمغ لوبیای خرنوب و گوار پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴°C

تأثیر تکی کتیرا، تراگاکانتین و باسورین بر پایداری: در رابطه با نمونه‌های حاوی کتیرای باید یادآور شد که اسـتفاده از غلظت‌های مختلف (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصـد) ایـن صـمغ، تفاوت معنی‌داری از لحاظ پایداری بـا نمونـه شـاهد داشـت. بـه‌طـوری‌کـه ایـن صـمغ در غلظـت ۰/۳ درصـد قـادر بـه پایدارسازی کامل نمونه‌ها بود (شکل ۲).

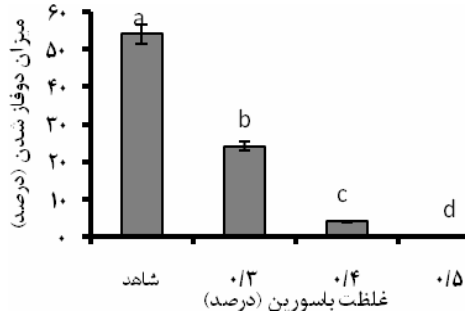
همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، کتیرا عمدتا از دو بخش محلول و نـامحلول در آب تـشکیل شـده اسـت. لـذا، جهـت بررسی دقیق‌تر سـازوکار پایدارسـازی کتیـرا، بایـستی تـأثیر قسمت‌های مختلـف آن بـر پایدارسـازی مـورد مطالعـه قـرار گیرد. برای این منظور، نقش هر یک از بخش‌هـای محلـول و نامحلول کتیرا طی آزمایش‌های اولیه بررسی و نتـایج نـشان دادند که بخش‌های محلول و نامحلول کتیـرا (تراگاکـانتین و باسورین) به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۱۷۵ و ۰/۵ درصـد قـادر به پایدارسازی بودند (شکل ۲).



(الف)



(ب)



(ج)

حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد می‌باشند ($p<$ ۰/۰۱).

شکل ۲- میزان دوفاز شدن مخلوط شیر- آب‌پرتقال در حضور غلظت‌های مختلف الف) کتیرا، ب) تراگاکانتین و ج) باسورین پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴°C

تأثیر تکی صمغ فارسی، بخش‌های محلول و نـامحلول آن بـر پایـداری: نتـایج تجزیـه واریـانس، وجـود اخـتلاف معنی‌دار در میان غلظت‌های مختلف صمغ فارسـی و بخـش محلول آن با نمونـه شـاهد را تأییـد کـرد ($p<$۰/۰۱). صـمغ فارسی در غلظت ۲/۲ درصد و بخش محلول آن در غلظت ۱ درصد سبب پایداری کامل در طی یک ماه شدند. این صـمغ نیز مانند کتیرا از دو بخش محلول و نامحلول تـشکیل شـده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

است و مسلماً برای بررسی سازوکار پایدارسازی آن نیاز است که تأثیر قسمت‌های مختلف آن به‌طور جداگانه مورد مطالعه قرار گیرند. برای این منظور، نقش بخش محلول و نامحلول صمغ فارسی طی آزمایش‌های اولیه بررسی و نتایج نشان دادند که بخش محلول در غلظت ۱ درصد قادر به پایدارسازی بود. بخش نامحلول صمغ فارسی تا غلظت ۱/۸ درصد علاوه بر عدم ایجاد پایداری، بافت نامطلوبی نیز در فراورده ایجاد کرد (نتایج نشان داده نشدند).

تأثیر ترکیب تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی بر پایداری: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($p< ۰/۰۱$) بین نمونه‌های پایدار و نمونه شاهد است. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین به‌صورت تکی به‌ترتیب در غلظت‌های ۱ و ۰/۱۷۵ درصد پایداری کامل ایجاد کردند. درصورتی‌که اگر از ترکیب این دو بخش برای دست‌یابی به پایداری کامل استفاده شود، میزان بخش محلول صمغ فارسی به نصف و حتی یک سوم و مقدار تراگاکانتین نیز به‌میزان یک‌پنجم کاهش خواهد یافت. مطابق این یافته‌ها، اثر هم‌افزایی خوبی بین بخش محلول کتیرا (تراگاکانتین) و بخش محلول صمغ فارسی مشاهده شد و در اکثر غلظت‌ها پایداری کامل دیده شد که در نهایت غلظت‌های ۰/۳۷ و ۰/۵۳ درصد برای انجام سایر آزمایش‌ها انتخاب شدند.

تأثیر تیمار حرارتی بر میزان دوفاز شدن نمونه‌های پایدارشده توسط هیدروکلوئیدهای مختلف: با توجه به پایین بودن pH فراورده نهایی (۴/۰۰±۰/۰۵)، برای بررسی تأثیر حرارت بر میزان دوفاز شدن نمونه‌های پایدارشده توسط هیدروکلوئیدهای مختلف، از سه دمای ۷۲، ۸۰ و ۹۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ ثانیه استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که میزان دوفاز شدن نمونه‌های پایدارشده با صمغ‌های جاذب با شدت تیمار حرارتی رابطه مستقیم داشت. درحالی‌که اعمال فرایند حرارتی بر میزان دوفاز شدن نمونه‌های پایدارشده توسط هیدروکلوئیدهای غیرجاذب تأثیری نداشت. نکته جالب توجه دیگری که در اعمال فرایند حرارتی مشاهده شد، این بود که ناپایداری در نمونه‌های حاوی صمغ‌های کامل (کتیرا و صمغ فارسی) بسیار کمتر از نمونه‌های حاوی بخش‌های محلول به‌تنهایی بود.

