

تأثیر افزودن تکی و ترکیبی صمغ‌های کتیرا، ثعلب و گوار در پایدارسازی دوغ

سحر فروغی نیا^۱، سلیمان عباسی^۲، زهره حمیدی اصفهانی^۳

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس پست الکترونیکی: sabbasifood@modares.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۲۱

تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۶

چکیده

سابقه و هدف: ایران با تولید سالانه ۱۲۰۰۰۰ تن دوغ تهیه شده از ماست، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان دوغ در جهان است. یکی از مشکلات عمده فیزیکی این نوع دوغ‌های صنعتی و خانگی، دوفاز شدن آنهاست. در پژوهش حاضر، تأثیر افزودن دو نوع صمغ بومی (ثعلب و کتیرا) و یک نوع صمغ تجاری (گوار) در افزایش پایداری و کاهش دو فاز شدن دوغ (حاوی ۰.۴٪ ماست) بررسی شد.

مواد و روش‌ها: سه نوع صمغ، به صورت تکی در غلظت‌های ۰/۱ تا ۰/۵ درصد و ترکیب‌های دوتایی (به نسبت ۲۰:۸۰، ۲۰:۲۰ و ۵۰:۵۰) در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲٪ به دوغ‌ها اضافه و پایداری و ویژگی‌های رئولوژیک آن‌ها در اثر افزودن این ترکیبات، بررسی شد. در ضمن، تأثیر هم‌زدن و همگن‌سازی روی پایداری دوغ در حضور صمغ‌ها مطالعه و از آزمون هدونیک ۹ طبقه‌ای جهت بررسی ویژگی‌های حسی استفاده شد.

یافته‌ها: اضافه کردن تکی صمغ‌ها عموماً سبب افزایش پایداری دوغ شد، ولی در این میان، تأثیر صمغ کتیرا بهتر از دو صمغ دیگر بود. به طوری که این صمغ توانست در غلظت ۰/۳٪ دوغ را به طور کامل پایدار کند. در ضمن، در ترکیب‌های دوتایی به کار برده شده، ترکیب‌های حاوی کتیرا بیشترین پایداری را ایجاد کردند. همچنین، افزایش صمغ‌ها باعث تغییر رفتار رئولوژیک دوغ از حالت نیوتنی به حالت شبه‌پلاستیک شد و انجام عملیات مکانیکی سبب کاهش پایداری دوغ‌های حاوی صمغ شد. به علاوه، اعضای گروه چشایی ارزیابی حسی، به دوغ حاوی کتیرا و ترکیب کتیرا و گوار بالاترین امتیاز را دادند.

نتیجه‌گیری: احتمالاً ثعلب و کتیرا که از هیدروکلونیدهای غیرجاذب هستند، با افزایش گرانیروی و قدرت نگهداری آب سبب افزایش پایداری دوغ شدند. در ضمن، انجام عملیات مکانیکی (هم‌زدن و همگن‌سازی) روی دوغ‌های حاوی صمغ، به دلیل متلاشی کردن ساختار شبکه‌ای صمغ، سبب کاهش گرانیروی و افزایش جداسازی فازی در دوغ شد.

واژگان کلیدی: دوغ، جداسازی سرمی، هیدروکلونیدها، عملیات مکانیکی، ویژگی‌های رئولوژیک، صمغ

• مقدمه

فازی طی یک ماه). در شرایط عادی، آب‌انداختن دوغ، ارزش غذایی آن را کم نمی‌کند ولی ظاهر طبیعی آن را نامطلوب می‌سازد.

اضافه کردن هیدروکلونیدها یا صمغ‌ها یکی از راه‌های افزایش پایداری، جلوگیری از دوفاز شدن و جلوگیری از رسوب پروتئین‌ها در فرآورده‌های تخمیری است. هیدروکلونیدها یا صمغ‌ها با افزایش گرانیروی ظاهری فرآورده یا در اثر برهم‌کنش‌های کلونیدی از نوع ممانعت فضایی (steric) و دفع الکترواستاتیک، سبب پایداری

دوغ یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان است که جزو فرآورده‌های تخمیری به حساب می‌آید. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید دوغ در کشور در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۱۲، ۴۸ (۱) و ۱۲۰ هزارتن بوده است. در این فرآورده، به دلیل PH پایین، پروتئین‌ها به نقطه ایزوالکتریک خود نزدیک می‌شوند و در نتیجه، شروع به تجمع و رسوب می‌کنند که این امر سبب ناپایداری و ایجاد حالت دوفازی، بعد از تولید و در حین نگهداری می‌شود (حدود ۵۰-۴۰ درصد جداسازی

• مواد و روش‌ها

مواد: ماست پاستوریزه شده با ترکیب متوسط ۲/۲۵ تا ۲/۵٪ چربی، ۴/۲۰ تا ۴/۹۰٪ پروتئین، ۱۲/۲۰ تا ۱۴/۵٪ ماده خشک با احتساب چربی و PH بین ۳/۹ تا ۴/۳ از شرکت لبنیات "پاک" تهیه شد. پودر ثعلب تجاری (متأسفانه از ترکیب، میزان خلوص و گونه‌ی ثعلب اطلاع دقیقی در دست نیست) و کتیرای نواری خالص از عطاری‌های سنتی، پودر صمغ گوار NAG755 با خلوص حداقل ۸۰٪ از شرکت پروویسکو (Provisco, Switzerland) و سدیم آزاید از شرکت مرک (Merck, Germany) خریداری شد. کتیرا نخست توسط خردکن چندکاره‌ی مدل MR ۵۵۵۰ M BC-HC (Braun, Germany) خرد، سپس توسط آسیاب (AQC 109 Laupen/Wald, Germany) پودر شد و پس از عبور دادن از الک آزمایشگاهی (پارس-بابک، No. 40) پودر الک شده، جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت.

روش‌ها: اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیک: برای بررسی رفتار جریان‌ی دوغ و اندازه‌گیری گرانروی ظاهری نمونه‌ها، از گرانروی‌سنج ویسکوالیت L فونجی‌لب (Barcelona, Spain) در دمای محیط استفاده شد. این دستگاه، قابلیت تنظیم سرعت چرخشی از ۰ تا ۲۰۰ دور بر دقیقه را داشت و دارای ۴ دوک (L_1 , L_2 , L_3 و Lcp) بود. مطابق کتابچه راهنمای دستگاه، فقط گرانروی‌های اندازه‌گیری شده در دامنه گشتاورهای ۱۰۰-۹۰٪ قابل اعتماد هستند.

