مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد اول، شماره سوم، پاییز ۸۸
۸۳-۱۰۰
www.ejfpp.info

بررسی تأثیر هم‌زدن و همگن‌سازی روی میزان دو فاز شدن دوغ

سحر فروغی‌نیا[۱]، *سلیمان عباسی[۲] و زهره حمیدی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس،
[۲]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۳۰

چکیده

دوغ به‌دلیل وجود ترکیباتی نظیر پروتئین‌ها بعد از تولید و در طول نگهداری به‌صورت دو فاز درآمده و ظاهری ناخوشایند پیدا می‌کند. بنابراین، در پژوهش حاضر سعی شد تا تأثیر عامل‌های مکانیکی شامل هم‌زدن و همگن‌سازی در میزان دو فاز شدن دوغ بررسی گردد. برای این منظور، تأثیر عامل‌های مکانیکی شامل ترکیب شدت و مدت هم‌زدن در ٤ سطح (سرعت چرخشی ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ ثانیه و ۲ دقیقه)، همگن‌سازی در ۹ سطح فشاری (۰، ۲۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ بار) و ترکیب این دو عامل روی دو فاز شدن دوغ ایرانی (۵۹/۳ درصد آب، ۰/۷ درصد نمک و ٤۰ درصد ماست) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد هر دو عامل هم‌زدن و همگن‌سازی دو فاز شدن دوغ را نسبت به شاهد افزایش دادند، ولی در این میان تأثیر هم‌زدن محسوس‌تر از همگن‌سازی بود ($P<۰/۰۱$). در ضمن، اثر ترکیبی این دو عامل روی میزان دو فاز شدن بیش‌تر از اثر تکی آن‌ها بود. گرانروی دوغ‌ها هم با انجام اعمال مکانیکی به نصف مقدار اولیه کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: دوغ، دو فاز شدن، عملیات مکانیکی، هم‌زدن، همگن‌سازی

* مسئول مکاتبه: sabbasifood@modares.ac.ir

مقدمه

دوغ یکی از نوشیدنی‌های سنتی ایرانیان محسوب می‌شود. تولید سالیانه آن در ایران بیش از ۱۲۰۰۰۰ تن برآورد شده است (آمارنامه کشاورزی، ۲۰۰۶). دوغ فرآورده‌ای است که از رقیق کردن ماست با آب آشامیدنی، آب معدنی، آب پنیر تخمیر شده و یا دوغ کره به‌دست می‌آید. این فرآورده انواع مختلفی دارد که عبارتند از: دوغ گازدار، دوغ بدون چربی گازدار، دوغ بدون گاز، دوغ بدون چربی بدون گاز (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۹۹۵). البته لازم به ذکر است که نوع دیگری از دوغ هم به‌طور سنتی در ایران و برخی کشورها با تخمیر آب کره تولید می‌شود که از طعم و مزه بسیار مناسبی برخوردار است و طرفداران زیادی هم دارد، هر چند این نوع فرآورده‌ها در مقیاس غیرصنعتی و در حد کارگاهی در کشور تولید و به مصرف می‌رسند ولی بیش‌تر کارخانه‌های تولیدکننده فرآورده‌های شیری به‌دلیل به‌کارگیری آب کره در استاندارد کردن شیر پاستوریزه رغبت چندانی به تولید این نوع فرآورده‌ها ندارند. این گونه فرآورده‌ها در سایر کشورها از جمله ترکیه، بلژیک، دانمارک، هند، آمریکا و هلند هم مصرف داشته و از آن تحت عنوان‌هایی مانند Yoghurt drink، Acid milk drink، Ayran و لاسی نام برده می‌شود (فرخنده، ۱۹۶۷). گرچه دوغ با پایه ماستی از لحاظ ارزش غذایی، مفید بودن از لحاظ مصرف در مقایسه با نوشابه‌های گازدار، ایجاد نشاط و شادابی در مصرف‌کننده، کمک به هضم غذا و نظایر آن‌ها از ارزش بالایی برخوردار است ولی، این فرآورده به‌دلیل وجود ترکیب‌هایی نظیر پروتئین‌ها، بعد از تولید و در حین نگه‌داری به‌صورت دوفازی درآمده (حدود ۵۵-۵۰ درصد جداسازی فازی طی یک ماه) و از لحاظ ظاهری و دیداری شکلی نامطلوب و غیریکنواخت دارد (آذری‌کیا و همکاران، ۲۰۰۹؛ فروغی‌نیا و همکاران، ۲۰۰۷) و در نتیجه مصرف‌کنندگان به‌رغم مزیت‌های بالقوه آن، تمایل چندانی به خرید و مصرف آن نشان نمی‌دهند. بنابراین، تولیدکنندگان با مشکل فروش و عدم تمایل در بازار مواجه هستند.