تأثیر افزودن هیدروکلوئیدها بر برخی ویژگی‌های رئولوژیکی: جهت پیش‌گویی رفتار جریانی مخلوط شیر- آب‌پرتقال، میزان برازش داده‌های رئولوژیکی با ۶ مدل ریاضی ارزیابی شد و مناسب‌ترین مدل برای نمونه شاهد مدل بینگهام، برای نمونه حاوی پکتین مدل هرشل– بالکلی و برای سایر نمونه‌ها مدل قانون توان شناخته شد.

جدول ۱ میزان گرانروی ظاهری نمونه‌های مخلوط شیر- آب‌پرتقال را در سرعت برشی $۵۱/۲\ s^{-1}$ و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد استفاده از هیدروکلوئیدها موجب افزایش گرانروی مخلوط شیر- آب‌پرتقال شده است. هم‌چنین، در بررسی تغییرات تنش برشی به‌صورت تابعی از سرعت برشی، همه نمونه‌ها رفتار غیرنیوتنی نشان دادند و نیز بررسی تغییرات گرانروی به‌صورت تابعی از سرعت برشی نشان داد که در همه نمونه‌ها گرانروی با افزایش سرعت برشی کاهش یافت که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات شبه پلاستیک است.

جدول ۱- تأثیر نوع صمغ روی گرانروی ظاهری (سرعت برشی $۵۱/۲\ s^{-1}$) و متغیرهای رئولوژیکی مخلوط شیر- آب‌پرتقال در دمای ۱۰°C

نوع صمغ	گرانروی ظاهری (η/η_{app}) (mPa.s)	شاخص قوام (k) ($mPa.s^n$)	شاخص جریان (n)	تنش تسلیم (σ_0)
B شاهد (۰٪)	۱/۰±۷/۶	—	—	۶/۲±۴۵/۵۲
HMP پکتین (۰٫۵٪)	۰/۹±۱۶/۱	۰/۰۰۸۴±۰/۰۲۱۱	۰/۰۵۲۱±۰/۹۱۸۵	۲/۹±۱۴/۶۷
LBG خرنوب (۰٫۵۰٪)	۵/۸±۱۳۱	۰/۰۳۰۹±۰/۵۵۰۸	۰/۰۳۴۱±۰/۶۳۷۲	—
GT کتیرا (۰٫۳٪)	۲/۹±۵۲/۹	۰/۰۱۸۲±۰/۲۰۷۸	۰/۰۳۲۹±۰/۶۴۸۵	—
T تراگاکانتین (۰٫۱۷۵٪)	۲/۲±۴۵/۵	۰/۰۱۶۳±۰/۱۶۳۱	۰/۰۳۰۱±۰/۶۷۴۲	—
SP بخش محلول صمغ فارسی (۱٪)	۴/۸±۹۶/۳	۰/۰۲۵۱±۰/۴۳۰۳	۰/۰۳۸۲±۰/۶۱۶۷	—
SP:T تراگاکانتین: بخش محلول صمغ فارسی (۰٫۳۷٪)	۲/۳±۴۱/۱	۰/۰۰۴۶±۰/۱۱۸۷	۰/۰۲۷۴±۰/۷۳۱۱	—

× مدل‌های مورد استفاده برای شاهد مدل بینگهام، برای نمونه حاوی پکتین مدل هرشل–بالکلی و برای سایر نمونه‌ها مدل قانون توان بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

تأثیر انواع هیدروکلوئیدها بر میزان پتانسیل زتا: جدول ۲ مقادیر پتانسیل زتای مخلوط شیر- آب‌پرتقال پایدارشده توسط هیدروکلوئیدهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه‌که مشاهده می‌شود نمونه شاهد (فاقد هیدروکلوئید) دارای پتانسیل زتای مثبت و نمونه شیر دارای پتانسیل زتای ۲۳/۹- بوده است. بقیه نمونه‌ها همگی دارای پتانسیل زتای منفی بودند.

جدول ۲- تأثیر هیدروکلوئیدهای مختلف روی مقادیر پتانسیل زتای مخلوط شیر- آب‌پرتقال

نمونه	پتانسیل زتا (میلی ولت)
شیر	۲۳/۹±۱/۴-
B (بدون هیدروکلوئید)	۱۵/۶±۰/۹
HMP (۰/۵ درصد)	۲۸/۹±۱/۹-
T (۰/۱۷۵ درصد)	۲۷/۶±۱/۷-
SP (۱ درصد)	۳۰/۸±۱/۶-
SP:T (۰/۳۷ درصد)	۲۸/۸±۱/۶-

تأثیر هیدروکلوئیدها بر ریزساختار: طبق نتایج به‌دست‌آمده، در نمونه شاهد، کازئین‌ها توده‌ای شده و تجمع یافته‌اند که همین امر موجب دوفاز شدن و ناپایداری سامانه گردیده است. در تصویر میکروسکوپی به‌دست آمده از نمونه حاوی پکتین، مشاهده شد که ذرات کازئینی به‌طور پراکنده در سامانه وجود داشت و هیچ‌گونه توده تجمع‌یافته‌ای مشاهده نشد. تصویر به‌دست آمده از نمونهٔ دارای تراگاکانتین نیز نشان‌دهنده استقرار ذرات کازئین به‌صورت همگن در فاز پیوسته است. احتمالاً تراگاکانتین به‌عنوان یک هیدروکلوئید آنیونی جذب سطح کازئین‌ها شده است و در نتیجه، دافعه فضایی و الکترواستاتیک از نزدیک شدن ذرات به یکدیگر جلوگیری کرده است. تصاویر به‌دست آمده از بخش محلول صمغ فارسی و نمونه حاوی ترکیب بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین نیز مانند پکتین و تراگاکانتین است. هم‌چنین، حضور شبکه در فاز پیوسته نمونه حاوی صمغ لوبیای خرنوب موجب محصور شدن کازئین‌ها در شبکه شده است و حضور چنین شبکه‌ای در سامانه، از نزدیک شدن ذرات کازئین به یکدیگر جلوگیری کرده است (تصاویر نشان داده نشدند).