اندازه‌گیری جداسازی سرمی: برای تعیین میزان دو فاز شدن از لوله‌های آزمایش به قطر ۱/۴ و طول ۱۶ سانتی‌متر استفاده شد. این لوله‌ها تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سمت پایین نشانه‌گذاری شدند. این ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر معادل ۱۰۰٪ در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها تا خط نشانه داخل لوله ریخته شدند (۱۲، ۱۰، ۷). لوله‌ها و درپوش‌های مورد استفاده، قبلاً داخل فور (ایران خودساز، ایران) در دمای 200°C به مدت ۳ ساعت سترون شدند. میزان جداسازی سرمی از فاصله خط نشانه (در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری) تا خط ایجاد شده بین دو فاز

سامانه‌های تخمیری می‌شوند (۱۲-۲). نتایج پژوهش‌های مختلف تأثیر مثبت هیدروکلوئیدها را روی کاهش آب‌انداختن سامانه‌های کلوئیدی تأیید می‌کنند. به‌طوری که در پژوهش Ayran صمغ‌های گوار و دانه افاقیا در غلظت ۰/۲۵٪ توانستند پایداری کامل را در دوغ تهیه شده در کشور ترکیه ایجاد کنند. در حالی که پکتین با متوکسیل بالا و ژلاتین، حتی در غلظت ۰/۵٪ هم نتوانستند این نوع دوغ را به‌طور کامل پایدار کنند. در ضمن، رفتار دوغ هم در اثر افزودن صمغ‌ها از حالت نیوتنی به حالت شبه‌پلاستیک تغییر یافت (۷). دو پژوهشگر هم از ترکیب ۵۰:۵۰ زانتان و صمغ دانه افاقیا در ماست همزده استفاده کردند و نشان دادند که استفاده از این ترکیب، قوام ماست را افزایش و جداسازی سرم را کاهش می‌دهد. در ضمن، اثر ترکیبی آنها بیشتر از اثر تکی بود (۸). از چندقندی‌هایی مثل صمغ دانه افاقیا، کربوکسی‌متیل سلولز، آلژینات و گوار برای افزایش غلظت و قوام و از کاراگینان برای کاهش آب‌انداختن در ماست استفاده شده و با ترکیب این دو گروه توانسته‌اند قوام را افزایش و آب‌انداختن را کاهش دهند (۹). فولی و مولکاهی برای پایدار کردن نوشیدنی ماست از پکتین، کربوکسی‌متیل سلولز و گلیکول آلژینات استفاده کردند. آنها توانستند با اضافه کردن ۰/۵-۰/۵۵٪ پکتین، جداسازی را کاهش دهند (۱۰). ویکر و همکاران نیز در پژوهش خود اعلام کردند که فشار همگن‌سازی (۱۷۰ بار) قادر به کاهش وزن مولکولی پکتین نبوده، ولی فشارهای بالا (۱۲۴۰ بار) توانسته وزن مولکولی پکتین را ۲۵٪ کاهش دهد. در ضمن آنها نشان دادند که فشار همگن‌سازی تأثیری روی توزیع پکتین ندارد (۱۱).

به‌طور کلی، هدف از انجام این پژوهش یافتن مناسب‌ترین هیدروکلوئیدها یا ترکیب‌های هیدروکلوئیدی جهت پایدارسازی دوغ و جلوگیری از جداسازی فازی آن بود. برای این منظور از دو نوع صمغ بومی و یک نوع صمغ تجاری (به دلیل وجود برخی گزارش‌ها در مورد مناسب بودن گوار در پایدارسازی) به‌صورت تکی و ترکیب دوتایی در غلظت‌های مختلف با و بدون اعمال فرایند حرارتی و عملیات مکانیکی استفاده شد.

۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه و همگن سازی در دو فشار ۱۰۰ و ۲۰۰ بار توسط همگن ساز (APV دانمارک) قرار گرفتند (در کل، ۴ تیمار). سپس از این دو گروه، نمونه برداری شد و نمونه‌ها در دمای 5°C به مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. البته، علاوه بر میزان جداسازی سرمی (طی ۳۰ روز)، میزان گرانشی ظاهری آنها نیز بررسی شد.

بررسی اثر افزودن ترکیب‌های دوتایی صمغ‌ها در میزان جداسازی سرمی: برای بررسی اثر ترکیبی صمغ‌ها، دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد (با توجه به نتایج آزمایش‌های قبلی و آزمون‌های حسی) با نسبت‌های ۵۰:۵۰، ۲۰:۸۰ و ۸۰:۲۰ وزنی-وزنی به نمونه‌ها اضافه شدند. صمغ‌های ترکیبی هم ابتدا توزین و سپس با هم مخلوط شدند. پس از اختلاط کامل، اندک اندک به محلول آب و نمک افزوده شدند. سپس فرایند پاستوریزه کردن محلول آب، نمک و صمغ در دمای 80°C به مدت ۱۵ ثانیه و همگن سازی دوغ حاصله در فشار ۲۰۰ بار انجام شد. سپس گرانشی ظاهری نمونه‌ها در حضور صمغ‌های ترکیبی و میزان جداسازی سرمی آنها طی ۳۰ روز نگهداری در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد.

آزمون‌های چشایی: برای بررسی ویژگی‌های حسی از آزمون چشایی هدونیک ۹ طبقه‌ای با کمک ۷ ارزیاب نیمه‌آموزش دیده برای بررسی ویژگی‌های حسی جهت انتخاب سطح قابل قبول صمغ‌های تکی و ترکیبی اضافه شده استفاده شد (۱۴، ۷). برای مقایسه میزان پذیرش نمونه‌های مختلف، این طبقه‌ها به امتیازهای عددی تبدیل شدند. بالاترین میزان پذیرش، امتیاز ۹ و کمترین آن امتیاز ۱ دریافت کرد. در نهایت، نتایج مقایسه میانگین، با توجه به حداکثر امتیازی که یک نمونه از تمام ارزیاب‌ها می‌توانست دریافت کند (۶۳ امتیاز = ۹ امتیاز \times ۷ ارزیاب) نمایش داده شد. لازم به توضیح است که در صمغ‌های ترکیبی، ترکیب‌هایی که بیشترین پایداری را در دوغ ایجاد کرده بودند، برای آزمون چشایی انتخاب شدند.

با خط‌کش اندازه‌گیری شد. به این ترتیب، هر میلی‌متر معادل یک درصد جداسازی فازی در نظر گرفته شد.