در بیشتر پژوهش‌های انجام شده، تاکنون اثر عوامل مکانیکی مانند سرعت به‌هم زدن و فشار همگن‌سازی چندان مورد بررسی قرار نگرفته و از آن‌جا که در تولید صنعتی دوغ از این‌گونه تیمارهای مکانیکی استفاده می‌شود، بنابراین، در این پژوهش سعی شد تا تأثیر تکی و ترکیبی عواملی نظیر شدت و مدت هم‌زدن و فشار همگن‌سازی در میزان دوفاز شدن دوغ تهیه شده با ماست بررسی شود.

مواد و روش‌ها

مواد: برای تولید دوغ از ماست پاستوریزه حاوی ۲/۵ درصد چربی (تولید شده توسط کارخانه شیر و لبنیات پاستوریزه پاک، تهران) استفاده شد. در ضمن سدیم آزاید، فنل فتالئین ۱ درصد، سود ۹۹ درصد یک‌دهم نرمال، و الکل آمیلیک ۱۰۰ درصد همگی از شرکت مواد شیمیایی مرک (Merck, Darmeshtat, Germany)، فرمالین ۹۹/٤ درصد از شرکت ریدل (Riedel-Dehaen, UK)، اسید سولفوریک ۹۸-۹۵ درصد از شرکت شیمیایی- دارویی باران (تهران، ایران) تهیه شدند.

اندازه‌گیری برخی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی دوغ: برای تعیین میزان پروتئین از روش عیارسنجی با فرمل، تعیین میزان چربی از روش ژربر، اسیدیته بر حسب درجه دورنیک و ماده خشک از روش خشک کردن در آون استفاده شد (هورویتز، ۲۰۰۲). در ضمن، شاخص pH نمونه‌های دوغ توسط pH سنج دیجیتال مدل ۷٤٤ متروم (Metrohm, France) در دمای محیط اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیک دوغ: برای بررسی رفتار جریانی دوغ و اندازه‌گیری گرانروی نمونه‌ها از دستگاه ویسکوالیت مدل L فونجی‌لب (Barcelona, Spain) با دوک Lcp در دمای محیط استفاده گردید. مطابق شیوه‌نامه این دستگاه، فقط گرانروی‌های اندازه‌گیری شده در دامنه گشتاورهای ۱۰۰-۹۰ درصد قابل اعتماد می‌باشند. بنابراین، اعداد گزارش شده در این پژوهش هم مربوط به این دامنه هستند.

اندازه‌گیری میزان دوفاز شدن دوغ: برای تعیین میزان دوفاز شدن از لوله‌های آزمایش به قطر ۱/٤ و طول ۱٦ سانتی‌متر استفاده شد. این لوله‌ها تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سمت پایین نشانه‌گذاری شدند، این ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری معادل ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها تا خط نشانه داخل لوله ریخته شدند (کوکسوی و کیلیچ، ۲۰۰٤؛ فولی و مولکاهی، ۱۹۸۹؛ آمیس- کومنور و همکاران، ۱۹۹۵) و پس از درب‌بندی با ورق آلومینیومی، داخل جا لوله‌ای به‌صورت کاملاً عمودی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری میزان دوفاز شدن در زمان‌های مورد نظر از فاصله خط نشانه (در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری) تا خط ایجاد شده بین دو فاز با خط‌کش اندازه‌گیری شد به‌طوری‌که هر میلی‌متر معادل یک درصد میزان جداسازی فازی بود (شکل ۱). البته لوله‌ها و درب‌پوش‌های مورد استفاده قبلاً داخل فور در

دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ ساعت سترون شده و پس از خنک شدن مورد استفاده قرار گرفتند تا احتمال رشد میکروبی و آلودگی ثانویه به کم‌ترین میزان ممکن برسد.

شکل ۱- نمایش روش اندازه‌گیری میزان جداسازی سرم در دوغ

روش تولید دوغ: یکی از مشکلاتی که در آزمایش‌ها وجود داشت عدم یکسان بودن ویژگی‌های ماست بود، به همین دلیل سعی شد تا از ماست‌هایی با درصد پروتئین و چربی و pH یکسان استفاده شود، علاوه بر آن سعی شد تا دوغ‌های تولیدی اسیدیته و گرانروی ظاهری مشابه با دامنه تغییرات محدود داشته باشند.

برای تهیه دوغ با فرمولاسیون دوغ معمولی (٤٠ درصد ماست، ۰/۷ درصد نمک و ۵۹/۳ درصد آب) از ظروف و وسایل تمیز و سترون با رعایت اصول بهداشتی استفاده گردید. برای این منظور پس از توزین ماست با ترازوی دیجیتال، ماست به‌صورت دستی (۱۳۰ rpm) هم‌زده شد تا کاملاً صاف و یک‌دست شود. سپس محلول آب و نمک اندک اندک و در حین هم‌زدن (حدود ۱۳۰ rpm) به ماست اضافه گردید، برای تهیه محلول دوغ یکنواخت عمل مخلوط کردن ۳-۲ دقیقه ادامه داده شد. در آب مورد استفاده ابتدا مقداری سدیم آزاید برای جلوگیری از رشد و فعالیت باکتری‌ها اضافه شد

به‌طوری‌که غلظت نهایی آن در دوغ معادل ۰/۰٤ درصد گرم در ۱۰۰ گرم دوغ بود (لانگندورف و همکاران، ۲۰۰۱؛ عباسی و دیکینسون، ۲۰۰٤).