تأثیر هیدروکلوئیدها بر برخی ویژگی‌های حسی: نتایج حاصل از ارزیابی حسی مخلوط‌های شیر-آب‌پرتقال نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین برخی نمونه‌ها و نمونه شاهد برای صفات بافت و قوام، احساس دهانی و پذیرش کلی بود (داده‌ها نشان داده نشدند). از نظر ویژگی بو، نمونه شاهد بیشترین امتیاز و نمونه حاوی صمغ گوار کمترین امتیاز را کسب کردند. البته علی‌رغم وجود تفاوت عددی در امتیازات کسب شده، نتایج حاصل از تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>0/01$). از نظر ویژگی طعم نیز هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف مشاهده نشد. نمونه حاوی گوار از نظر بافت و قوام نیز مانند دو ویژگی قبلی، کمترین امتیاز را به‌دست آورد. از میان دیگر نمونه‌ها، نمونه حاوی ترکیب بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین در غلظت ۰/۵۳ درصد بالاترین امتیاز را داشت. در رابطه با احساس دهانی، از ارزیاب‌ها خواسته شد تا احتمال وجود ذرات خارجی، احساس چسبندگی ذرات در دهان و چرب یا صمغی بودن نمونه‌ها را مورد ارزیابی قرار دهند. در همین راستا نمونه حاوی تراگاکانتین با کسب امتیاز کامل به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب شد. از نظر میزان پذیرش کلی، نمونه حاوی ترکیب بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین در غلظت ۰/۵۳ درصد بیشترین امتیاز را داشت و پس از آن نمونه شاهد و نمونه حاوی تراگاکانتین قرار داشتند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که از نظر اکثر ویژگی‌های حسی، نمونه‌های حاوی ترکیب بخش‌های محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین در هر دو غلظت، نمونه حاوی پکتین و تراگاکانتین امتیازات خوبی کسب کردند و می‌توانند به‌عنوان نمونه‌های خوب معرفی گردند.

• بحث

با توجه به کمتر بودن میزان دوفاز شدن با استفاده از شیر پرچرب می‌توان گفت احتمالا چربی با افزایش ماده خشک به تشکیل شبکه‌ای در نوشیدنی کمک کرده و از میزان دوفاز شدن می‌کاهد. در فراورده‌های اسیدی بر پایه تخمیر گزارش شده است که با کاهش pH در صورت وجود گویچه‌های چرب، این ذرات با ذرات پروتئینی پوشش داده می‌شوند یا با آنها وارد واکنش می‌گردند و در نهایت رفتارشان مانند ذرات پروتئینی خواهد شد (۲۴). همان‌طور که می‌دانیم در pH طبیعی شیر، هیچ برهم‌کنشی بین هیدروکلوئید جاذب و پروتئین کازئین شیر رخ نمی‌دهد اما با کاهش pH و کاسته شدن از بار منفی کازئین و افزایش بار مثبت آن، هیدروکلوئیدهای دارای بار منفی با جذب شدن در سطح میسل کازئین، قادرند مانند کاپا-کازئین در pH طبیعی سبب پایداری سامانه گردند (۱۴). لذا هیدروکلوئید جاذب با حضور در چنین سامانه‌ای به‌سرعت و به‌طور موثرتر با قرارگیری در سطح کازئین، مولکول کازئین را به حالت اولیه در می‌آورد و مانع ناپایداری و در نتیجه رسوب آن می‌گردد. در رابطه با هیدروکلوئیدهای غیرجاذب نیز چون حضور این نوع هیدروکلوئیدها از ابتدای فرایند فرمولاسیون سبب افزایش گرانروی می‌گردد. در نتیجه به‌نظر می‌رسد احتمالاً کاهش pH کمتر از عدم حضور هیدروکلوئیدهای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

غیرجاذب، سبب تأثیر بر میسل‌های کازئین شد.

اصولا استفاده از پکتین به‌عنوان هیدروکلوئید مناسب برای ایجاد پایداری در نوشیدنی‌های اسیدی شیر توسط بسیاری از محققین توصیه شده است (۱۴، ۱۳، ۳). در پژوهش انجام شده در سال ۲۰۰۴ نیز بیان شده است که برای پایدارسازی سامانه اسیدی شیر با ۸/۵ درصد ماده خشک بدون چربی و pH ۴/۲ به‌مدت ده روز، مقدار ۰/۳ درصد پکتین مورد نیاز است (۱۴) و منطقی به‌نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر به‌علت پایین‌تر بودن pH (۴,۰۰) و بیشتر بودن زمان پایداری (۳۰ روز)، مقدار پکتین مورد نیاز برای پایدارسازی سامانه بیشتر از ۰/۳ درصد باشد.

