مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوم، شماره۲، تابستان ۱۳۸۶ ، صفحات ۱۵ تا ۲۵

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

سحر فروغی‌نیا[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 تُن 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 ۴۰٪ 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 ۸۰:۲۰، ۸۰:۲۰ 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 هم زدن و همگن‌سازی روی پایداری دوغ در حضور صمغ‌ها مطالعه و از آزمون هدونیک ۹ طبقه‌ای جهت بررسی ویژگی‌های حسی استفاده شد.

یافته ها: اضافه کردن تکی صمغ‌ها عموماً سبب افزایش پایداری دوغ شد، ولی در این میان، تأثیر صمغ کتیرا بهتر از دو صمغ دیگر بود. به‌طوری که این صمغ توانست در غلظت ۰/۳٪ دوغ را به‌طور 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. به‌علاوه، 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 هیدروکلوئیدهای غیرجاذب هستند، با افزایش گرانروی 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 گرانروی و افزایش جداسازی فازی در دوغ شد.

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

• مقدمه

دوغ یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان است که جزو فراورده‌های 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 هزارتُن بوده است. در این فراورده، به‌دلیل 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 فازی طی یک ماه). در شرایط عادی، آب‌انداختن دوغ، ارزش غذایی آن را کم نمی‌کند ولی ظاهر طبیعی آن را نامطلوب می‌سازد.

اضافه کردن هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها یکی از راه‌های افزایش پایداری، جلوگیری از دوفاز شدن و جلوگیری از رسوب پروتئین‌ها در فراورده‌های تخمیری است. هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها با افزایش گرانروی ظاهری فراورده یا در اثر برهم‌کنش‌های کلوئیدی از نوع ممانعت فضایی (steric) و دفع الکترواستاتیک، سبب پایداری

Archive of SID
www.SID.ir

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 اقاقیا در غلظت ۰/۲۵٪ توانستند پایداری کامل را در دوغ تهیه شده در کشور ترکیه ایجاد کنند. در حالی‌که 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 اقاقیا 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 اقاقیا، کربوکسی‌متیل‌سلولز، 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، کربوکسی متیل 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 تاثیری 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.

• 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 پرووِیسکو (Provisco, Switzerland) و سدیم آزاید از شرکت مِرک (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،40 .No) پودر الک شده، جمع‌آوری و مورداستفاده 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 فازشدن 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 نشانهٔ داخل لوله ریخته شدند (۱۲، ۱۰، ۷). لوله‌ها و درپوش‌های مورد استفاده، قبلاً داخل فور (ایران خودساز، ایران) در دمای 200^0C به مدت ۳ ساعت سترون شدند. میزان جداسازی سرمی از فاصله خط نشانه (در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری) تا خط ایجاد شده بین دو فاز

Archive of SID

www.SID.ir

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. به‌این ترتیب، بیشترین غلظت قابل حل صمغ‌ها مشخص شد. غلظت صمغ‌های اضافه شده به آب و نمک به‌گونه‌ای محاسبه شد که غلظت آنها در فرمولاسیون دوغ نهایی بین ۰/۱تا 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 $80\ ^0C$ 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 BC–HC MR ۵۵۵۰M Braun) آلمان) در دو سرعت ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱ دقیقه و همگن‌سازی در دو فشار ۱۰۰ و ۲۰۰ بار توسط همگن‌ساز (APV دانمارک) قرار گرفتند (در کل، ۴تیمار). سپس از این دو گروه، نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها در دمای $5\ ^0C$ به‌مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. البته، علاوه بر میزان جداسازی سرمی (طی ۳۰ روز)، میزان گرانروی 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 ، ۸۰:۲۰ و ۲۰:۸۰ 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 $80\ ^0C$ به‌مدت ۱۵ ثانیه و همگن‌سازی دوغ حاصله در فشار ۲۰۰ بار انجام شد. سپس گرانروی 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 × 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.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار آماری $SPSS_{13}$ 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.

• یافته ها

اثر افزودن صمغ‌ها به صورت تکی: با توجه به یافته‌های این بررسی، بیشترین میزان قابلیت انحلال ثعلب، کتیرا و گوار بدون ایجاد حالت ژله‌ای، به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۵ درصد (در محلول آب و نمک) بود. مطابق جدول ۱ بیشترین میزان جداسازی سرمی در نمونه شاهد و نمونه‌های پاستوریزه نشده حاوی ۰/۱٪ ثعلب و گوار در دمای 25^0C مشاهده شد. بررسی اثرات افزودن تکی صمغ‌ها نشان داد که استفاده از غلظت‌های بالا، صمغ کتیرا، فرایند حرارتی و دمای نگهداری پایین (5^0C) 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 ۰/۳٪ هم در نمونه‌های پاستوریزه شده، پایداری کامل به وجود آورد. در حالی‌که ثعلب و گوار به‌ترتیب در غلظت‌های بالاتر (۰/۴و ۰/۵٪)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 گرانروی و ایجاد رفتار شبه پلاستیک در دوغ شد که البته میزان این تغییرات، در موارد مختلف تفاوت‌هایی با یکدیگر داشت (شکل ۱).