همگن‌سازی دوغ: برای این منظور نمونه‌های دوغ پس از تهیه و اندازه‌گیری میزان پروتئین، چربی، اسیدیته و گرانروی ظاهری توسط دستگاه همگن‌ساز (APV, Denmark) در ۹ سطح فشاری (۰، ۲۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ بار) در یک مرحله همگن شدند. پس از ریختن نمونه داخل دستگاه و اعمال فشار مورد نظر، اجازه داده شد مقداری از نمونه خارج شود تا اطمینان حاصل گردد که نمونه به فشار مورد نظر رسیده است. مقدار نمونه‌ای که برای این تیمارها در نظر گرفته شد ۲۰۰۰ میلی‌لیتر بود که از این مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر در نهایت تحت فشار مورد نظر قرار گرفته و قابل استحصال بود. پس از انجام هر تیمار هم عمل شست و شو و CIP انجام شد تا مجرای دستگاه تمیز شده و از اختلاط احتمالی نمونه‌ها و یا گرفتگی دستگاه جلوگیری شود. گرانروی ظاهری نمونه‌ها قبل و بعد از انجام تیمارهای همگن‌سازی اندازه‌گیری و پس از نمونه‌برداری، میزان جداسازی سرم نمونه‌ها در دمای ۵، ۲۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد طی ۷ روز بررسی شد.

هم‌زدن دوغ: برای انجام این آزمایش از دستگاه هم‌زن چندکاره مدل MBC-HC ۵۵۵۰ MR (Braun, Spain) و محفظه بزرگ آن استفاده شد. این دستگاه قادر به اعمال سرعت‌های چرخشی تا حد ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه بود. با توجه به آزمایش‌های مقدماتی، دو سرعت چرخشی ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه و مدت زمان‌های ۳۰ ثانیه و ۲ دقیقه و در کل چهار تیمار شامل ترکیب شدت و مدت هم‌زدن (سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ ثانیه، سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲ دقیقه، سرعت ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ ثانیه و سرعت ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲ دقیقه) روی دوغ اعمال و گرانروی ظاهری نمونه‌ها قبل و بعد از انجام این چهار تیمار اندازه‌گیری شد. سپس میزان جداسازی فازی نمونه‌ها در دماهای ۵، ۲۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد طی ۱۵ روز بررسی شد.

هم‌زدن و همگن‌سازی هم‌زمان دوغ: جهت انجام این تیمارها ابتدا عمل هم‌زدن (در دو شدت ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱ دقیقه) و سپس همگن‌سازی (در دو فشار ۱۰۰ و ۲۰۰ بار) روی نمونه‌ها اعمال شد. برای مقایسه اثر تکی هم‌زدن و همگن‌سازی و هم‌زدن و همگن‌سازی توأم از چهار تیمار دیگر شامل هم‌زدن در دو سطح (۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱ دقیقه) و همگن‌سازی در دو سطح (۱۰۰ و ۲۰۰ بار) استفاده شد. به این ترتیب تأثیر منفرد و هم‌زمان هم‌زدن و همگن‌سازی

روی یک نمونه واحد مقایسه شد. البته میزان تغییرات گرانروی ظاهری قبل و بعد از تیمارها بررسی شد و تیمارها طی ۷ روز در دماهای ۵، ۲۵ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد به‌منظور بررسی میزان جداسازی فازی نگه‌داری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۳ و برای مقایسه میانگین ترکیب‌های مختلف از روش مقایسه چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید. همه آزمایش‌ها حداقل در سه تکرار انجام شدند.

نتایج و بحث

با توجه به این‌که پژوهش حاضر در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار سال ۸۵-۱۳۸٤ انجام شد و بعضی از ویژگی‌های شیر بعضاً در حد بسیارکم در فصل‌های مختلف تا حدودی با هم متفاوت هستند، ماست تولیدی و به‌تبع آن دوغ دارای دامنه‌ای از تغییرات بود و تمامی نمونه‌ها از ویژگی‌های کاملاً یکسان برخوردار نبودند. البته سعی شد در هر مرحله از ماست‌هایی استفاده گردد که حداکثر تشابه را با هم داشته‌باشند. علاوه‌بر آن در تمامی آزمایش‌ها نمونه‌ای به‌عنوان شاهد در نظر گرفته و تیمارها با آن مقایسه شدند. نمونه شاهد نمونه‌ای است که تیمار مورد نظر در هر بررسی روی آن اعمال نشده است.