آذری‌کیا و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند که صمغ لوبیای خرنوب در غلظت ۰/۳ درصد موجب پایداری کامل دوغ شد، در حالی‌که در این سامانه (دوغ) انتظار می‌رفت که نسبت به نمونه‌های مخلوط شیر- آب‌پرتقال، به مقدار هیدروکلوئید بیشتری برای پایداری نیاز باشد ولی همان‌طور که مشاهده شد این مقدار کمتر بوده است. دلیل این تفاوت را می‌توان به نوع روش اسیدی کردن سامانه و تفاوت ترکیب این دو سامانه از لحاظ ماده خشک و قدرت یونی نسبت داد. در سامانه‌هایی بر پایه تخمیر، در اثر کاهش pH نوعی شبکه ژلی تشکیل می‌گردد که قطعاً در ایجاد پایداری نقش به‌سزایی دارد. فروغی‌نیا و همکاران (۱۳۸۶) هم در بررسی انجام‌شده روی دوغ با pH ۴ گزارش کردند که مقدار ۰/۵ درصد گوار برای ایجاد پایداری کامل کافی بوده است. این مقدار تفاوت را می‌توان به درصد چربی بالاتر نمونه‌های مخلوط شیر- آب‌پرتقال نسبت به دوغ و در نهایت بیشتر بودن ماده خشک نسبت داد. گزارش شده است که اضافه کردن گوار به نوشیدنی‌های اسیدی سبب ایجاد ساختار رشته‌ای در مخلوط می‌شود و اضافه کردن غلظت‌های پایین آن به کلوئید کازئینی سبب جداسازی فازی، به‌دلیل سازوکار تهی‌سازی می‌گردد که در این صورت پروتئین در فاز پایینی رسوب می‌کند. اما زمانی‌که از غلظت‌های بالای گوار استفاده می‌شود به‌دلیل افزایش گرانروی ظاهری حالت شبه‌پایدار ایجاد می‌شود و پروتئین‌های تجمع‌یافته در سامانه گرانرو که توسط گوار ایجاد شده است به دام می‌افتند (۷).

سازوکار پایدارسازی توسط تراگاکانتین را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که با توجه به ساختار تراگاکانتین، احتمالاً به‌واسطه جاذبه الکترواستاتیک، برهم‌کنشی بین گروه‌های باردار (بار منفی) شاخه اصلی تراگاکانتین با کازئین‌های دارای بار مثبت رخ داده است، در نتیجه پس از جذب سطحی تراگاکانتین روی سطح کازئین، شاخه‌های جانبی متصل به شاخه اصلی با تشکیل لایه‌ای مویی‌شکل در اطراف ذرات کازئین و حضور بار الکتریکی هم‌نام روی شاخه اصلی و شاخه‌های فرعی تراگاکانتین، از نزدیک شدن آنها به یکدیگر و ایجاد تجمع ممانعت کرده‌اند. به این ترتیب براساس سازوکار دافعه فضایی و الکترواستاتیک، پایدارسازی مخلوط شیر- آب‌پرتقال در غلظت‌های مورد استفاده اتفاق افتاده است (۲۲، ۲۱ و ۲۵). از آنجایی‌که تراگاکانتین حدود ۳۸ درصد از ساختار کتیرا را تشکیل می‌دهد و با توجه به سازوکار مطرح‌شده برای تراگاکانتین، به‌نظر می‌رسد که بخش عمده پایدارسازی بر عهده بخش محلول کتیرا بوده است. از طرف دیگر، با توجه به ساختار خطی و وزن مولکولی بالای باسورین (۲۶)، ممکن است این بخش نیز با افزایش گرانروی و به تله انداختن ذرات، سهمی در ایجاد پایداری داشته باشد (۲۵).

در بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر میزان دوفاز شدن می‌توان گفت احتمالاً افزایش دما، به‌دلیل افزایش انرژی جنبشی و انتقال این انرژی به پیوندهای الکترواستاتیکی بین صمغ جاذب و کازئین و سایر پیوندهای موجود در میسل کازئین مثل پیوندهای ایجاد شده با مولکول‌های آب، سبب سست شدن و شکسته شدن این پیوندها می‌شود و با افزایش میزان انرژی اعمال‌شده، میزان شکسته شدن پیوندها و در نتیجه میزان دوفاز شدن نیز بیشتر می‌گردد. در ضمن، ممکن است سرعت و احتمال برخورد ذرات با یکدیگر نیز به‌دلیل سرعت فرایندهای اورتو و پری‌کینتیک (peri and orthokinetic aggregation) افزایش یابد و این امر سبب افزایش میزان تجمع (aggregation) ذرات گردد. البته گزارش شده که فرایندهای حرارتی شدید ممکن است سبب کاهش قدرت آب‌دوستی میسل شود و این امر سبب کمتر شدن اتصال‌ها و ته‌نشینی میسل گردد (۷). به‌هرحال بررسی عمیق‌تر این بخش، سبب روشن‌تر شدن وضعیت مشاهده شده خواهد شد.

در ارتباط با رفتار جریانی و ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط شیر– آب‌پرتقال، نتایج به‌دست آمده در این بررسی نشان داد که استفاده از کنسانتره آب‌پرتقال برای اسیدی کردن سامانه، با وجود افزودن ۳۲ درصد آب، سبب تغییر رفتار نیوتنی شیر به غیرنیوتنی شد، درصورتی‌که رفتار جریانی نوشیدنی شیری اسیدی با پایه تخمیری یعنی دوغ، در بررسی‌های انجام‌شده نیوتنی ذکر شد (۲۲، ۲۱). در سایر نمونه‌ها نیز افزودن هیدروکلوئیدها سبب ایجاد رفتار غیرنیوتنی در فراورده‌های نهایی شد و به‌جز نمونه‌های حاوی پکتین و شاهد بقیه نمونه‌ها تناسب خوبی با مدل قانون توان نشان دادند. در پژوهش‌های گذشته نیز به افزایش گرانروی انواع نوشیدنی‌های اسیدی شیر (از جمله دوغ، آیران و کفیر) در اثر افزودن انواع هیدروکلوئیدها اشاره شده است (۲۲، ۲۱، ۱۱، ۲). طبق نتایج به‌دست آمده، نمونه شاهد رفتار