بررسی اثر افزودن تکی صمغ‌ها در میزان جداسازی سرمی: برای تولید دوغ از فرمول دوغ معمولی (۵۹/۳٪ آب، ۰/۷٪ نمک و ۴۰٪ ماست) استفاده شد (۱۳). نمونه‌ها در دو گروه با اعمال فرایند حرارتی (پاستوریزه شده) و بدون آن (پاستوریزه نشده) تهیه شدند. در نمونه‌های پاستوریزه نشده، برای تهیه محلول صمغ‌ها، ابتدا محلول آب و نمک و ۰/۰۴٪ سدیم آزاید تهیه و سپس صمغ‌ها کم‌کم و درحین هم‌زدن به محلول آب و نمک اضافه شدند (۵-۲). صمغ‌ها از غلظت ۰/۰۵٪ تا بیشترین غلظت قابل حل در آب، بدون ایجاد ژل یا کلوخه، به آب اضافه شدند. به این ترتیب، بیشترین غلظت قابل حل صمغ‌ها مشخص شد. غلظت صمغ‌های اضافه شده به آب و نمک به گونه‌ای محاسبه شد که غلظت آنها در فرمولاسیون دوغ نهایی بین ۰/۱ تا ۰/۵٪ وزنی-وزنی بود. پس از حل شدن صمغ‌ها، این محلول به ماست هم‌زده یکنواخت افزوده شد. اما در نمونه‌های پاستوریزه شده، از سدیم آزاید استفاده نشد و محلول آب، نمک و صمغ توسط پاستوریزه کننده ناپیوسته (رباط مخزن، ایران) در دمای 80°C به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد. سپس دمای آن با قرار دادن در آب سرد و هم‌زدن، به سرعت پایین آورده شد. پس از سرد کردن محلول تا دمای محیط، ماست در حین هم‌زدن (۱۳۰ rpm) به آن اضافه شد (۱۰، ۷). سپس از نمونه‌های هر دو روش، نمونه‌برداری شده و میزان جداسازی سرمی آنها در طول مدت نگهداری (۳۰ روز) در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های رئولوژیک دوغ در حضور صمغ‌ها نیز بررسی شد.

بررسی اثر عملیات مکانیکی در حضور صمغ‌ها روی میزان جداسازی سرم دوغ: برای این منظور، نمونه‌های دوغ حاوی صمغ با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ (۰/۴) برای ثعلب) درصد، مانند آنچه در بند قبل گفته شد، در دو گروه با فرایند پاستوریزه کردن و بدون آن تهیه شد. نمونه‌ها تحت تیمارهای هم‌زدن با همزن چندکاره مدل MR ۵۵۵۰M BC-HC (Braun آلمان) در دو سرعت

ثعلب و گوار در دمای 25°C مشاهده شد. بررسی اثرات افزودن تکی صمغ‌ها نشان داد که استفاده از غلظت‌های بالا، صمغ کتیرا، فرایند حرارتی و دمای نگهداری پایین (5°C) تأثیر مثبتی روی کاهش جداسازی سرمی داشتند. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، صمغ کتیرا نسبت به دو صمغ دیگر، تأثیر بهتری از خود نشان داده و گوار نیز بهتر از ثعلب عمل کرده است. به‌طوری که کتیرا توانست حتی در غلظت 0.3% هم در نمونه‌های پاستوریزه شده، پایداری کامل به وجود آورد. در حالی که ثعلب و گوار به ترتیب در غلظت‌های بالاتر (0.4% و 0.5%) یعنی بیشترین غلظت قابل حل خود در آب این میزان پایداری را ایجاد کردند. در ضمن، افزودن هر سه صمغ گوار، ثعلب و کتیرا سبب افزایش گرانشی و ایجاد رفتار شبه پلاستیک در دوغ شد که البته میزان این تغییرات، در موارد مختلف تفاوت‌هایی با یکدیگر داشت (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار آماری SPSS¹³ و MSTAT-C[®] و برای مقایسه میانگین ترکیب‌های مختلف از روش مقایسه چند دامنه‌ای دانکن و LSD استفاده شد. شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel رسم و همه آزمایش‌ها حداقل در سه تکرار انجام شدند. نتایج حاصل از آزمون‌های چشایی هم توسط طرح بلوک تصادفی، ارزیابی و برای تجزیه و تحلیل نتایج از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

• یافته‌ها

اثر افزودن صمغ‌ها به صورت تکی: با توجه به یافته‌های این بررسی، بیشترین میزان قابلیت انحلال ثعلب، کتیرا و گوار بدون ایجاد حالت ژله‌ای، به ترتیب در غلظت‌های 0.4% ، 0.5% و 0.5% درصد (در محلول آب و نمک) بود. مطابق جدول ۱ بیشترین میزان جداسازی سرمی در نمونه شاهد و نمونه‌های پاستوریزه نشده حاوی 0.1%

جدول ۱- تأثیر متقابل غلظت، نوع صمغ، دمای نگهداری و فرایند حرارتی روی میزان جداسازی سرمی دوغ (درصد) پس از ۳۰ روز نگهداری

جداسازی فازی (درصد)		جداسازی فازی (درصد)		نوع صمغ	غلظت (درصد)
دمای نگهداری 25°C		دمای نگهداری 5°C			
پاستوریزه نشده	پاستوریزه شده	پاستوریزه نشده	پاستوریزه شده		
۴۴/۶۷ a	۳۵/۶۷ bc	۳۵ bcd	۲۶/۳۳ g *	ثعلب	
۴۲/۳۳ a	۳۶ bc	۳۲/۶۷ de	۳۰ ef	گوار	۰/۱
۳۸/۳۳ b	۳۳/۶۷ cde	۳۸/۳۳ b	۲۷/۳۳ fg	کتیرا	
۳۴ cd	۱۳ i	۱۰/۳۳ i	۴/۶۷۷ jkl	ثعلب	
۲۱ h	۶/۳۳ j	۶ jk	۲/۶۶۷ klm	گوار	۰/۳
۴/۶۶۷ jkl	۰ m	۳/۶۷ jkl	۰ m	کتیرا	
۲۰ h	۲ lm	۲/۳۳۳ lm	۱ m	ثعلب	۰/۴ (ثعلب)
۱ m	۱ m	۰ m	۰ m	گوار	۰/۵
۱ m	۰ m	۰ m	۰ m	کتیرا	
۴۷ a	۴۷ a	۴۱ a	۴۱ a	شاهد	صفر

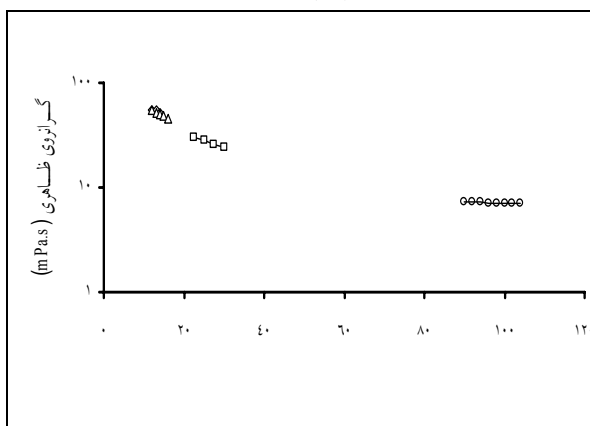
* حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه‌ی میانگین آماری است. حروف یکسان نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $0.99 (P < 0.01)$ و حروف مختلف، نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $0.99 (P < 0.01)$ است.