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

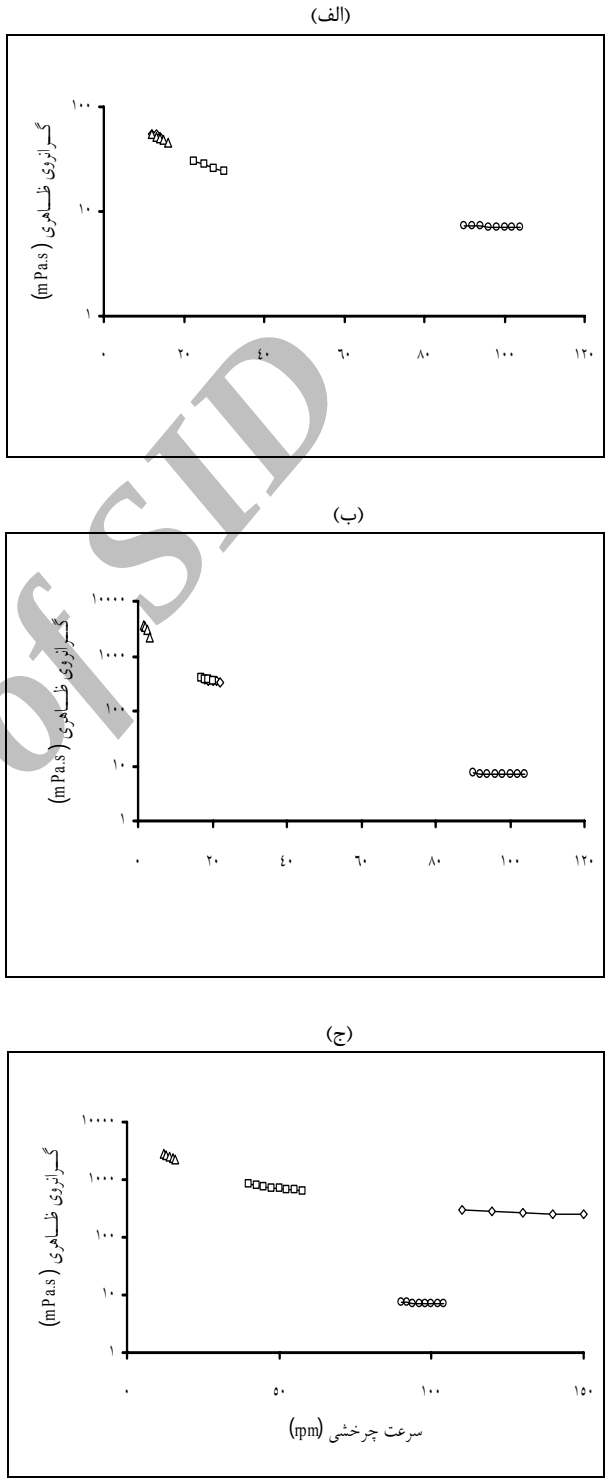
جداسازی فازی (درصد)		جداسازی فازی (درصد)			
		دمای نگهداری 5^0C		دمای نگه‌داری 25^0C	
غلظت (درصد)	نوع صمغ	پاستوریزه شده	پاستوریزه نشده	پاستوریزه شده	پاستوریزه نشده
	ثعلب	۲۶/۳۳ g *	۳۵ bcd	۳۵/۶۷ bc	۴۴/۶۷ a
۰/۱	گوار	۳۰ ef	۳۲/۶۷ de	۳۶ bc	۴۲/۳۳ a
	کتیرا	۲۷/۳۳ fg	۳۸/۳۳ b	۳۳/۶۷ cde	۳۸/۳۳ b
	ثعلب	۴/۶۷۷ jkl	۱۰/۳۳ i	۱۳ i	۳۴ cd
۰/۳	گوار	۲/۶۶۷ klm	۶ jk	۶/۳۳ j	۲۱ h
	کتیرا	**۰ m**	۳/۶۷ jkl	**۰ m**	۴/۶۶۷ jkl
۰/۴ (ثعلب)	ثعلب	**۱ m**	۲/۳۳۳ lm	۲ lm	۲۰ h
۰/۵	گوار	**۰ m**	**۰ m**	**۱ m**	**۱ m**
	کتیرا	**۰ m**	**۰ m**	**۰ m**	**۱ m**
صفر	شاهد	۴۱ a	۴۱ a	۴۷ a	۴۷ a

* حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه‌ی میانگین آماری است. حروف یکسان نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ ($P<0/01$) و حروف مختلف، نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ ($P<0/01$) است.