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

غیرنیوتنی نشان داد، درصورتی‌که ماده خشک نمونه شاهد، برابر شیر بوده است. ولی از آنجایی‌که پیوندهای بین مولکولی و ویژگی‌های ترمودینامیکی پروتئین، نوع برهم‌کنش بین ذرات و رفتار رئولوژیکی فراورده را تعیین می‌کنند (۲۴)، در نتیجه شاید بتوان دلیل چنین رفتاری را به حضور کنسانتره آب‌پرتقال، ایجاد پیوندهایی بین پروتئین‌های شیر و مواد معدنی، ترکیبات تانینی و مواد پکتیکی موجود در کنسانتره نسبت داد (۲۸، ۲۷). در ضمن، نمونه حاوی HMP بالاترین مقدار شاخص جریان n و کم‌ترین مقدار شاخص قوام k را دارا بود که این ویژگی‌ها، نشان‌دهنده نزدیکی به جریان نیوتنی است. به‌عبارتی هرچه مقدار n بیشتر باشد رفتار جریانی نمونه به مدل نیوتنی نزدیک‌تر است. پکتین هیدروکلوئیدی جاذب است که اساساً از طریق سازوکارهای دافعه فضایی و الکترواستاتیکی در سامانه اسیدی شیر ایجاد پایداری می‌کند (۲). نتایج این بررسی، افزایش گرانروی را نیز در مورد پکتین نشان داد و این نتیجه مطابق یافته‌های قبلی است (۳، ۲).

نمونه حاوی بخش محلول صمغ فارسی دارای گرانروی بالایی بود و این امر نشان می‌دهد که علاوه بر جاذبه الکترواستاتیک این صمغ با کازئین (که موجب جذب این هیدروکلوئید روی سطح کازئین می‌گردد)، وجود دافعه فضایی مربوط به حضور قندهای خنثی به‌صورت انشعاب‌های فرعی (لایه مویی)، وجود دافعه الکترواستاتیک به‌دلیل حضور بارهای هم‌نام روی هیدروکلوئید، افزایش گرانروی نیز احتمالاً در ایجاد پایداری موثر بود. در این راستا شاید بتوان گفت که بخش محلول صمغ فارسی، قادر به ایجاد پیوند با پروتئین‌ها، ترکیبات شیر و کنسانتره آب‌پرتقال است که احتمالاً بروز این پدیده‌ها همراه با ایجاد شبکه منظم، علاوه بر ایجاد پایداری سبب افزایش گرانروی نیز شد. در مورد کتیرا و تراگاکانتین نیز افزایش گرانروی مشاهده شده است و این افزایش در مورد کتیرا بیشتر از تراگاکانتین بود. در بررسی‌های انجام‌شده روی کتیرا و تراگاکانتین در محیط دوغ نیز افزایش گرانروی مشاهده شد (۲۵، ۲۱). در بررسی حاضر نیز شاید بتوان دلیل بالا بودن گرانروی نمونه‌های حاوی تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی را به شکل‌گیری اتصالات ویژه‌ای بین توالی زنجیر محکم و منظم ساختار آن و هم‌پوشانی و محصور شدن فیزیکی مارپیچ‌های بسپار نسبت داد.

بالا بودن گرانروی نمونه حاوی LBG نیز از حضور صمغ لوبیای خرنوب ناشی شده است. این صمغ که جزو صمغ‌های غیرجاذب است، موجب تشکیل شبکه، محصور ساختن ذرات و افزایش گرانروی می‌شود (۱۵). افزایش گرانروی نمونه‌ها در حضور این صمغ و سایر صمغ‌های غیرجاذب در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (۲۲، ۲۱، ۱۱). گرانروی نمونه حاوی T کمتر از گرانروی نمونه GT است. با توجه به نسبت باسورین به تراگاکانتین در کتیرا (نسبت باسورین : تراگاکانتین ۶۲ : ۳۸)، مقدار تراگاکانتین در نمونه دارای کتیرای کامل (نمونه GT) اندکی کمتر از نمونه دارای تراگاکانتین (نمونه T) است و این نشان می‌دهد که احتمالاً باسورین با افزایش گرانروی در ایجاد پایداری نقش داشته است.

همان‌طور که مشاهده شد شاخص رفتار جریان (شاخص قانون توان) برای نمونه‌های شیر-آب‌پرتقال کمتر از ۱ بود، که این مطلب تأییدکننده وجود نوعی رفتار شبه‌پلاستیکی است. باید توجه داشت که در این حالت، هر چه n به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشانگر تمایل سیال به جریان نیوتنی و تمایل به صفر نشان‌گر جریان‌های غیرنیوتنی است (۲۹). نمونه‌های حاوی بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین به‌ترتیب کمترین شاخص قوام و به‌عبارتی بیشترین تمایل و نزدیکی را به جریان نیوتنی نشان دادند. در بررسی انجام شده در سال ۲۰۰۸ روی نوشیدنی‌های اسیدی با پایه تخمیری و مخلوط شیر- آب‌میوه مشاهده شد که نوشیدنی‌های ماست پایدارشده توسط پکتین دارای رفتار نرم‌شونده برشی بودند، درحالی که، نوشیدنی‌های شیر- آب‌میوه (یک درصد کنسانتره تمشک و تنظیم pH با اسیدسیتریک در حدود ۳/۹۵) پایدارشده توسط پکتین، دارای رفتار جریانی نزدیک به رفتار نیوتنی بودند. در واقع، پکتین توانست در نوشیدنی‌های اسیدی شیر موجب ایجاد ساختار منظمی شود، درحالی که در نوشیدنی‌های شیر- آب‌میوه، این پدیده دیده نشد (۳). در بسیاری از پژوهش‌ها این نوع رفتار غیرنیوتنی برای توصیف نوع رفتار جریانی نوشیدنی‌های اسیدی شیر، دوغ، کره تخمیرشده و آیران گزارش شده است (۲۲، ۲۱، ۱۱، ۲).

