

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

سحر فروغی‌نیا<sup>۱</sup>، سلیمان عباسی<sup>۲</sup>، زهره حمیدی اصفهانی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

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

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

تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۶

تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۲۱

### 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 تجاري (گوار) در افزایش پایداری و کاهش دوفاز شدن دوغ (حاوی ۴۰٪ ماست) بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** سه نوع صمغ، به صورت تکی در غلظت‌های ۱/۰، ۰/۵ و ۰/۰٪ درصد و ترکیب‌های دوتایی (به نسبت ۲۰:۸۰ و ۵۰:۵۰) در غلظت‌های ۱/۰ و ۰/۰٪ 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.

**یافته‌ها:** 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 ۰/۰٪ 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 نیوتونی به حالت شبه‌پلاستیک شد و انجام عملیات مکانیکی سبب کاهش پایداری دوغ‌های حاوی صمغ شد. به‌علاوه، اضافی گروه چشایی ارزیابی حسی، به دوغ حاوی کتیرا و ترکیب کتیرا و گوار بالاترین امتیاز را دادند.

**نتیجه‌گیری:** احتمالاً ثعلب و کتیرا که از هیدروکلولوئیدهای غیرجاذب هستند، با افزایش گرانزوی 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 گرانزوی و افزایش جداسازی فازی در دوغ شد.

**واژگان کلیدی:** دوغ، جداسازی سرمی، هیدروکلولوئیدها، 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 هیدروکلولوئیدها یا صمغ‌ها یکی از راه‌های افزایش پایداری، جلوگیری از دوفاز شدن و جلوگیری از رسوب پروتئین‌ها در فراورده‌های تخمیری است. هیدروکلولوئیدها یا صمغ‌ها با افزایش گرانزوی ظاهری فراورده یا در اثر برهم‌کنش‌های کلولئیدی از نوع ممانعت فضایی (steric) و دفع الکترواستاتیک، سبب پایداری

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 ۱۲۰، ۴۸ و ۱۳۸۲ تریلیون ریال به دلیل PH پایین، هزارتن بوده است. در این فراورده، به دلیل پروتئین، 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 ۴۰-۵۰ درصد جداسازی

### • مواد و روش‌ها

مواد: ماست پاستوریزه شده با ترکیب متوسط ۲/۲۵ تا ۲/۵٪ چربی، ۴/۹۰٪ ۴/۲۰ تا ۱۴/۵٪ ۱۲/۲۰ پروتئین، ۳/۹ تا ۴/۳٪ PH بین ۷/۰ تا ۷/۴ ماده خشک با احتساب چربی و Ayran صمغ‌های گوار و دانه اقاقیا در غلظت ۰/۲۵٪ توانستند پایداری کامل را در دوغ تهیه شده در کشور ترکیه ایجاد کنند. به طوری 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 حالی که پکتین با متوكسیل بالا و ژلاتین، حتی در غلظت ۰/۵٪ هم نتوانستند این نوع دوغ را به طور کامل پایدار کنند. در ضمن، رفتار دوغ هم در اثر افزودن صمغ‌ها از حالت نیوتونی به حالت شبہ‌پلاستیک 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 چندقدنی‌هایی مثل صمغ دانه اقاقیا، کربوکسی متیل سلولز، آلزینات 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 آلزینات 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 ۰/۲۵٪ کاهش دهد. در ضمن آنها نشان دادند که فشار همگن‌سازی تاثیری روی توزیع پکتین ندارد (۱۱).

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<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> و L<sub>4</sub>) بود. مطابق کتابچه راهنمای دستگاه، فقط گرانروی‌های اندازه‌گیری شده در دامنه گشتاورهای ۱۰۰-۹۰٪ قابل اعتماد هستند.