** حروف و اعداد پررنگ شده، بهترین پایداری ایجاد شده توسط صمغ‌ها را نشان می‌دهند.

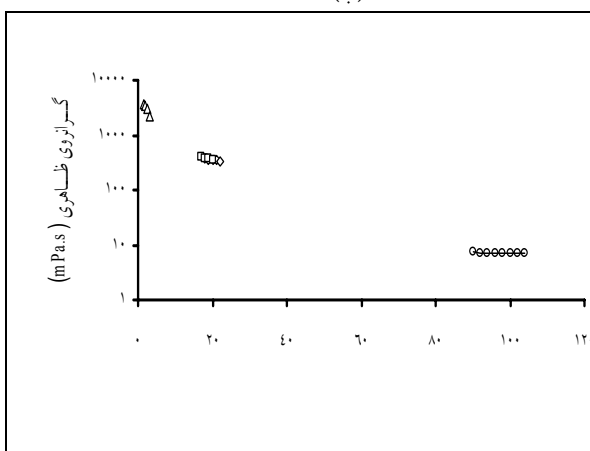
اثر عملیات مکانیکی در حضور صمغ‌ها: مطابق یافته‌های جدول ۲ بیشترین مقدار جداسازی در نمونه‌های پاستوریزه نشده حاوی ۰/۱٪ ثعلب و ۰/۱٪ گوار هم‌زده شده با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه مشاهده شد. کمترین مقدار جداسازی در نمونه‌های حاوی ۰/۵٪ گوار، ۰/۵٪ و ۰/۳٪ کتیرا در تیمارهای همگن‌سازی شده، دیده شد. انجام عملیات مکانیکی، تأثیری منفی بر فعالیت صمغ‌ها در پایدارسازی دوغ داشت. البته، تأثیر منفی همگن‌سازی، خیلی کمتر از هم‌زدن بوده و حتی در بعضی موارد، تأثیر مثبتی هم مشاهده شد. چنانچه در دوغ حاوی صمغ کتیرا (در غلظت ۰/۳٪ و بالاتر) علاوه بر کاهش گرانیروی ظاهری، میزان پایداری در حد نمونه بدون عملیات مکانیکی (جدول ۱) بود. هم‌زدن تأثیر منفی زیادی در غلظت‌های پایین داشت، اما در غلظت‌های بالاتر، تأثیر منفی آن کمتر بود. در ضمن، عملیات مکانیکی سبب کاهش گرانیروی دوغ حاوی صمغ شد (اطلاعات نشان داده نشده‌اند).

اثر افزودن صمغ‌ها به صورت ترکیب‌های دوتایی (G: گوار، S: ثعلب، K: کتیرا): بر اساس یافته‌های این پژوهش (جدول ۳)، بیشترین میزان جداسازی سرمی در غلظت ۰/۱٪ ترکیب ۵۰S+۵۰G در دمای ۲۵°C مشاهده شد که حتی میزان جداسازی آن از نمونه شاهد هم بیشتر بود. کمترین میزان جداسازی در غلظت ۰/۲٪ ترکیب ۸۰K+۲۰G در دمای ۵°C دیده شد. غلظت ۰/۲٪ ترکیب ۵۰K+۵۰G در دمای ۵°C بعد از این دو قرار گرفت. برای صمغ‌های ترکیبی، (مانند صمغ‌های تکی) دمای ۵°C اثر بهتری نسبت به دمای ۲۵°C داشت و این دمای پایین توانست اثر تشدیدکنندگی تأثیر صمغ‌ها روی همدیگر را تقویت کند. افزایش غلظت صمغ‌های ترکیبی تأثیر مثبتی در پایدارسازی دوغ‌ها داشت. در ترکیب‌های به کار برده شده، ترکیب‌هایی که دارای کتیرا بودند، بهترین پایداری را داشتند. بیشترین میزان گرانیروی ظاهری به ترتیب در دوغ‌های حاوی ترکیب ثعلب:کتیرا و ثعلب: گوار دیده شد. در حالی که بیشترین میزان پایدارسازی را ترکیب‌های کتیرا و گوار داشتند.

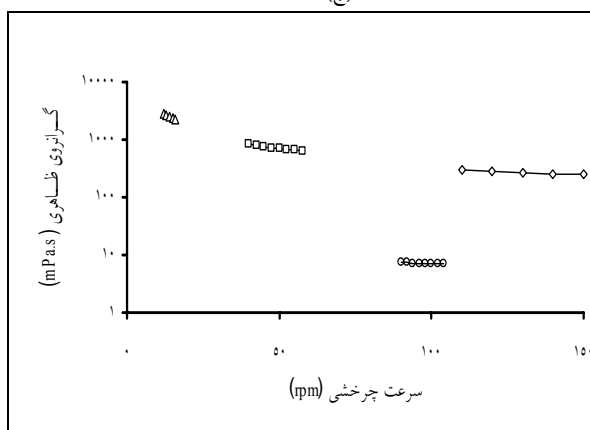
(الف)



(ب)



(ج)



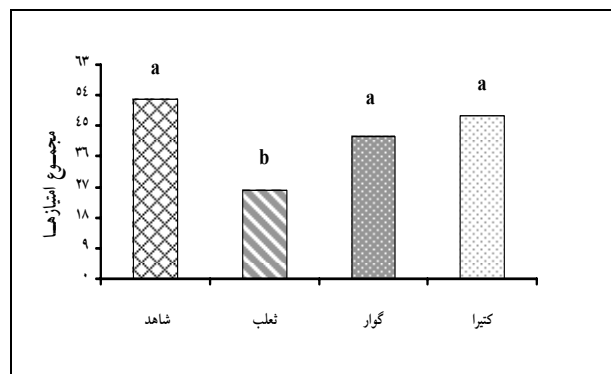
شکل ۱- نمایش تأثیر افزودن صمغ‌ها (◊، ثعلب: □، گوار: △، کتیرا و 0، شاهد) روی رفتار جریان دوغ پاستوریزه شده در سه غلظت: الف) ۰/۱٪ (Lep)، ب) ۰/۳٪ (L₁) و ج) ۰/۵٪ (ثعلب ۰/۴٪ (L₂)) اندازه‌گیری شده در دمای ۲۵°C