با بررسی تغییرات تنش برشی به‌صورت تابعی از سرعت برشی مشاهده شد که نمونه شاهد در برابر اعمال برش مقاومت بیشتری نسبت به نمونه حاوی HMP داشت. از طرف دیگر، گرانروی ظاهری نمونه دارای پکتین در سرعت‌های برشی مختلف، با شیب بسیار کمی تغییر کرده و تقریباً ثابت بوده است که این امر نشان‌دهنده نزدیکی رفتار جریان این نمونه به جریان نیوتنی و نیز تاییدکننده نتایج حاصل از برازش داده‌ها است. درحالی‌که گرانروی ظاهری سایر نمونه‌های پایدارشده، با افزایش سرعت برشی کاهش یافته است که نشانگر رفتار شبه‌پلاستیک در این نمونه‌ها می‌باشد (۳۰، ۲۹). به‌نظر می‌رسد که وجود این نوع رفتار برای نمونه دارای صمغ لوبیای خرنوب طبیعی است، چرا که از بین رفتن ساختار و شبکه تشکیل‌شده در اثر اعمال برش

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

دلیل این نوع رفتار بوده است (۱۱). در نمونه دارای تراگاکانتین نیز احتمالاً گسسته شدن پیوندهای بین و داخل مولکولی در بسپارهای تراگاکانتین، عامل ایجاد رفتار شبه‌پلاستیک بوده است.

به‌نظر می‌رسد که در نمونه‌های حاوی ترکیب تراگاکانتین و بخش محلول صمغ فارسی نیز وجود این دو بخش از هیدروکلوئید موجب تشکیل ساختار شد، چرا که در اثر برش اعمال‌شده این نمونه پس از نمونه حاوی LBG نسبت به سایر نمونه‌ها مقاومت بیشتری از خود نشان داد. نمونه حاوی بخش محلول صمغ فارسی نیز پس از نمونه LBG بالاترین گرانروی ظاهری را دارا بود و با توجه به مقدار شاخص رفتار جریان برای این نمونه می‌توان گفت ساختار شبکه‌ای منظمی در این نمونه ایجاد شده است که توانسته گرانروی و نیز رفتار شبه‌پلاستیکی زیادی در آن ایجاد کند.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در پژوهش حاضر مقدار پتانسیل زتای نمونه فاقد هیدروکلوئید، حدود ۱۵/۶ و نمونه شیر ۲۳/۹- میلی‌ولت است. با توجه به نتایج، نمونه حاوی پکتین دارای پتانسیل زتای منفی است که این امر نشان‌دهنده جاذب بودن پکتین است، چرا که صمغ‌های غیرجاذب، واکنشی با کازئین‌ها نداشته‌اند و فقط از طریق افزایش گرانروی و ایجاد شبکه موجب پایداری سامانه می‌گردند و اصولاً باید پتانسیل زتایی تقریباً مشابه نمونه شاهد داشته باشند (۲۲، ۱۵، ۱۱). در همین ارتباط جاذب بودن پکتین با توجه به ساختار شیمیایی آن و چند بررسی انجام‌شده به اثبات رسیده است (۲۰، ۱۳). یافته‌های این تحقیق نیز مطابق نتایج قبلی است. در رابطه با ترگاکانتین نیز باید یادآور شد که ساختار تراگاکانتین احتمالاً حاوی مقداری اورونیک‌اسید است. لذا به نظر می‌رسد که گروه‌های کربوکسیل اورونیک اسیدهای زنجیره اصلی تراگاکانتین به‌واسطه نیروهای الکترواستاتیک به کازئین‌های دارای بار مثبت متصل شده باشند و به این ترتیب سبب کاهش پتانسیل زتا شوند. از آنجایی‌که تراگاکانتین به‌عنوان هیدروکلوئید جاذب مطرح است، لذا احتمالاً این ترکیب پس از جذب سطحی، به‌واسطه شاخه‌های جانبی فراوان موجود در ساختار از طریق سازوکار ممانعت فضایی از نزدیک شدن ذرات به یکدیگر جلوگیری می‌کند. در مورد ساختار و ترکیبات شیمیایی صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن و تأثیرشان بر پایدارسازی نوشیدنی‌های اسیدی شیر، هیچ‌گونه تحقیقی انجام نشده است و اطلاعاتی در این زمینه موجود نیست. ولی با توجه به اندازه‌گیری پتانسیل زتا برای نمونه حاوی بخش محلول صمغ فارسی و نیز نمونه حاوی ترکیب بخش محلول صمغ فارسی و تراگاکانتین (بر اساس منفی بودن پتانسیل زتای تراگاکانتین) جاذب بودن بخش محلول صمغ فارسی تایید شد.