اندازه‌گیری جداسازی سرمی: برای تعیین میزان دو فازشنده از لوله‌های آزمایش به قطر ۱/۴ و طول ۱۶ سانتی‌متر استفاده شد. این لوله‌ها تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر 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 دربوش‌های مورد استفاده، قبلًا داخل فور (ایران خودساز، ایران) در دمای ۰°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 هیدروکلوفیدها را روی کاهش آب‌انداختن سامانه‌های کلوئیدی تأیید می‌کنند. به طوری 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 حالی که پکتین با متوكسیل بالا و ژلاتین، حتی در غلظت ۰/۵٪ هم نتوانستند این نوع دوغ را به طور کامل پایدار کنند. در ضمن، رفتار دوغ هم در اثر افزودن صمغ‌ها از حالت نیوتونی به حالت شبہ‌پلاستیک 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 چندقدنی‌هایی مثل صمغ دانه اقاقیا، کربوکسی متیل سلولز، آلزینات 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 آلزینات 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 ۰/۲۵٪ کاهش دهد. در ضمن آنها نشان دادند که فشار همگن‌سازی تاثیری روی توزیع پکتین ندارد (۱۱).

به طور کلی، هدف از انجام این پژوهش یافتن مناسب‌ترین هیدروکلوفیدها یا ترکیب‌های هیدروکلوفیدی 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) به صورت تکی و ترکیب دو تایی 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 همگن‌سازی در دو فشار ۱۰۰ و ۲۰۰ بار توسط همگن‌ساز APV (دانمارک) قرار گرفتند (در کل، ۴ تیمار). سپس از این دو گروه، نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. البته، علاوه بر میزان جداسازی سرمی (طی ۳۰ روز)، میزان گرانش روی ظاهری آنها نیز بررسی شد.

بررسی اثر افزودن ترکیب‌های دوتایی صمغ‌ها در میزان جداسازی سرمی: برای بررسی اثر ترکیبی صمغ‌ها، دو غلظت  $0/1$  و  $0/2$  درصد (با توجه به نتایج آزمایش‌های قبلی و آزمون‌های حسی) با نسبت‌های  $۵/۵$ ،  $۵/۴$ ،  $۴/۶$  و  $۲/۸$  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  $0^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۵ ثانیه و همگن‌سازی دوغ حاصله در فشار ۲۰۰ بار انجام شد. سپس گرانش روی 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 حداقل امتیازی که یک نمونه از تمام ارزیاب‌ها می‌توانست دریافت کند (۶۳ امتیاز =  $9 \times 7$  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 ( $5/۳$ ) آب،  $۷/۰$ % نمک و  $۴/۰$ % 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 آزاد تهیه و سپس صمغ‌ها کم کم و در حین همزنده شدند به محلول آب و نمک اضافه شدند (۲-۵). 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 همزنده یکنواخت افزوده شد. اما در نمونه‌های پاستوریزه شده، از سدیم آزاد استفاده نشد و محلول آب، نمک و صمغ توسط پاستوریزه کننده ناپیوسته (رباط مخزن، ایران) در دمای  $0^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد. سپس دمای آن با قرار دادن در آب سرد و همزنده، به سرعت پایین آورده شد. پس از سرد کردن محلول تا دمای محیط، ماست در حین همزنده (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  $۰/۵$  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 همزن با همزن چندکاره مدل Braun MR ۵۵۵ M BC-HC (آلمان) در دو سرعت

شلپ و گوار در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  مشاهده شد. بررسی اثرات افزودن تکی صمغ‌ها نشان داد که استفاده از غلظت‌های بالا، صمغ کتیرا، فرایند حرارتی و دمای نگهداری پایین ( $5^{\circ}\text{C}$ ) 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 شلپ 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 شلپ و گوار به‌ترتیب 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، شلپ و کتیرا سبب افزایش گرانسروی 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 به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار آماری SPSS<sup>13</sup> 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 بلوك 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 شلپ، کتیرا و گوار بدون ایجاد حالت ژله‌ای، به‌ترتیب در غلظت‌های  $0/4$ ،  $0/5$  و  $0/0\%$  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