جدول ۲- نمایش اثر متقابل نوع صمغ، غلظت صمغ، فرایند حرارتی و تیمارهای مکانیکی (هم‌زدن و همگن‌کردن) روی میزان جداسازی فازی دوغ (درصد) پس از نگهداری به مدت ۳۰ روز در دمای ۵°C

جداسازی فازی (درصد)				نوع و مقدار صمغ					
پاستوریزه شده				پاستوریزه نشده					
۱۱۰۰۰	۹۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۱۰۰۰	۹۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰	غلظت	نوع صمغ
rpm	rpm	bar	bar	rpm	rpm	bar	bar	(درصد)	
۵۴	۵۴	۵۴	۵۳	۵۶	۶۱	۵۳	۵۳	۰/۱	تعلب
cde	cde	cde	cde	bcde	a	def	def *		
۴۰	۳۸	۱۳	۹	۳۸	۳۵	۲۳	۱۳	۰/۳	
g	gh	nop	opq	g	ghij	lm	nop		
۲۸	۲۹	۴	۲	۳۰	۳۷	۷	۵	۰/۴	گوار
k	k	qrst	st	jk	ghi	pqrs	qrst		
۵۵	۵۶	۵۱	۵۲	۶۱	۵۹	۵۷	۵۷	۰/۱	
bcde	abcd	ef	def	ab	abcd	abcd	abcd		
۳۶	۳۹	۹	۶	۳۲	۳۱	۱۶	۸	۰/۳	کتیرا
ghi	g	opq	qrst	hijk	ijk	no	pqr		
۲۹	۲۷	۰	۰	۱۷	۲۶	۲	۱	۰/۵	
k	kl	t	t	mn	kl	t	t		
۵۱	۵۰	۴۷	۴۷	۵۳	۵۰	۲۷	۳۰	۰/۱	شاهد
def	ef	f	f	def	ef	kl	jk		
۴۰	۳۹	۳	۱	۳۲	۳۳	۲	۲	۰/۳	
g	g	st	t	ijk	hijk	st	st		
۱۷	۱۶	۰	۲	۱۵	۱۷	۰	۰	۰/۵	
mn	n	t	t	no	mn	t	t		
۵۸	۶۱	۵۷	۵۷	۵۶	۵۷	۵۴	۵۵	صفر	
abcd	a	abcd	abcd	abcd	abcd	cde	cde		

* حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین آماری است حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب، نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ (P<۰/۰۱) است.

** حروف و اعداد پررنگ شده، بهترین پایدارسازی ایجاد شده توسط صمغ‌ها را نشان می‌دهند.

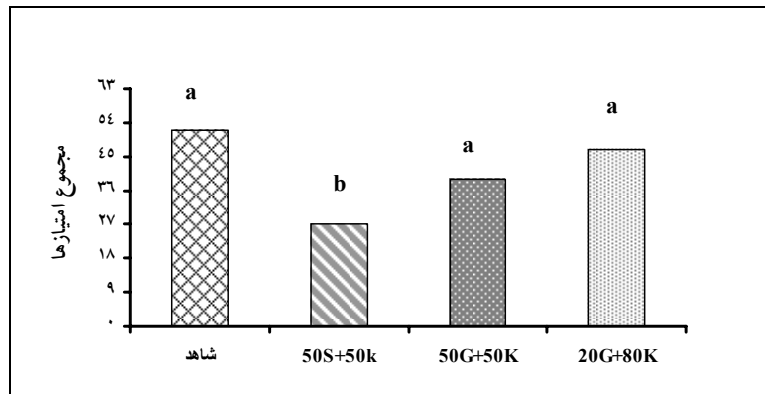


حروف لاتین، نشان دهند نتایج مقایسه میانگین آماری است. حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ (P<۰/۰۱) است.

شکل ۲- نمایش تأثیر صمغ‌های مختلف در غلظت ۰/۱٪ روی

میزان پذیرش نمونه‌های دوغ

آزمون‌های چشایی: همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در غلظت ۰/۱٪ صمغ‌های تکی، نمونه‌های حاوی کتیرا و گوار در مقایسه با شاهد و با همدیگر تفاوتی نداشتند، در حالی که نمونه حاوی تعلب با نمونه‌های حاوی کتیرا، گوار و شاهد، تفاوت معنی‌دار داشت. اما در نمونه‌های حاوی ترکیب صمغ‌ها (شکل ۳) در غلظت ۰/۲٪ اختلاف معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های حاوی ترکیب کتیرا و گوار مشاهده نشد. در ضمن، نمونه دارای تعلب و کتیرا با شاهد و دو نمونه دیگر اختلاف معنی‌دار داشت.



حروف لاتین کوچک، نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین آماری است که حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ (P<۰/۰۱) است.

شکل ۳- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف صمغ‌های ترکیبی، روی میزان پذیرش نمونه‌های دوغ در غلظت ثابت (۰/۰۲٪)

جدول ۳- نمایش اثر متقابل غلظت، نوع صمغ‌های ترکیبی و دمای نگهداری روی میزان جداسازی فازی دوغ پاستوریزه شده پس از ۳۰ روز نگهداری در دماهای مختلف و گرانی‌های نمونه‌ها (بلافاصله بعد از تهیه نمونه)

گرانی‌های ظاهری (mPa.s)	جداسازی فازی (درصد)		مقدار و نسبت ترکیب صمغ‌های دوتایی	
	۲۵°C	۵۰°C	غلظت (درصد)	ترکیب
۸/۶۶	۵۲ a	۴۵ efg **	۰/۱	
۲۲/۴۲	۴۱ hij	۴۰ ijk	۰/۲	50 S+ 50 G *
۸/۶۳	۴۲ ghij	۳۳ l	۰/۱	
۳۵/۰۹	۲۹ no	۱۶ p	۰/۲	50 S+ 50 K
۷/۶۵	۴۶ cde	۵۰ ab	۰/۱	
۲۴/۰۶	۲۵ n	۱۴ p	۰/۲	50 K+ 50G
۹/۰۱	۴۸ bed	۴۵ def	۰/۱	
۲۴/۳۴	۴۵ cdeF	۳۷ k	۰/۲	20 S+80 G
۹/۰۷	۳۷ k	۳۹ jk	۰/۱	
۴۹/۰۷	۲۷ mn	۱۹ o	۰/۲	20 S+ 80 K
۷/۳	۴۶ cdef	۴۸ bcd	۰/۱	
۱۷/۸۳	۳۰ lm	۲۵ n	۰/۲	20 K+ 80G
۸/۸	۴۸ bc	۴۳ fghi	۰/۱	
۲۲/۳۲	۳۹ jk	۳۷..k	۰/۲	80 S+20 G
۸/۸۶	۴۸ bed	۴۵ cdef	۰/۱	
۲۴/۰۴	۳۳ l	۳۲ l	۰/۲	80 S+20 K
۷/۰۷	۴۴ efgh	۳۷ k	۰/۱	
۲۳/۱۱	۲۰ o	۱۰ q	۰/۲	80 K+20 G
۶/۴	۴۶ cdef	۵۰ ab	۰	شاهد

* S: شلب، G: گوار، K: کتیرا

** حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین آماری است. حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱ (P<۰/۰۱) است.