در ارتباط با تأثیر افزودن صمغ‌ها بر ویژگی‌های حسی، به‌نظر می‌رسد بوی صمغ گوار در نمونه مشخص بوده است و موجب کسب کمینه امتیاز توسط این نمونه شد. از نظر طعم نیز این نمونه کمترین امتیاز را به‌دست آورد. نمونه‌های حاوی بخش محلول صمغ فارسی و ۰/۳۷ درصد از ترکیب بخش محلول صمغ فارسی : تراگاکانتین بیش‌ترین امتیاز را داشتند. در بررسی انجام شده روی دوغ گزارش شده است که کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به صورت تکی و ترکیبی تأثیر مثبتی بر طعم دوغ داشتند (۶) و نیز گزارش شده است که استفاده از صمغ لوبیای خرنوب علاوه بر پایدارسازی آیران، در مقایسه با نمونه شاهد طعم مطلوب‌تری نیز ایجاد کرد (۱۱). در پژوهش‌های گذشته بیان شده است که صمغ‌های غیرجاذب با مواد طعم‌دار واکنش می‌دهند و موجب پوشش طعم می‌گردند (۲۲). در حالی‌که در پژوهش حاضر نمونه حاوی صمغ لوبیای خرنوب از نظر بو و خصوصا از نظر طعم و مزه، امتیاز کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت و حتی قادر نبود طعم تلخی پرتقال را تا حدودی پوشش بدهد و از میزان تلخی نوشیدنی بکاهد. فروغی‌نیا و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش کردند که نمونه‌های دارای کتیرا به‌صورت تکی و ترکیبی با گوار به نسبت ۲۰: ۸۰ بیشترین مطلوبیت را از نظر ارزیاب‌ها داشته‌اند. در پژوهش حاضر، نمونه حاوی کتیرا نیز امتیاز چندان مطلوبی کسب نکرد. نتایج نشان دادند همه نمونه‌هایی که از نظر بافت و قوام امتیاز پایینی داشتند، از نظر احساس دهانی نیز امتیاز خوبی نداشتند. بنابراین، می‌توان گفت علاوه بر گرانروی، بافت نمونه نیز ارتباط مستقیم با ویژگی احساس دهانی و میزان حلالیت هیدروکلوئید دارد به‌طوری که صمغ فارسی در غلظتی که پایداری ایجاد شد حلالیت پایینی داشت و این بافت نامناسب در ظاهر نیز کاملاً مشخص بود و توسط اکثر ارزیاب‌ها تشخیص داده شد. این حالت در مورد نمونه شاهد که ذرات رسوب در آن کاملا مشخص بود نیز اتفاق افتاد و ارزیاب‌ها به‌خوبی توانستند با اشاره به وجود ذرات خارجی در آن، تفاوت بافتی این دو نمونه را، حتی با مشاهده ظاهری تشخیص دهند. در مورد گوار نارضایتی بیشتر به علت گرانروی بالای آن بود.

نتایج حاصل از بررسی تأثیر هیدروکلوئیدهای مختلف بر پایداری مخلوط شیر– آب‌پرتقال نشان داد که صمغ‌های تجاری و بومی قادر هستند در غلظت‌های مختلف پایداری فیزیکی در مخلوط شیر-آب‌پرتقال ایجاد نمایند. هرچند میزان مطلوبیت آنها از لحاظ حسی کاملاً متفاوت بود. هم‌چنین، مطالعه ویژگی‌های رئولوژیکی، بررسی‌های میکروسکوپی و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

اندازه‌گیری پتانسیل زتا نشان‌دهنده این واقعیت بود که کتیرا و صمغ فارسی در زمره هیدروکلوئیدهای آنیونی هستند که بخش محلول آنها، جذب سطح کازئین‌ها می‌شود و از طریق ممانعت فضایی و الکترواستاتیک از نزدیک شدن ذرات جلوگیری می‌کنند. از طرف دیگر، بخش نامحلول آنها با افزایش گرانروی فاز پیوسته، ایجاد شبکه و دربرگرفتن ذرات، موجب پایداری می‌شوند. بنابراین، احتمالا می‌توان صمغ فارسی را جزو صمغ‌های جاذب با قابلیت تشکیل ژل معرفی کرد. در ضمن، این نخستین گزارش در مورد صمغ فارسی است و امیدهایی را در رابطه با امکان ترکیب آن با کتیرا برای تولید نوعی هیدروکلوئید با کارایی مناسب و قیمت پایین فراهم آورده است.