به‌طور متوسط دوغ‌های مورد آزمایش دارای ۱/۹۵-۱/۷٤ درصد پروتئین، ۰/۹ درصد چربی، ٦/۲-۵/۷ درصد ماده خشک، اسیدیته ٤٥-۳۵ درجه دورنیک، pH ٤/۳-۳/۸۵ و گرانروی ظاهری mPa.s ۷/۹۷-٦/٤ (دوک Lcp) بودند. البته این مقادیر مربوط به میانگین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دوغ‌های مورد بررسی است.

تأثیر همگن‌سازی روی دو فاز شدن دوغ: با توجه به این‌که همه نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ٤٥ درجه به‌صورت کلوخه و ابری در آمدند و اندازه‌گیری جداسازی فازی در آن‌ها مقدور نبود بنابراین از ادامه آزمایش‌ها حذف شدند. بنابراین در این بخش نتایج نمونه‌های نگه‌داری شده در دو دمای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار می‌گیرند. مطابق داده‌های مربوط به تجزیه واریانس اثر فشار همگن‌سازی، دمای نگه‌داری و تأثیر متقابل این دو، تفاوت معنی‌داری در دماهای نگه‌داری و اثر متقابل دما و فشار در سطح ۹۹ درصد و ۹۵ درصد مشاهده نشد، اما بین تیمارهای فشار

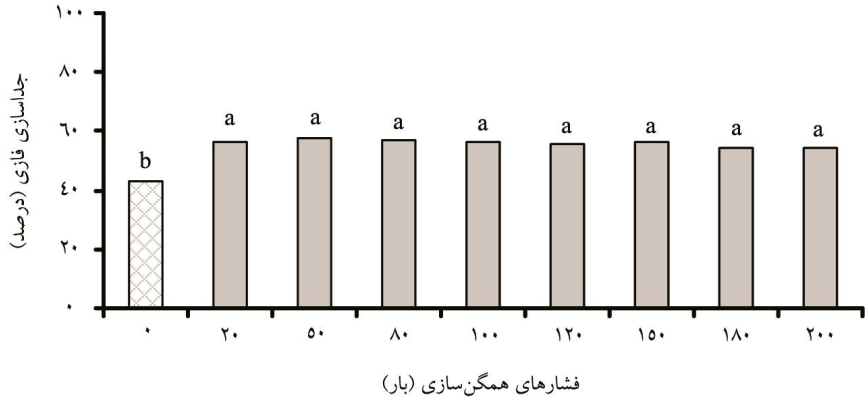
همگن‌سازی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد ($P<۰/۰۱$) مشاهده گردید. بنابراین، برای یافتن تیمارهای متفاوت و مقایسه بهتر نتایج از مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن برای فشارهای همگن‌سازی استفاده شد. نتایج مقایسه میانگین دانکن جداسازی فازی دوغ در اثر اعمال تیمارهای همگن‌سازی در شکل ۲ آورده شده است.

همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین شاهد و سایر تیمارها وجود دارد، ولی اختلاف معنی‌داری بین خود تیمارهای فشار همگن‌سازی وجود ندارد. به این معنا که اعمال فشارهای مختلف همگن‌سازی (۲۰ تا ۲۰۰) به یک میزان جداسازی سرم دوغ را نسبت به شاهد افزایش داده‌اند.

میزان جداسازی تمامی تیمارها پس از گذشت یک هفته به ۵۷–۵۵ درصد رسید که این میزان جداسازی فازی حدوداً ۱۰ درصد بیشتر از شاهد بود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به‌نظر می‌رسد که فشارهای همگن‌سازی اعمال شده (تا ۲۰۰ بار) نتوانستند نیروی لازم برای کاهش اندازه ذرات پروتئینی را ایجاد کنند. بنابراین، پس از برداشته شدن فشارهای همگن‌سازی، دوباره ذرات پروتئینی به‌صورت سطحی به‌هم چسبیده و با ایجاد تجمع پروتئینی یا Aggregation و وارد شدن ذرات کوچک در حدفاصل ذرات درشت پروتئینی، منجر به ایجاد رسوب و کاهش جزء حجمی رسوب یا همان بخش پروتئینی شده و این امر سبب افزایش ناپایداری و در نتیجه افزایش میزان سرم شده است. علاوه‌بر آن در اثر همگن‌سازی در فشارهای بالا ممکن است تغییری در تعادل نمک یا قدرت یونی محلول اتفاق افتاده (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹) و احتمالاً بر هم خوردن تعادل نمک‌ها و یا افزایش میزان نمک در دوغ هم می‌تواند جداسازی فازی را افزایش دهد (کوکسوی و کیلیچ، ۲۰۰۳؛ کوکسوی و کیلیچ، ۲۰۰٤). البته پژوهش‌گران دیگر (سدلمیر، ۲۰۰٤) گزارش کردند که فشارهای ۲۰۰ تا ۸۰۰ بار روی سامانه‌های کلوئیدی کازئینی تأثیر داشته و سبب کاهش اندازه ذرات پروتئینی می‌گردد و در افزایش پایداری مؤثر است. این در حالی است که دستگاه مورد استفاده در این پژوهش قابلیت اعمال فشار فقط تا ۲۰۰ بار را دارا بود. در ضمن، معمولاً در فرایند همگن‌سازی به‌دلیل قرار گرفتن میسل‌های کازئینی روی سطح چربی‌ها نیروی ارشمیدوسی کاهش یافته و از چسبیدن میسل‌های کازئینی تا حدود زیادی جلوگیری می‌شود (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹).