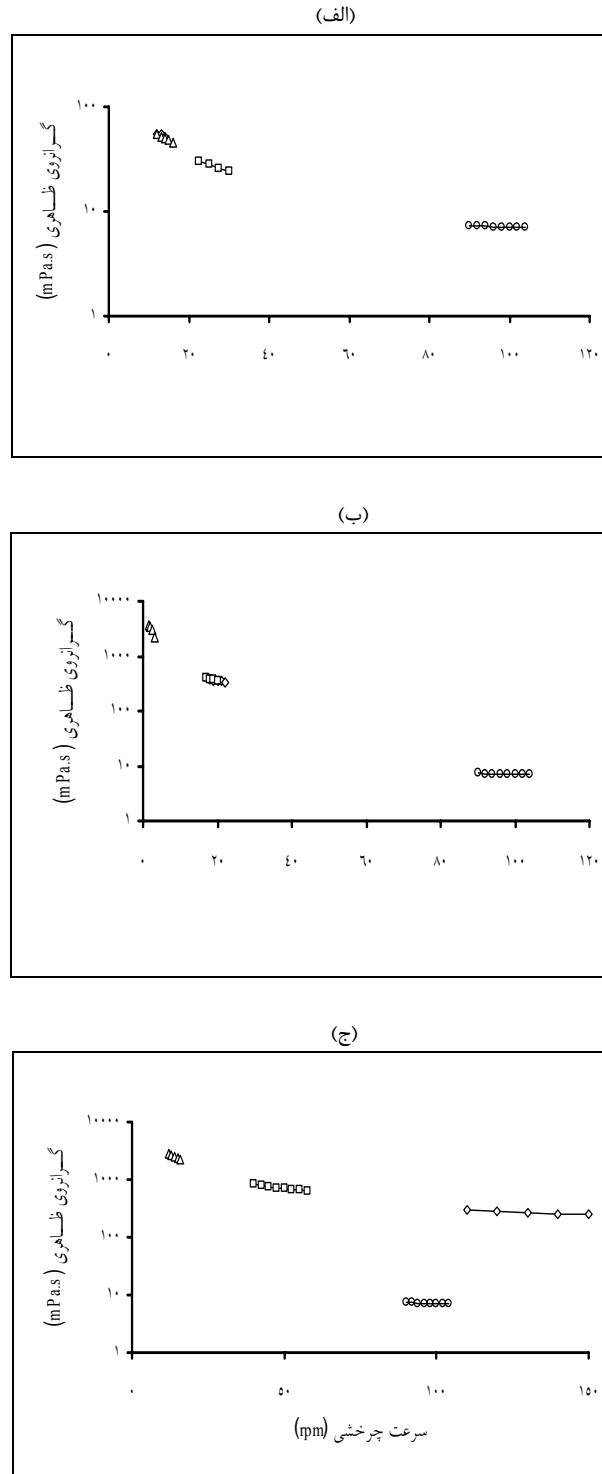
		جداسازی فازی (درصد)			
		جداسازی فازی (درصد)			
		غلظت (درصد)			
دما نگهداری $25^{\circ}\text{C}$		دما نگهداری $5^{\circ}\text{C}$		نوع صمغ	
پاستوریزه نشده	پاستوریزه شده	پاستوریزه نشده	پاستوریزه شده	پاستوریزه شده	غلظت (درصد)
۴۴/۶۷ a	۳۵/۶۷ bc	۳۵ bcd	۲۶/۳۳ g*	شلپ	
۴۲/۳۳ a	۳۶ bc	۳۲/۶۷ de	۳۰ ef	گوار	۰/۱
۳۸/۳۳ b	۳۳/۶۷ cde	۳۸/۳۳ b	۲۷/۳۳ fg	کتیرا	
۳۶ cd	۱۳ i	۱۰/۳۳ i	۴/۶۷۷ jkl	شلپ	
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	۲/۳۳۲ lm	۱ m	شلپ	۰/۴ (شلپ)
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  $0/01\%$  (P< $0/01$ ) و حروف مختلف، نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح  $0/99\%$  (P< $0/01$ ) است.

\* حروف و اعداد پرنگ شده، بهترین پایدارسازی 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 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 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 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  $G+5\%S$  در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  مشاهده شد که حتی میزان جداسازی آن از نمونه شاهد هم بیشتر بود. کمترین میزان جداسازی در غلظت ۲٪ ترکیب ۰/۲٪ بود. کمترین میزان جداسازی در غلظت  $5^{\circ}\text{C}+20\text{K}$  دیده شد. غلظت  $5^{\circ}\text{C}+20\text{G}$  ترکیب  $5\%G+5\%K$  در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  بعد از این دو قرار گرفت. برای صمغ‌های ترکیبی، (مانند صمغ‌های تکی) دمای  $5^{\circ}\text{C}$  اثر بهتری نسبت به دمای  $25^{\circ}\text{C}$  داشت و این دمای پایین توانست اثر تشدید‌کنندگی تأثیر صمغ‌ها روی هم‌دیگر را تقویت کند. افزایش غلظت صمغ‌های ترکیبی دمای  $5^{\circ}\text{C}$  اثر بهتری نسبت به دمای  $25^{\circ}\text{C}$  داشت. در ترکیب‌های 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 حالی که بیشترین میزان پایدارسازی را ترکیب‌های کتیرا و گوار داشتند.