*** حروف و اعداد پررنگ شده، بهترین پایدارسازی ایجاد شده توسط صمغ‌ها را نشان می‌دهند.

• بحث

جمع و رسوب ذرات کازئینی در فراورده‌های تخمیری شیر باعث جدا شدن سرم می‌شوند. بنابراین، یکی از راه‌های جلوگیری از جدا شدن سرم، استفاده از ترکیبات پایدار کننده مثل صمغ‌هاست (۱۵، ۱۲-۲). یافته‌های این بررسی نشان داد که جداسازی فازی دوغ‌های نگهداری شده در 5°C نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای 25°C کمتر بود. احتمالاً یکی از دلایل این تفاوت، این است که اولاً افزایش دما سبب کاهش پایداری فیزیکی شده (۱۰) ثانیاً در صورت وجود بنیان‌های آزاد، امکان تشکیل کمپلکس پروتئین و صمغ در دماهای پایین، واکنش بیشتر بوده است. زیرا در درجه حرارت‌های پایین، واکنش بین زیست‌بسپارها (بیوپلیمرها) بیشتر اتفاق می‌افتد و انرژی پیوند آسان‌تر تخلیه می‌شود (۱۷، ۱۶، ۳، ۲). از طرف دیگر، یافته‌ها نشان داد که میزان پایداری نمونه‌های پاستوریزه شده بیشتر از نمونه‌های پاستوریزه نشده بود که این مسأله احتمالاً بیشتر به دلیل تأثیر حرارت در افزایش حلالیت صمغ‌هاست (۷، ۲).

همچنین با افزایش غلظت صمغ، میزان پایداری بیشتر شد. احتمالاً هیدروکلوئیدهای اضافه شده، به‌ویژه در غلظت‌های بالا یک شبکه هیدروکلوئیدی در سراسر دوغ پدید می‌آورند که آب و کازئین‌ها در این شبکه، به‌دام افتاده و در نتیجه، از جداسازی سرمی جلوگیری می‌شود. این سازوکار در واقع سازوکار اصلی پایداری توسط هیدروکلوئیدهای غیرجاذب نیز هست که در غلظت‌های مناسب با تشکیل چنین شبکه‌ای و افزایش گرانی، سبب پایدار شدن مخلوط‌های کلوئیدی می‌شوند (۱۸). در غلظت‌های پایین، چون مقدار صمغ، بسیار کم است، ممکن است صمغ با جذب بیش از یک مولکول پروتئین، توده پروتئین را از سیال جدا کند که این امر منجر به افزایش جداسازی فازی می‌شود (۱۹، ۹) چنین مسئله‌ای در غلظت‌های پایین به‌ویژه در مورد ثعلب دیده شد. به‌طوری که میزان سرم جدا شده در حضور مقدار کم صمغ، بیش از نمونه شاهد بود.

عملکرد صمغ کتیرا در دوغ بهتر از سایر صمغ‌ها بود و در غلظت 0.3% هم در نمونه‌های پاستوریزه شده،

پایداری مناسبی ایجاد کرد. در حالی که ثعلب و گوار به ترتیب در غلظت‌های 0.4% و 0.5% یعنی بیشترین غلظت قابل حل خود در آب، چنین عملکردی داشتند. لازم به یادآوری است که کتیرا نسبت به دو صمغ دیگر، گرانی و ظاهری را نیز بیشتر افزایش داد که این تأثیر را مدیون خلوص بالا و قدرت ویسکوالاستیک بالا در غلظت‌های پایین است. این موضوع در پژوهش‌های قبلی نیز تأیید شده که در غلظت‌های مساوی ثعلب و کتیرا، کتیرا گرانی بسیار بیشتری نسبت به ثعلب دارد (۲۱، ۲۰).

از آن‌جا که مطابق یافته‌های سایر پژوهشگران، گوار نیز در افزایش گرانی و ظاهری محلول‌ها تأثیر فراوانی دارد، به همین دلیل آن را جزو صمغ‌های غیر جاذب تقسیم‌بندی می‌کنند (۱۸). به‌نظر می‌رسد که ثعلب و کتیرا نیز به‌دلیل افزایش گرانی و ظاهری و تغییر حالت دوغ از رفتار نیوتنی به شبه‌پلاستیک، مانند آنچه در مورد گوار اتفاق می‌افتد، احتمالاً جزو هیدروکلوئیدهای غیرجاذب باشند. زیرا غلظت‌های بالای صمغ‌های غیرجاذب، باعث افزایش و غلظت‌های بالای صمغ‌های جاذب سبب کاهش گرانی و ظاهری می‌شود (۲۲). به‌نظر می‌رسد، مکانیزمی که در این بررسی باعث افزایش پایداری و کاهش جداسازی فازی دوغ شد، همانا افزایش گرانی و به‌دام افتادن ذرات پروتئینی در یک شبکه گرانی بوده است.

اصولاً عملیات مکانیکی، سبب کوچک شدن و توزیع یکنواخت‌تر ذرات می‌شود که این امر ممکن است بتواند در واکنش پروتئین‌ها با صمغ‌های جاذب تأثیر داشته و آن را بهبود بخشد. اما در این بررسی، انجام عملیات مکانیکی، بر فعالیت صمغ‌ها در پایداری دوغ تأثیر منفی گذاشت. این مسأله ممکن است به‌دلیل به‌هم خوردن و متلاشی شدن شبکه پلی‌ساکاریدی و در نتیجه، کاهش گرانی باشد.