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

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمایش تأثیر افزودن صمغ‌ها (◊، ثعلب: □، گوار؛ △، کتیرا و ○، شاهد) روی رفتار جریانی دوغ پاستوریزه شده در سه غلظت: الف) ۰/۱٪ (Lcp)، ب) ۰/۳٪ (L_1) و ج) ۰/۵٪ (ثعلب ۰/۴٪) (L_2) اندازه‌گیری شده در دمای $25^{o}C$

اثر عملیات مکانیکی در حضور صمغ‌ها: مطابق یافته‌های جدول ۲ بیشترین مقدار جداسازی در نمونه‌های پاستوریزه نشده حاوی ۰/۱٪ ثعلب و ۰/۱٪ گوارِ 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 گرانروی 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 گرانروی دوغ حاوی صمغ شد (اطلاعات نشان داده نشده‌اند).

اثر افزودن صمغ‌ها به‌صورت ترکیب‌های دوتایی (G:گوار S:ثعلب K:کتیرا): بر اساس یافته‌های این پژوهش (جدول۳)، بیشترین میزان جداسازی سرمی در غلظت ۰/۱٪ ترکیب ۵۰S+۵۰G در دمای $25\ ^{0}C$ 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 $5\ ^{0}C$ دیده شد. غلظت ۰/۲٪ ترکیب ۵۰K+۵۰G در دمای $5^{0}C$ بعد از این دو قرار گرفت. برای صمغ‌های ترکیبی، (مانند صمغ‌های تکی) دمای $5^{0}C$ اثر بهتری نسبت به دمای $25^{0}C$ داشت و این دمای پایین توانست اثر تشدیدکنندگی تاثیر 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 گرانروی ظاهری به ترتیب در دوغ‌های حاوی ترکیب ثعلب:کتیرا و ثعلب: گوار دیده شد. در حالی‌که بیشترین میزان پایدارسازی را ترکیب‌های کتیرا و گوار داشتند.

Archive of SID

www.SID.ir

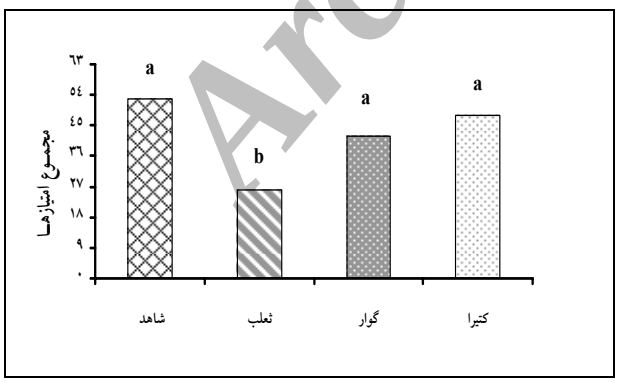
جدول ۲- نمایش اثر متقابل نوع صمغ، غلظت صمغ، فرایند حرارتی و تیمارهای مکانیکی (هم‌زدن و همگن‌کردن) روی میزان جداسازی فازی دوغ (درصد) پس از نگهداری به مدت ۳۰ روز در دمای 5^0C

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

* 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٪ ($P<0/01$) است.

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

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 حالی‌که نمونه حاوی ثعلب 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 ثعلب و کتیرا با شاهد و دو نمونه دیگر اختلاف معنی‌دار داشت.

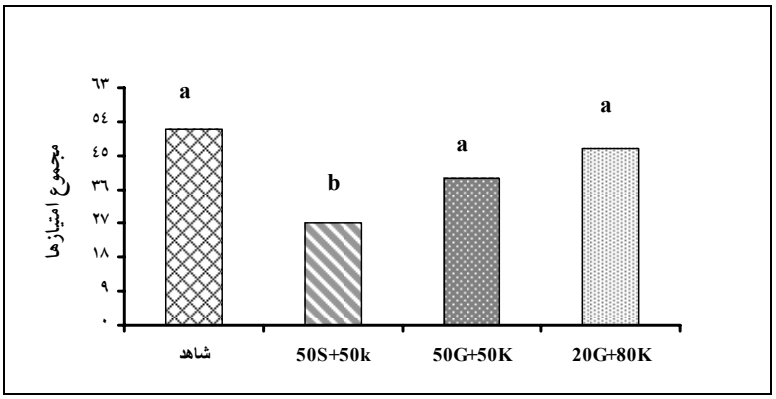


حروف لاتین، نشان دهند نتایج مقایسه میانگین آماری است. حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ ($P<0/01$) است.