در ضمن گزارش‌های گوناگونی در رابطه با تأثیر همگن‌سازی قبل و یا بعد از اعمال فرآیند حرارتی در منابع موجود می‌باشد در یکی از این موارد گزارش شده که استفاده از فرآیند همگن‌سازی

قبل یا بعد از فرآیند پاستوریزه کردن تأثیری در پایداری نوشیدنی اسیدی شیری ندارد (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹). اما دو پژوهش‌گر ایرلندی (فولی و مولکاهی، ۱۹۸۹) در پژوهش خود عنوان کردند که استفاده از همگن‌سازی قبل از پاستوریزه کردن سبب افزایش پایداری می‌شود.

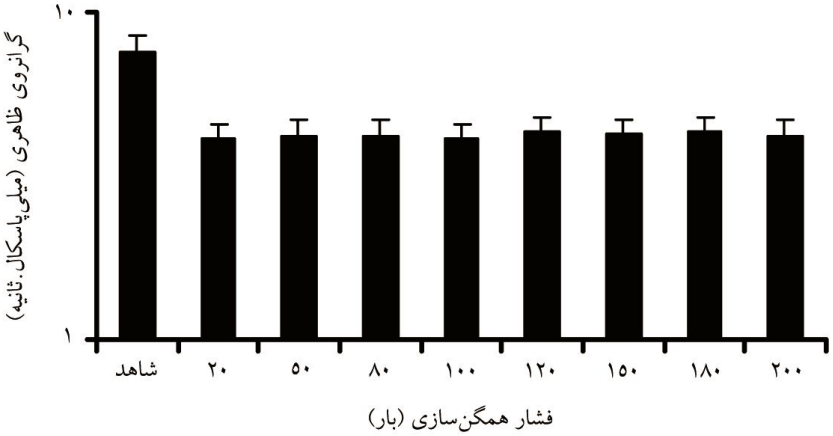


شکل ۲- تأثیر فشار همگن‌سازی یک‌مرحله‌ای در پایداری دوغ بعد از ۷ روز نگه‌داری

در مرحله بعد تأثیر فشار همگن‌سازی (۰ تا ۲۰۰) روی میزان گرانروی نمونه‌های دوغ بررسی شد. براساس داده‌های مربوط به تجزیه واریانس تأثیر فشارهای همگن‌سازی روی گرانروی ظاهری دوغ، تفاوت معنی‌داری بین گرانروی ظاهری نمونه‌های تیمار شده با فشارهای همگن‌سازی مختلف در سطح ۹۹ درصد ($P<۰/۰۱$) مشاهده شد. بنابراین، برای یافتن تیمارهای متفاوت و مقایسه بهتر نتایج از مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن استفاده گردید. نتایج مقایسه میانگین دانکن گرانروی این تیمارها در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

همان‌گونه که دیده می‌شود گرانروی ظاهری دوغ با اعمال فشارهای مختلف حدوداً به $\frac{۱}{۲}$ مقدار اولیه کاهش یافته است و اختلاف معنی‌داری بین گرانروی ظاهری تیمارها مشاهده نمی‌شود. اما این اختلاف بین شاهد (نمونه‌ای که هیچ‌گونه همگن‌سازی روی آن انجام نشده‌است) و سایر تیمارها در سطح ۹۹ درصد وجود دارد. اصولاً در اثر همگن‌سازی در نوشیدنی‌ها، گرانروی ظاهری به‌طور عمده به‌دلیل کوچک شدن ذرات چربی و افزایش حجم مواد معلق افزایش می‌یابد (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹). در دوغ ایرانی احتمالاً به‌دلیل پایین بودن سطح چربی (۰/۹ درصد) و ماده خشک (۶/۲–۵/۷ درصد) این اثر

معکوس شده چرا که در تمامی تیمارها گرانروی ظاهری به $\frac{۱}{۲}$ مقدار اولیه آن کاهش یافته است. کاهش گرانروی خود یکی از دلایل اصلی افزایش جداسازی فازی می‌باشد. چرا که با کاهش گرانروی حرکت ذرات به طرف پایین تحت نیروی گرانش راحت‌تر انجام شده و ته‌نشینی بیش‌تر و سریع‌تر اتفاق می‌افتد.