در ضمن، همگن‌سازی، حالتی یکنواخت و روان را در دوغ‌های حاوی صمغ ایجاد کرد، در حالی که هم‌زدن علاوه بر ایجاد کف، حالتی غیریکنواخت را در نمونه‌ها پدید آورد. گزارش شده که مقدار ماده خشک موجود در یک سامانه نیز در پایداری آن سامانه کلوئیدی توسط

بیشتری در واحد وزن، نسبت به ثعلب و گوار دارد (۲۱).
 (۲۰). کتیرا علاوه بر افزایش گرانیوی ظاهری، فعالیت تشدید خوبی با گوار نشان داد و به همین دلیل توانست پایدارسازی بهتری در دوغ ایجاد کند. اما به نظر می‌رسد که ثعلب با کتیرا و گوار حالت تشدید خوبی نداشت. در صمغ‌های ترکیبی، علاوه بر گرانیوی ظاهری، فعالیت هم‌زمان صمغ‌ها اثر زیادی در پایدارسازی داشت. زیرا با وجود آنکه دوغ‌های حاوی ترکیبات ثعلب: گوار و ثعلب: کتیرا گرانیوی ظاهری بالایی داشتند، ولی پایداری دوغ حاوی کتیرا و گوار بیشتر از آنها بود. شاید دلیل این تأثیر، این باشد که صمغ کتیرا دارای برهم‌کنش با گوار بوده و مولکول بزرگتری ایجاد می‌کند که توانایی نگهداری آب توسط آن بالاتر از چندقندی‌های کوچکتر است. چرا که صمغ‌های کتیرا و گوار در غلظت ۰/۲ درصد به‌صورت تکی به‌ترتیب حدود ۲۰٪ و ۳۵٪ (نتایج آزمایش‌های اولیه) جداسازی فازی داشتند که با ۱۰٪ جداسازی فازی مشاهده شده در غلظت ۰/۲٪ ترکیبی این دو صمغ، قابل مقایسه نیست. معمولاً استفاده هم‌زمان از ترکیب صمغ‌های جاذب و غیرجاذب توصیه می‌شود چرا که صمغ‌های جاذب، سبب کاهش آب‌انداختن و صمغ‌های غیرجاذب، سبب افزایش قوام می‌شوند و با ترکیب کردن این دو نوع صمغ، می‌توان به هر دو هدف رسید (۹).

ارزیاب‌ها در زمان استفاده از نمونه‌های حاوی ثعلب، از طعم خاکی که ثعلب در دوغ ایجاد کرده بود، شکایت داشتند و آن را نامطلوب توصیف می‌کردند. علت رد شدن نمونه‌های دارای غلظت‌های بالای کتیرا و گوار از طرف ارزیاب‌ها، غلظت و گرانیوی بالای دوغ عنوان شد و این در حالی است که کاهش پذیرش کلی در نمونه‌های با غلظت بالا، افزایش گرانیوی ظاهری و تغییر طعم اصلی نوشیدنی، گزارش شده است. در ضمن، عدم مطلوبیت گوار در نوشیدنی‌های تخمیری لبنی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲۶، ۲۵، ۷).

ثعلب در حالت ترکیبی هم، اثر نامطلوبی بر طعم دوغ ایجاد کرد و ارزیاب‌ها از طعم خاکی این نمونه، ناراضی بودند. شاید یکی از دلایل طعم نامطلوب، علاوه بر ترکیب

همگن‌سازی تأثیر به‌سزایی دارد (۲۳). مثلاً یافته‌های یک بررسی نشان داده که در سامانه‌های شیری اسیدی حاوی غلظت‌های پایین (۰/۲ تا ۰/۳ درصد) پکتین با متوکسیل بالا، استفاده از فشارهای همگن‌سازی، درصد جداسازی فازی را افزایش داده، ولی در غلظت‌های بالا (۰/۵ تا ۰/۶ درصد) استفاده از همگن‌سازی، تأثیری در پایداری نداشت (۲۴) دلیل این امر را می‌توان در وجود عدم وجود تناسب بین افزایش سطح ایجاد شده توسط همگن‌سازی با غلظت هیدروکلوئید جاذب موجود در سامانه برای پوشاندن سطوح ایجاد شده جست‌وجو کرد. ولی در پژوهش حاضر، نمونه‌های دوغ، حدود ۶٪ ماده خشک داشتند که استفاده از تیمارهای، مکانیکی به‌ویژه هم‌زدن، گرانیوی ظاهری آنها را در کلیه غلظت‌های اضافه شده را کم و جداسازی فازی آنها را زیاد کرد. این یافته، شاید دلیل دیگری برای غیرجاذب بودن صمغ‌های مورد استفاده باشد. به‌عبارت دیگر، با متلاشی شدن شبکه گرانیوی پلی‌ساکاریدی در اثر هم‌زدن و اعمال فشار، جداسازی فازی، افزایش یافته، در نتیجه، افزایش ناپایداری تاحدودی قابل توجیه است. البته ویکر و همکاران نیز هسو با مشاهدات این بررسی گزارش کردند گرچه فشارهای بالا (حدود ۱۲۴۰ بار) می‌تواند روی پکتین اثر گذاشته و وزن مولکولی آن را ۲۵٪ کاهش دهد، اما این فشار همگن‌سازی، روی توزیع اندازه پکتین، تأثیری ندارد. در ضمن، فشار ۱۷۰ بار از طریق کاهش گرانیوی و فشار ۱۲۴۰ بار از طریق کاهش گرانیوی و تا حدودی کاهش اندازه ذرات، به ناپایداری محصول کمک می‌کنند (۱۱).

صمغ‌های ترکیبی هم مثل صمغ‌های تکی پایدارسازی بهتری در دمای ۵ °C ایجاد کردند و دمای ۵ °C موجب تقویت اثر تشدید آنها شد که احتمالاً دلیل این موضوع، مشابه دلایل ذکر شده است. در ترکیب‌های مورد استفاده، ترکیب‌های حاوی کتیرا بهترین پایدارسازی را در دوغ داشتند. به‌نظر می‌رسد که این مسأله به دلیل خلوص بالای کتیرا (مستقیماً از کتیرای نواری حاصل از گیاه استفاده شد) و قدرت بالای تثبیت‌کنندگی آن در غلظت‌های کم باشد. زیرا کتیرا قدرت ژل‌کنندگی

شدن شبکه صمغی و در نتیجه، کاهش گرانروی است. در ضمن، صمغ‌های ترکیبی، به ویژه ترکیب گوار و کتیرا، نتیجه بهتری نسبت به حالت تکی در پایدارسازی دوغ داشتند. از دیدگاه ارزیابی‌های چشایی نیز کتیرا در حالت تکی، طعم بهتری نسبت به دو صمغ دیگر در دوغ ایجاد کرد و در صمغ‌های ترکیبی، هر قدر میزان کتیرا در ترکیب، بالاتر بود، پذیرش نهایی دوغ حاصل، و میزان پایداری دوغ، بیشتر بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری و زحمات بی‌دریغ آقای مهندس روحانی و همکاران ایشان در بخش تحقیق و توسعه کارخانه شیر و لبنیات پاستوریزه پاک به جهت فراهم آوردن امکانات جهت انجام این پژوهش و از همکاری آقای دکتر شمس (شرکت ولایاوران) جهت تأمین صمغ گوار سپاسگزاری می‌شود.