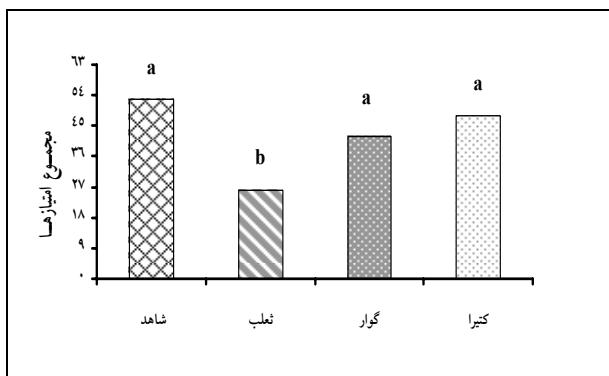
شکل ۱- نمایش تأثیر افزودن صمغ‌ها (ثعلب: □، گوار: △، کتیرا و ۰، شاهد) روی رفتار جریانی دوغ پاستوریزه شده در سه غلظت:  
 (الف) ۰/۱٪ (Lcp) (L<sub>1</sub>) و (ب) ۰/۳٪ (L<sub>1</sub>) و (ج) ۰/۵٪ (L<sub>2</sub>)  
 اندازه‌گیری شده در دمای  $25^{\circ}\text{C}$

جدول ۲- نمایش اثر متقابل نوع صمغ، غلظت صمغ، فرایند حرارتی و تیمارهای مکانیکی (همزدن و همگن کردن) روی میزان جداسازی فازی دوغ (درصد) پس از نگهداری به مدت ۳۰ روز در دمای ۵۰°C

جداسازی فازی (درصد)								نوع و مقدار صمغ		
پاستوریزه شده				پاستوریزه نشده				نوع صمغ	غلظت (درصد)	
۱۱۰۰ rpm	۹۰۰ rpm	۲۰۰ bar	۱۰۰ bar	۱۱۰۰ rpm	۹۰۰ rpm	۲۰۰ bar	۱۰۰ bar			
۵۴ cde	۵۴ cde	۵۴ cde	۵۳ cde	۵۶ bede	۶۱ a	۵۳ def	۵۳ def*	۰/۱	ثعلب	
۴۰ g	۳۸ gh	۱۳ nop	۹ opq	۲۸ g	۳۵ ghij	۲۳ lm	۱۳ nop	۰/۳		
۲۸ k	۲۹ k	۴ qrst	۲ st	۳۰ jk	۳۷ ghi	۷ pqrs	۵ qrst	۰/۴		
۵۵ bcde	۵۶ abcd	۵۱ ef	۵۲ def	۶۱ ab	۵۹ abcd	۵۷ abcd	۵۷ abcd	۰/۱		
۳۶ ghi	۳۹ g	۹ opq	۶ qrst	۳۲ hijk	۳۱ ijk	۱۶ no	۸ pqr	۰/۳		
۲۹ k	۲۷ kl	• t	• t	۱۷ mn	۲۶ kl	۲ t	۱ t	۰/۵		
۵۱ def	۵۰ ef	۴۷ f	۴۷ f	۵۳ def	۵۰ ef	۲۷ kl	۳۰ jk	۰/۱	گوار	
۴۰ g	۳۹ g	۳ st	۱ t	۳۲ ijk	۳۳ hijk	۲ st	۲ st	۰/۳		
۱۷ mn	۱۶ n	• t	۲ t	۱۵ no	۱۷ mn	• t	• t	۰/۵		
۵۸ abcd	۶۱ a	۵۷ abcd	۵۷ abcd	۵۶ abcd	۵۷ abcd	۵۴ cde	۵۵ cde	صفر		
									شاهد	

\* حروف لاتین نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین آماری است حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب، نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح  $P < 0.01$ ٪ است.