• References

1. Kozichoski F. Cheese and Cultured Milk Products. Translated by Hekmati M. Tehran: Tehran University Press 1994. [In Farsi].
2. Janhoj T, Bom Frost M, Ipsen R. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. Food Hydrocoll 2008; 22: 798–806.
3. Laurent MA, Boulenguer P. Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin. Food Hydrocoll 2003; 17: 445–454.
4. Ashourian J, Keerer LJ, Smith DA. Inventors; Stabilized milk product containing fruit and fruit juice. US Patent 2007; 7: 247, 333.
5. de Kruif CG, Tuinier R. Polysaccharide protein interactions. Food Hydrocoll 2001; 15: 555–563.
6. Azarikia F. Investigation of the efficiency and mechanisms of some hydrocolloids on the stabilization of Doogh [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University, Faculty of Agriculture 2008. [In Farsi]
7. Foroughinia S. Investigation of the efficiency of some mechanical factors and hydrocolloids on the stabilization of Iranian Doogh [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University, Faculty of Agriculture, 2006. [In Farsi]
8. Zulueta A, Esteva MJ, Frasquet I, Frigolo A. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverage marketed in Spain. Food Chem 2007; 103: 1365– 1374.
9. Lucey JA, Tamehana M, Singh H, Munro PA. A compersion of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gel made with bacterial culture or glucono-delta-lactone. Food Research Intl 1998; 31: 147–154.
10. Joel D, Lavaughn H, Ronald G. Inventors; Milk based product. US Patent 2000; 6: 171, 633.
11. Koksoy A, Kilic M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, Ayran. Food Hydrocoll 2004; 18: 593–600.
12. Walstra P, Wouters J, Geurts T. Dairy Science and Technolody. New York: CRC Press LLC, 2006.
13. Tholstrup Sejersen M, Salomonsen T, Ipsen R. Zeta potential of pectin-stabilised casein aggregates in acidified milk drinks. Intl Dairy J 2007; 17: 302–307.
14. Tromp RH, de Kruif CG, Van Eijk M, Rolin C. On the mechanism of stabilisation of acidified milk drinks by pectin. Food Hydrocoll 2004; 18: 565–572.
15. Syrbe A, Bauer WJ, Klostermeyer H. Polymer science concepts in dairy system—An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. Intl Dairy J 1998; 8: 179–193.
16. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Shiraz gum (Zedu). ISIRI no 442. Karaj: ISIRI; 2007. [In Farsi]
17. Abbasi S, Rahimi S. Introduction of an unknown local plant gum: Persian gum. Flour and Food Industry Magazine 2007; 4: 42–51. [In Farsi]
18. Du BQ, Li J, Zhang HB, Chen P, Huang L, Zhou JJ. The stabilization mechanism of acidified milk drinks induced by carboxymethylcellulose. LAIT 2007; 87: 287–300.
19. Liu J, Nakamura A, Corredig M. Addition of pectin and soybean soluble polysaccharides affects the particle size distribution of casein suspensions prepared from acidified skim milk. J Agri Food Chem 2006; 54: 6241–6246.
20. Tuinier R, Rolin C, de Kruif CG. Electrosorption of pectin onto casein micelles. Biomacromol 2002; 3: 632–638.
21. Azarikia F, Abbasi S, Azizi MH. Investigation of the efficiency and mechanisms of some hydrocolloids on the stabilization of Doogh. Iranian J Nutr Sci and Food Tech 2009; 4 (1): 11–22. [In Farsi]
22. Foroughinia S, Abbasi S, Hamidi Esfahani Z. Effects of individual and combined addition of salep, tragacanth and guar gums on the stabilization of Iranian Doogh. Iranian J Nutr Sci and Food Tech 2007; 2 (2): 15–25. [In Farsi]
23. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques. USA: CRC Press, 1999; p 99– 120.
24. Kiani H, Mousavi SMA, Emam-Djomeh Z. Rheological properties of Iranian yoghurt drink, Doogh. Intl J Dairy Sci 2008; 3(2): 71– 78.
25. Azarikia F, Abbasi S. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacannth. Food Hydrocoll 2010; 24: 358–363.
26. Wielinga WC. Galactomannans. *In*: Phillips GO, Williams PA. (eds) Handbook of Hydrocolloids. USA: CRC Press LLC, 2000: p 309–319.
27. Efstathiou JD, Dechaine R, Zoss R. Low- acid juice-milk beverages, juice and milk components and method of preparation. US Patent 1987; 4,676,988.
28. Inagami K, Mitsui I, Nakamura C, Nozaka T. Method of manufacturing a beverage containing fruit ingredients. US Patent 1977; 4,061,792.
29. Barnes HA. Handbook of Elementary Rheology. Translated by Abbasi S. Tehran: Marzedanesh Publications, 2008. [In Farsi]
30. Steffe JF. Rheological Methods in Food Process Engineering. East Lansing: Freeman Press, 1996; p 1– 93.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]

Effects of hydrocolloids on physical stability, rheological and sensory properties of milk–orange juice mixture

*Mohammadi S[1], Abbasi S[*2], Hamidi Z[3]*

1- MSc in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: sabbasifood@modares.ac.ir*

3- Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received 28 Dec, 2009 **Accepted 20 Oct, 2010**

Background and Objectives: One of the major defects in acidified milk–fruit juice mixtures is their physical instability due to low pH, low viscosity, and sedimentation of caseins. In the present study, the influence of some commercial and local gums on the stability, rheological, and sensory properties of milk–orange juice mixture was investigated.

Materials and Methods: The effects of pectin, locust bean gum, guar gum, gum tragacanth, Persian gum, water-soluble fractions of gum tragacanth (tragacanthin) and Persian gum over a wide range of concentrations on the physical stability of milk–orange juice mixtures during storage at low temperature (4 °C, 30 days) were determined. Moreover, the stabilization mechanisms were studied using rheological (rotational and oscillatory tests), zeta potential measurements, and microstructural observations. Finally, sensory evaluation was made on the physically stabilized samples.

Results: Pectin, locust bean gum, guar gum, gum tragacanth, Persian gum, and water-soluble fractions of tragacanth and Persian gum effectively prevented phase separation for 30 days at concentrations of 0.5%, 0.5%, 0.4%, 0.3%, 2.2%, 0.175% and 1.0%, respectively. Furthermore, combinations of water-soluble fractions of gum tragacanth and Persian gum (ratios of 4:96 and 19:81) at a concentration of 0.37% or 0.53% caused stabilization. The best fitted rheological models for the control (milk–orange juice mixture without hydrocolloids), the pectin-containing one, and rest of the samples were Bingham, Herschel-Bulkley, and Power law, respectively. In terms of sensory properties, the mixture stabilized with a combination of water-soluble fractions of gum tragacanth and Persian gum (0.53% w/w) achieved the highest scores by the taste panels ($p<0.01$).

Conclusions: Based on the findings of the present study, water-soluble fractions of gum tragacanth and Persian gum can be categorized as anionic hydrocolloids which are adsorbed on the surface of caseins which can prevent aggregation via steric and electrostatic repulsions by simulating a hairy layer. In addition, their insoluble fractions could promote physical stability of the mixtures due to making a gel-like network and increasing viscosity.

Keywords: Milk, Orange juice, Stabilization, Hydrocolloids, Tragacanth, Persian gum, Rheology

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-09-07]