مواد موجود در پودر ثعلب تجاری، این واقعیت باشد که صمغ‌های غیرجاذب، برای اتصال با ترکیبات طعمی قابلیت اتصال بیشتری نسبت به صمغ‌های جاذب از خود نشان داده و طعم را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند. زیرا صمغ‌های جاذب با پروتئین‌ها درگیر شده و با ترکیبات طعمی، کمتر وارد واکنش می‌شوند. علاوه بر آن، استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی و فرایندهای حرارتی، سبب پوشیده شدن طعم طبیعی نوشیدنی ماست می‌شود (۱۰).

رفتار جریان دوغ، نیوتنی بود که با افزودن صمغ‌ها به شبه پلاستیک تغییر یافت. در ضمن، افزایش غلظت صمغ‌ها و استفاده از فرایند حرارتی، جداسازی فازی دوغ را کاهش داد. کتیرا نسبت به دو صمغ دیگر، تأثیر بیشتری در پایدارسازی دوغ از خود نشان داد و در غلظت ۰/۳٪ دوغ را کاملاً پایدار کرد. استفاده از عملیات مکانیکی روی دوغ حاوی صمغ‌ها، جداسازی فازی را افزایش داد که این مسئله احتمالاً مربوط به متلاشی

• References

- بی‌نام. آمارنامه کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۲).
- Abbasi, S. and Dickinson, E. Gelation of i-carrageenan and micellar casein mixtures under high hydrostatic pressure. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, (2004); 52: 1705–1714.
- Abbasi, S., and Dickinson, E. Interaction of micellar casein and i-carrageenan: influence of high pressure. *High Pressure Research*, (2003); 23: 71–75.
- Abbasi, S. and Dickinson, E. Induced rheological changes to low methoxyl pectin plus micellar casein mixtures by high pressure. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, (2002); 50: 3559–3565.
- Abbasi, S. and Dickinson, E. Influence of high-pressure treatment on gelation of skim milk powder + low methoxyl pectin dispersions. *High Pressure Research*, (2002); 22: 643–647.
- Dickinson, E. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein polysaccharide interaction. *Trends in Food Science and Technology* (1998); 9: 343–354.
- Koksoy, A., and Kilic, M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, Ayran. *Food Hydrocolloids* (2004); 18: 593–600.
- Keogh, M. K. and Okennedy, B. T. Rheology of stirred yoghurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. *Journal of Food Science* (1998); 63(1): 108–112.
- de Kruif, C. G. and Tuinier, R. Polysaccharide protein interaction. *Food Hydrocolloids* (2001); 15: 555–563.
- Foley, J., and Mulcahy, A. J. Hydrocolloid stabilization and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured butter milk. *Irish Journal of Food Science and Technology* (1989); 13: 43–50.
- Wicker, L., Corredig, M., and Kerr, W. L. Multi-angle light scattering estimation of pectin molecular weight and the effect of homogenization. In: P. A. Williams, and G. O. Phillips. *Gums and Stabilizers for the Food Industry*. Cambridge: Royal Society of Chemistry; (2000).
- Amice-Quemeneur, N., Haluk, J. P., and Hardy, J. Influence of the acidification process on the colloidal stability of acidic milk drinks prepared from reconstituted nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science* (1995); 78: 2683–2690.
- دوغ. استاندارد ملی شماره ۲۴۵۳. کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱۳۷۴.
- Meilgaard, M. Civille, G. V. and Carr, B. T. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd Edition. CRC Press; USA, (1999).

۱۵. Lucey, J. A. Tamehana, M. Singh, H., and Munro, P. A. Stability of model acid milk beverage: Effect of pectin concentration, storage temperature and milk heat treatment. *Journal of Texture Studies* (1999); 30: 305–318.
۱۶. Schmitt, C., Sanchez, C., Desobry-Banon, S., and Hardy, J. Structure and technofunctional properties of protein-polysaccharide complex: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (1998); 38(8): 689–753.
۱۷. Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., and de Kruif, C. G. Stability and gelation of carrageenan + skim milk mixtures: Influence of temperature and carrageenan type. In: E. Dickinson, and R. Miller, *Food Colloids Fundamentals of Formulation*. Cambridge: Royal Society of Chemistry; (2001).
۱۸. Syrbe, A. Bauer, W. J. and Klostremeyer, H. Polymer science concepts in dairy system. A review of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal* (1998); 8: 179–193.
۱۹. Dickinson, E. Hydrocolloids at the interfaces and the influence on the properties of dispersed system. *Food Hydrocolloids* (2002); 17: 25–39.
۲۰. عباسی س، فروغی‌نیا، س. بررسی اثر برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی بر رفتار جریان محلول صمغ ثعلب. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان* ۱۳۸۶؛ زیر چاپ.
۲۱. عباسی س، رحیمی س. بررسی تأثیر غلظت، دما، پهاش و سرعت چرخشی روی رفتار جریان محلول صمغ کتیرای ایرانی. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران* ۱۳۸۴؛ ۲(۴): ۲۹–۴۲.
۲۲. Everett, D. W., and McLeod, R. E. Interaction of polysaccharide stabilizers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *International Dairy Journal* (2005); 15: 1175–1183.
۲۳. Tamime, A. Y., and Robinson, R. K. *Yoghurt Science and Technology*. Woodland Publishing Ltd and CRC Press UK, (1999).
۲۴. Leskauskaite, D., Liutkevichius, A., and Valantinaite, A. Influence of the level of pectin on the process of protein stabilization in an acidified milk system. *Milk Science International* (1998); 53(3): 149–152.
۲۵. امینی‌فر، م، موسوی س م، امام جمعه، ز. تأثیر انواع هیدروکلوئیدها و غلظت یونی بر پایداری نوشیدنی‌های لبنی تخمیری. در: خلاصه مقالات دومین همایش و نمایشگاه بزرگ صنایع غذایی، اصفهان؛ ۱۳۸۵؛ ص ۱۵۸.
۲۶. Lo, C. G., Lee, K. D., Richter, R. L., and Dill, C. W. Dairy foods influence of guar gum on the distribution of some flavor compounds in acidified milk products. *Journal of Dairy Science*. (1996); 79:2081–2090.