شکل ۳- تأثیر فشارهای مختلف همگن‌سازی روی گرانروی دوغ

(اندازه‌گیری شده توسط دوک Lcp در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سرعت برشی ۱۰)

تأثیر هم‌زدن روی دوفاز شدن دوغ: در این قسمت نتایج تأثیر شدت و مدت زمان هم‌زدن روی دوفاز شدن دوغ ارایه می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس اثر شدت، مدت زمان هم‌زدن، دمای نگه‌داری و اثر متقابل آن‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین عامل‌های تکی و اثرات متقابل آن‌ها وجود دارد. بنابراین، برای مقایسه نتایج از مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن برای اثر متقابل دمای نگه‌داری، شدت و مدت هم‌زدن استفاده شد تا تیمارهای متفاوت از هم تفکیک شوند. نتایج این مقایسه در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

همان‌طورکه مشاهده می‌شود مقایسه میانگین، تیمارها را از گروه a تا گروه g دسته‌بندی کرده است. جداسازی سرم نمونه‌های تیمار شده با ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ ثانیه در ۵ درجه با شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد نشان نمی‌دهد، اما همین تیمارها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، جداسازی سرمی بیش‌تری نسبت به نمونه شاهد دارند. این مسأله نشان می‌دهد که

در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مدت هم‌زدن ۳۰ ثانیه مطلوب‌تر بوده اما شدت‌های هم‌زدن تفاوتی را با هم نشان نمی‌دهند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نمونه شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد و میزان سرم جداسازی شده تمام تیمارها پس از ۷ روز بیشتر از شاهد است. در این دما هم، مدت هم‌زدن ۳۰ ثانیه مطلوب‌تر بوده و در ضمن شدت ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه تأثیر منفی کمتری روی جداسازی فازی دوغ داشته و نسبت به ۹۰۰۰ دور در دقیقه بهتر بوده است. این مسأله نشان می‌دهد که هم‌زدن در شدت‌های بالا و مدت زمان پایین مطلوب‌تر است. به طورکلی، شدت ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ ثانیه نتیجه بهتری در هر دو دما داشته است و بیش‌ترین میزان جداسازی در ۹۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۲ دقیقه دیده می‌شود.

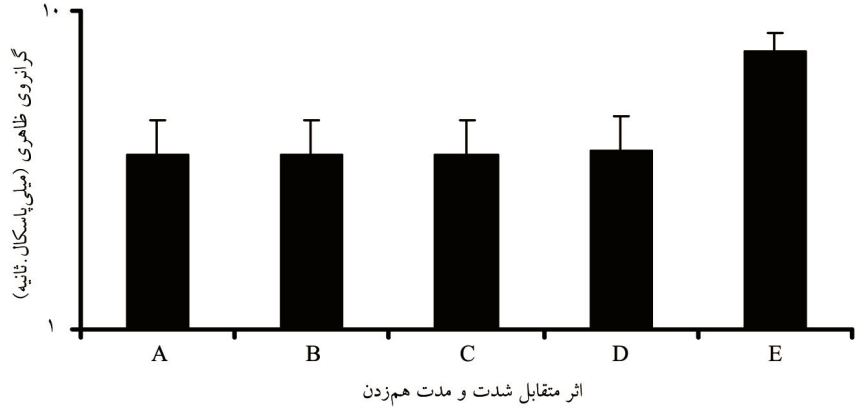
جدول ۱- تأثیر متقابل دمای نگه‌داری، شدت و مدت هم‌زدن روی میزان دو فاز شدن دوغ (درصد) پس از ۷ روز نگه‌داری

مدت و شدت هم‌زدن		سرم جداسازی شده (درصد)	
		دمای نگهداری	
		۲۵ درجه سانتی‌گراد	۵ درجه سانتی‌گراد
۹۰۰۰ دور در دقیقه	۳۰ ثانیه	٤٥/٦٧^{e}	۳۸^{bc}
	۲ دقیقه	۵۰/۳۳^{g}	٤۰^{d}
۱۱۰۰۰ دور در دقیقه	۳۰ ثانیه	٤٥/۳۳^{e}	۳۷/۳۳^{bc}
	۲ دقیقه	٤۷/۳۳^{f}	٤۱^{d}
شاهد (هم‌زدن دستی ۱۳۰ دور در دقیقه)	۰	۳۹/٦۷^{d}	۳۸^{bc}

در تمامی نمونه‌ها پس از هم‌زدن سه فاز کف، سرم و رسوب کاملاً مشهود بود. در ضمن، گرانروی ظاهری تیمارها به نصف مقدار اولیه کاهش پیدا کرد. هم‌چنین، تجزیه واریانس تأثیر این تیمارها روی گرانروی ظاهری دوغ تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین متغیرها در حالت تکی و اثر متقابل آن‌ها نشان نداد. بنابراین در شکل ٤ نتایج مقایسه میانگین‌ها آورده شدند.

در شکل ٤ گرانروی تیمارهای مختلف هم‌زدن در سه گروه دسته‌بندی شده‌اند. کم‌ترین و بیش‌ترین میزان گرانروی نیز به‌ترتیب مربوط به تیمارهای با مدت زمان هم‌زدن ۲ دقیقه و شاهد می‌باشد. هم‌چنین، در این بررسی مشخص شد که مدت زمان‌های هم‌زدن کمتر برای هم‌زدن دوغ

مطلوب‌تر هستند، چرا که علاوه‌بر تأثیر منفی کم‌تر بر میزان جداسازی فازی دوغ، گرانروی آن را نیز کم‌تر کاهش می‌دهند. در بررسی اثر متقابل، تأثیر مدت هم‌زدن بر تأثیر شدت هم‌زدن غالب بوده است.