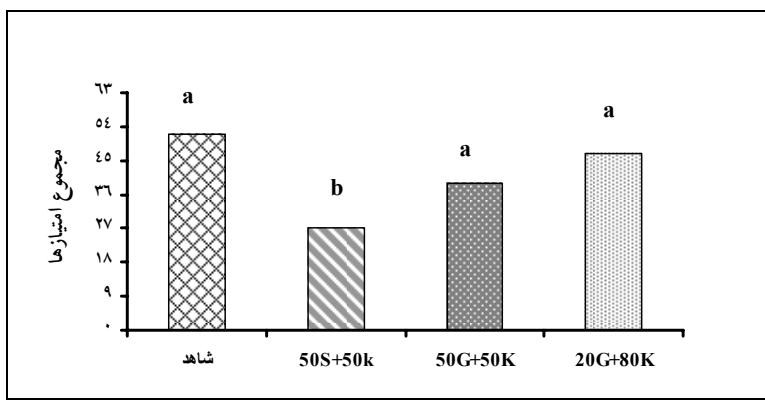
\*\* حروف و اعداد پرنگ شده، بهترین پایدارسازی ایجاد شده توسط صمغ‌ها را نشان می‌دهند.



حروف لاتین، نشان دهنده نتایج مقایسه میانگین آماری است. حروف مشابه و متفاوت، به ترتیب نشانه عدم وجود و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح  $P < 0.01$ ٪ 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 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 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  $\%99$  ( $P<0.01$ ) است.

شکل ۳- مقایسه میانگین نسبت های مختلف صمغ های ترکیبی، روی میزان پذیرش نمونه های دوغ در غلظت ثابت ( $\%0/2$ )

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

گرانزوی ظاهری (mPa.s)	مقدار و نسبت ترکیب صمغ های دوتایی			ترکیب
	۲۵°C	۵°C	غلظت (درصد)	
۸/۶۶	۴۲ 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 bcd	۴۵ def	۰/۱	
۲۴/۳۴	۴۵ cdefF	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 bcd	۴۵ cdef	۰/۱	
۲۴/۰۴	۳۳ l	۲۲ 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	.	شاهد

\*: چلب، 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  $\%99$  ( $P<0.01$ ) است.

\*\*\* حروف و اعداد پررنگ شده، بهترین پایدارسازی ایجاد شده توسط صمغ ها را نشان می دهند.

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، گرانروی ظاهری را نیز بیشتر افزایش داد که این تأثیر را مدبون 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 ( $20$ ،  $21$ ).

از آن جا که مطابق یافته‌های سایر پژوهشگران، گوار نیز در افزایش گرانروی ظاهری محلول‌ها تأثیر فراوانی دارد، به همین دلیل آن را جزو صمغ‌های غیر جاذب تقسیم‌بندی می‌کنند ( $18$ ). به‌نظر می‌رسد که ثعلب و کتیرا نیز به‌دلیل افزایش گرانروی ظاهری و تغییر حالت دوغ از رفتار نیوتونی به شبه‌پلاستیک، مانند آنچه در مورد گوار اتفاق می‌افتد، احتمالاً جزو هیدروکلوفیدهای غیرجاذب باشند. زیرا غلظت‌های بالای صمغ‌های غیرجاذب، باعث افزایش و غلظت‌های بالای صمغ‌های جاذب سبب کاهش گرانروی ظاهری می‌شود ( $22$ ). به‌نظر می‌رسد، مکانیزمی که در این بررسی باعث افزایش پایداری و کاهش جadasازی فازی دوغ شد، همانا افزایش گرانروی و به‌دام افتادن ذرات پروتئینی در یک شبکه گرانرو بوده است.