شکل ۲- نمایش تأثیر صمغ‌های مختلف در غلظت ۰/۱٪ روی میزان پذیرش نمونه‌های دوغ

Archive of SID

www.SID.ir



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

شکل۳- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف صمغ‌های ترکیبی، روی میزان پذیرش نمونه‌های دوغ در غلظت ثابت (۰/۲٪)

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 گرانروی نمونه‌ها(بلافاصله بعد از تهیه نمونه)

مقدار و نسبت ترکیب صمغ‌های دوتایی		جداسازی فازی (درصد)		گرانروی‌ظاهری
ترکیب	غلظت (درصد)	۵ ^{0}C	۲۵^{0}C	(mPa.s)
50 S+ 50 G ⋆	۰/۱	۴۵ efg ⋆⋆	۵۲ a	۸/۶۶
	۰/۲	۴۰ ijk	۴۱ hij	۲۲/۴۲
50 S+ 50 K	۰/۱	۳۳ l	۴۲ ghij	۸/۶۳
	۰/۲	**۱۶ p**	۲۹ no	۳۵/۰۹
50 K+ 50G	۰/۱	۵۰ ab	۴۶ cde	۷/۶۵
	۰/۲	**۱۴ p**	۲۵ n	۲۴/۰۶
20 S+80 G	۰/۱	۴۵ def	۴۸ bcd	۹/۰۱
	۰/۲	۳۷ k	۴۵ cdeF	۲۴/۳۴
20 S+ 80 K	۰/۱	۳۹ jk	۳۷ k	۹/۰۷
	۰/۲	۱۹ o	۲۷ mn	۴۹/۰۷
20 K+ 80G	۰/۱	۴۸ bcd	۴۶ cdef	۷/۳
	۰/۲	۲۵ n	۳۰ lm	۱۷/۸۳
80 S+20 G	۰/۱	۴۳ fghi	۴۸ bc	۸/۸
	۰/۲	۳۷..k	۳۹ jk	۲۲/۳۲
80 S+20 K	۰/۱	۴۵ cdef	۴۸ bcd	۸/۸۶
	۰/۲	۳۲ l	۳۳ l	۲۴/۰۴
80 K+20 G	۰/۱	۳۷ k	۴۴ efgh	۷/۰۷
	۰/۲	**۱۰ q**	۲۰ o	۲۳/۱۱
شاهد	۰	۵۰ ab	۴۶ cdef	۶/۴

⋆ S:ثعلب ، 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 معنی‌دار در سطح ۹۹٪ (P<۰/۰۱) است.

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

Archive of SID

www.SID.ir

• 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 5^0C نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای 25^0C کمتر بود. احتمالا 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 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 پایدارسازی توسط هیدروکلوئیدهای غیرجاذب نیز هست که در غلظت‌های مناسب با تشکیل چنین شبکه‌ای و افزایش گرانروی، 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 سیّال 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 ۰/۳٪ هم در نمونه‌های پاستوریزه شده، پایداری مناسبی ایجاد کرد. در حالی‌که ثعلب و گوار به ترتیب در غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۵ ٪ یعنی بیشترین غلظت قابل حل خود در آب، چنین عملکردی داشتند. لازم به یادآوری است که کتیرا نسبت به دو صمغ دیگر، گرانروی 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 گرانروی بسیار بیشتری نسبت به ثعلب دارد (۲۱، ۲۰).

از آن‌جا که مطابق یافته‌های سایر پژوهشگران، گوار نیز در افزایش گرانروی ظاهری محلول‌ها تاثیر فراوانی دارد، به همین دلیل آن را جزو صمغ‌های غیر جاذب تقسیم‌بندی می‌کنند (۱۸). به‌نظر می‌رسد که ثعلب و کتیرا نیز به‌دلیل افزایش گرانروی 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 گرانروی ظاهری می‌شود (۲۲). به‌نظر می‌رسد، مکانیزمی که در این بررسی باعث افزایش پایداری و کاهش جداسازی فازی دوغ شد، همانا افزایش گرانروی و به‌دام افتادن ذرات پروتئینی در یک شبکه گرانرو 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 پایدارسازی دوغ تأثیر منفی گذاشت. این مسأله ممکن است به‌دلیل به‌هم خوردن و متلاشی شدن شبکه پلی‌ساکاریدی و در نتیجه، کاهش گرانروی باشد.