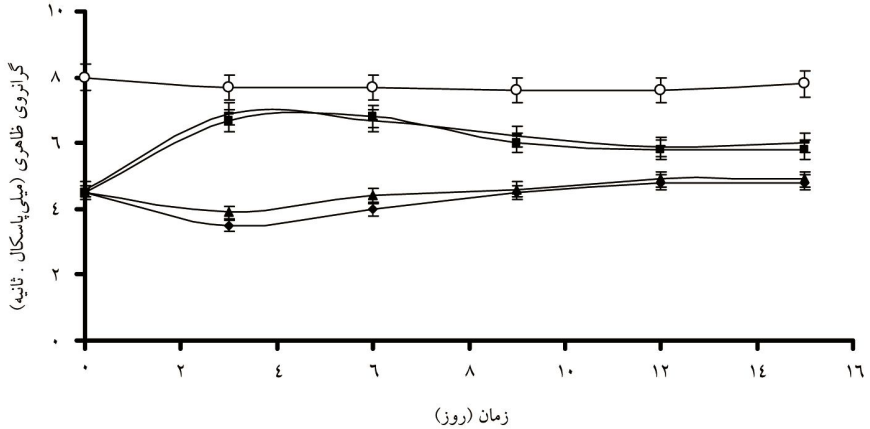


شکل ٤- نمایش اثر متقابل سرعت و مدت هم‌زدن
(A [۹۰۰۰rpm، ۳۰ ثانیه]، B [۹۰۰۰ rpm، ۲ دقیقه]،
C [۱۱۰۰۰ rpm، ۳۰ ثانیه]، D [۱۱۰۰۰rpm، ۲ دقیقه]، و E شاهد) روی گرانروی ظاهری دوغ
(اندازه‌گیری شده توسط دوک Lcp در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت برشی ۱۰)

روند تغییرات گرانروی در شکل ۵ نشان داده شده است. از آن‌جا که روند تغییرات گرانروی در زمان‌های مختلف هم‌زدن مشابه بود بنابراین، روند تغییرات گرانروی در تیمارهای ۹۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۲ دقیقه نشان داده شده است.

روند تغییرات گرانروی ظاهری (شکل ۵) نشان می‌دهد که تغییرات گرانروی در ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد با هم تفاوت دارد. در نمونه شاهد طی روزهای اول نگه‌داری گرانروی کاهش می‌یابد ولی پس از آن ثابت می‌ماند. تمام نمونه‌ها در ۵ درجه یک کاهش موقت و در ۲۵ درجه یک افزایش موقت در گرانروی را نشان دادند اما پس از ۱۰ روز گرانروی تیمارها در هر دو دما مقداری ثابت و تقریباً برابر شد. ولی در هر صورت، گرانروی تیمارها کمتر از گرانروی شاهد بود و تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند. به‌نظر می‌رسد که هم‌زدن در دورهای بالا به‌دلیل منقلب کردن پروتئین‌ها، ایجاد گسیختگی در ریزساختارها، کاهش گرانروی ظاهری و ایجاد کف سبب افزایش ناپایداری در دوغ می‌گردد (تمیم و

رابینسون، ۱۹۹۹). دیکینسون (۲۰۰۲) هم معتقد است یکی از دلایل ناپایداری امولسیون‌ها و سامانه‌های کلوئیدی هم‌زدن می‌باشد که به‌دلیل برهم زدن شبکه تشکیل شده رخ می‌دهد.

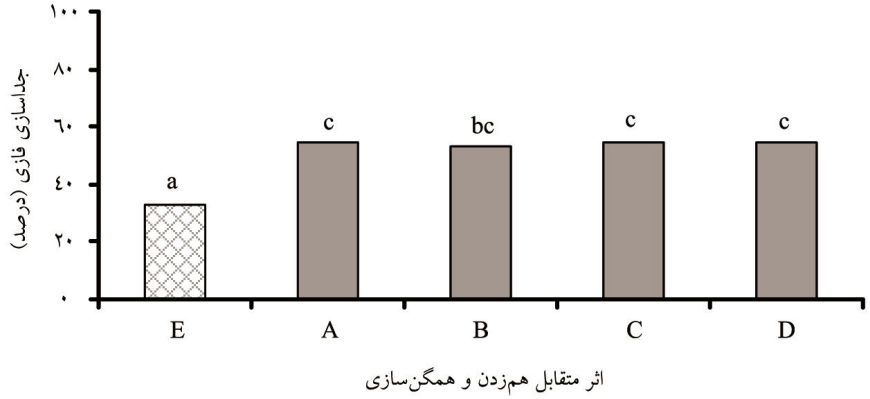


شکل ۵- نمایش روند تغییرات گرانروی ظاهری دوغ در اثر اعمال تیمارهای هم‌زدن (♦، ۹۰۰۰rpm و ۵ درجه؛ ■، ۹۰۰۰rpm و ۲۵ درجه؛ ▲، ۱۱۰۰۰rpm و ۵ درجه؛ ـــ، ۱۱۰۰۰rpm و ۲۵ درجه و o شاهد) طی ۱۵ روز نگه‌داری (اندازه‌گیری شده توسط دوک Lcp در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت برشی ۱۰)