اصلًاً 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 مسئله ممکن است به‌دلیل به‌هم خوردن و متلاشی شدن شبکه پلی‌ساقاریدی و در نتیجه، کاهش گرانروی 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 پایدارسازی آن سامانه کلوفیدی توسط

## • 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 ( $15$ ،  $12$ - $1$ ). یافته‌های این بررسی نشان داد که جadasازی فازی دوغ‌های نگهداری شده در  $5^{\circ}\text{C}$  نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  کمتر بود. احتمالاً یکی از دلایل این تفاوت، این است که اولاً افزایش دما سبب کاهش پایداری فیزیکی شده ( $10$ ) ثانیاً در صورت وجود بنيان‌های 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 ( $17$ ،  $3$ ،  $16$ ). از طرف دیگر، یافته‌ها نشان داد که میزان پایداری نمونه‌های پاستوریزه شده بیشتر از نمونه‌های پاستوریزه نشده بود که این مسئله احتمالاً بیشتر به دلیل تأثیر حرارت در افزایش حلالیت صمغ‌هاست ( $7$ ،  $2$ ).

همچنین با افزایش غلظت صمغ، میزان پایداری بیشتر شد. احتمالاً هیدروکلوفیدهای اضافه شده، به‌ویژه در غلظت‌های بالا یک شبکه هیدروکلوفیدی در سراسر دوغ پدید می‌آورند که آب و کازئین‌ها در این شبکه، به‌دام افتاده و در نتیجه، از جadasازی سرمی جلوگیری می‌شود. این سازوکار در واقع سازوکار اصلی پایدارسازی توسط هیدروکلوفیدهای غیرجاذب نیز هست که در غلظت‌های مناسب با تشکیل چنین شبکه‌ای و افزایش گرانروی، سبب پایدار شدن مخلوط‌های کلوفیدی می‌شوند ( $18$ ). 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 جadasازی فازی می‌شود ( $9$ ،  $19$ ). چنین مسئله‌ای در غلظت‌های پایین به‌ویژه در 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،

بیشتری در واحد وزن، نسبت به ثعلب و گوار دارد (۲۱، ۲۰). کتیرا علاوه بر افزایش گرانروی ظاهری، فعالیت تشیدی 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 تشیدی 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 برهمنکش با گوار بوده و مولکول بزرگتری ایجاد می‌کند که توانایی نگهداری آب توسط آن بالاتر از چند قندی‌های کوچکتر است. چرا که صمغ‌های کتیرا و گوار در غلظت ۰/۲ درصد به صورت تکی به ترتیب حدود ۰/۳۵٪ و ۰/۲٪ (نتایج آزمایش‌های اولیه) جداسازی فازی داشتند که با ۱۰٪ جداسازی فازی مشاهده شده در غلظت ۰/۰٪ 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

همگنسازی تأثیر به سزاگی دارد (۲۳). مثلاً یافته‌های یک بررسی نشان داده که در سامانه‌های شیری اسیدی حاوی غلظت‌های پایین (۰/۲ تا ۰/۳ درصد) پکتین با متوكسیل 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 یا عدم وجود تناسب بین افزایش سطح ایجاد شده توسط همگنسازی با غلظت هیدروکلوریک 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 به ویژه 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. به عبارت دیگر، با متلاشی شدن شبکه گرانرو پلی‌ساقاریدی 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 ۰/۲۵٪ 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 ۵°C ایجاد کردن و دمای ۵°C موجب تقویت اثر تشیدی 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. به نظر می‌رسد که این مسئله به دلیل خلوص بالای کتیرا (مستقیماً از کتیرای نواری حاصل از گیاه استفاده شد) و قدرت بالای ثبیت کنندگی آن در غلظت‌های کم باشد. زیرا کتیرا قدرت ژل کنندگی

شدن شبکه صمغی و در نتیجه، کاهش گرانزوی 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 بی‌درباره 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 شلب 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 هیدروکلوفیدی و فرایندی‌های حرارتی، سبب پوشیده شدن طعم طبیعی نوشیدنی ماست می‌شود (۱۰).

رفتار جریانی دوغ، نیوتونی 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  $\frac{3}{10}$ % 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

- 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.
13. 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*. 3<sup>rd</sup> Edition. CRC Press; USA, (1999).
1. 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 Okkenedy, B. T. Rheology of stirred yoghurt as affected by added milk fat,

۲۰. عباسی س، فروغی نیا، 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.
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. Leskauskaitė, D., Liutkevičius, 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، مام جمعه، ز. تأثیر انواع هیدروکلرئیدها 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.