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

Archive of SID

www.SID.ir

همگن‌سازی تأثیر به سزایی دارد (۲۳). مثلا یافته‌های یک بررسی نشان داده که در سامانه‌های شیریِ اسیدی حاوی غلظت‌های پایین (۰/۲تا ۰/۳درصد) پکتین با متوکسیل بالا، استفاده از فشارهای همگن‌سازی، درصد جداسازی فازی را افزایش داده، ولی در غلظت‌های بالا (۰/۵تا ۰/۶ درصد) استفاده از همگن‌سازی، تأثیری در پایداری نداشت (۲۴) دلیل این امر را می‌توان در وجود یا 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، گرانروی 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 گرانرو پلی‌ساکاریدی در اثر هم‌زدن و اِعمال 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 گرانروی و فشار ۱۲۴۰ بار از طریق کاهش گرانروی و تا حدودی کاهش اندازه ذرات، به ناپایداری محصول کمک می‌کنند (۱۱).

صمغ‌های ترکیبی هم مثل صمغ‌های تکی پایدارسازی بهتری در دمای ^{0}C ۵ ایجاد کردند و دمای ^{0}C ۵ موجب تقویت اثر تشدیدی 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 تثبیت کنندگی آن در غلظت‌های کم باشد. زیرا کتیرا قدرت ژل‌کنندگی بیشتری در واحد وزن، نسبت به ثعلب و گوار دارد (۲۱، ۲۰). کتیرا علاوه بر افزایش گرانروی ظاهری، فعالیت تشدیدی 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 تشدیدی خوبی نداشت. در صمغ‌های ترکیبی، علاوه بر گرانروی ظاهری، فعالیت هم‌زمان صمغ‌ها اثر زیادی در پایدارسازی داشت. زیرا با وجود آنکه دوغ‌های حاوی ترکیبات ثعلب: گوار و ثعلب: کتیرا گرانروی 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 فازیِ 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 گرانروی بالای دوغ عنوان شد و این در حالی است که کاهش پذیرش کلی در نمونه‌های با غلظت بالا، افزایش گرانروی 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

Archive of SID

www.SID.ir

مواد موجود در پودر ثعلبِ 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 جریانی دوغ، نیوتنی بود که با افزودن صمغ‌ها به شبه‌پلاستیک 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 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 ارزیاب‌های 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 به‌جهت فراهم آوردن امکانات جهت انجام این پژوهش و از همکاری آقای دکتر شمس (شرکت ولایاوران) جهت تأمین صمغ گوار سپاسگزاری می‌شود.

• References

۱. بی‌نام. آمارنامه کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۲).

2. 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.
3. Abbasi, S., and Dickinson, E. Interaction of micellar casein and i-carrageenan: influence of high pressure. High Pressure Research, (2003); 23: 71–75.
4. 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.
5. 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.
6. Dickinson, E. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein polysaccharide interaction. Trends in Food Science and Technology (1998); 9: 343–354.
7. Koksoy, A., and Kilic, M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, Ayran. Food Hydrocolloids (2004); 18: 593–600.
8. 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.
9. de Kruif, C. G. and Tuinier, R. Polysaccharide protein interaction. Food Hydrocolloids (2001); 15: 555–563.
10. 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.
11. 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).
12. 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.

۱۳. دوغ. استاندارد ملی شماره ۲۴۵۳، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱۳۷۴.

14. Meilgaard, M. Civille, G. V. and Carr, B. T. Sensory Evaluation Techniques. 3rd Edition. CRC Press; USA, (1999).

Archive of SID

www.SID.ir

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.

22. 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.
23. Tamime, A. Y., and Robinson, R. K. Yoghurt Science and Technology. Woodland Publishing Ltd and CRC Press UK, (1999).
24. 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.

26. 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.

15. 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.
16. 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.
17. Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., and de Kruif, C. G. Stability and gelation of carrageenan + skim milk mixtueres: Influence of temperature and carrageenan type. In: E. Dickinson, and R. Miller, Food Colloids Fundamentals of Formulation. Cambridge: Royal Society of Chemistry; (2001).
18. 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.
19. 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 عامل‌های فیزیکی و شیمیایی بر رفتار جریان محلول صمغ ثعلب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۸۶؛ زیر چاپ.

Archive of SID

www.SID.ir