تأثیر هم‌زمان هم‌زدن و همگن‌سازی روی دوفاز شدن دوغ: نتایج تجزیه واریانس تأثیر هم‌زدن، همگن‌سازی، دمای نگه‌داری و اثر متقابل آنها تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین تیمارهای هم‌زدن و همگن‌سازی و اثر متقابل آن‌ها نشان نداد. در ضمن چون اثر متقابل سه‌متغیره معنی‌دار نبود به همین دلیل از مقایسه میانگین چنددامنه‌ای دانکن برای مقایسه اثر متقابل هم‌زدن و همگن‌سازی استفاده شد که نتایج این مقایسه در شکل ٦ آورده شده است.

همان‌طورکه در شکل ٦ مشاهده می‌شود نمونه شاهد کمترین میزان جداسازی را داشت اما تیمارهای هم‌زدن و همگن‌سازی هم‌زمان تفاوت معنی‌داری را با هم نشان نمی‌دهند. البته شدت هم‌زدن ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه و فشار ۱۰۰ بار جداسازی کم‌تری را نشان داده اما تفاوت آن با سایر تیمارها در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار نیست. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که فشارهای پایین‌تر و شدت‌های هم‌زدن بالاتر در مدت زمان کوتاه برای دوغ مناسب‌تر هستند.

با توجه به نتایج این بخش و بخش‌های قبلی می‌توان گفت که کم‌ترین میزان جداسازی سرمی مربوط به شاهد و پس از آن تیمار همگن‌سازی بوده ولی ترکیب هم‌زدن و همگن‌سازی بیش‌ترین میزان جداسازی سرمی را داشته است. جداسازی ایجاد شده در اثر هم‌زدن هم بین همگن‌سازی و هم‌زدن و همگن‌سازی توأم قرار می‌گیرد. اصولاً اعمال عملیات مکانیکی سبب افزایش سرعت ته‌نشینی و جداسازی سرمی شده و به‌طور خلاصه می‌توان تفاوت جداسازی سرمی دوغ را به‌صورت هم‌زدن و همگن‌سازی هم‌زمان > هم‌زدن > همگن‌سازی > شاهد نشان داد. حکمتی (۱۹۷٤) نیز یکی از عوامل افزایش جداسازی فازی دوغ را عملیات مکانیکی شدید عنوان کرده است.



شکل ٦- تأثیر متقابل هم‌زدن و همگن‌سازی روی میزان جداسازی سرم دوغ بعد از ۷ روز نگهداری در ۵ و ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد)

(A [۹۰۰۰ rpm، ۱ دقیقه + ۱۰۰ بار]، B [۱۱۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۱۰۰ بار]، C [۹۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۲۰۰ بار]، D [۱۱۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۲۰۰ بار]، E [شاهد]).

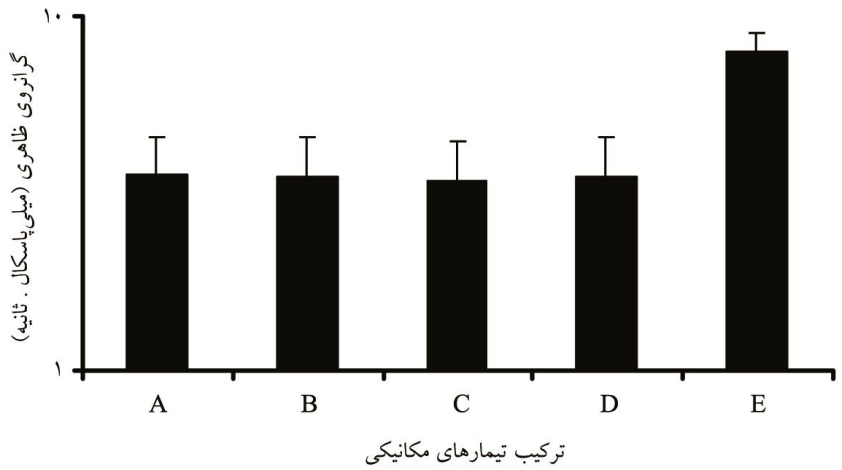
هم‌چنین، نتایج تجزیه واریانس تأثیر این تیمارها روی گرانروی ظاهری دوغ نشانگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بوده و به‌همین دلیل از مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن برای اثر متقابل هم‌زدن و همگن‌سازی روی گرانروی استفاده شد که نتایج این مقایسه در شکل ۷ آورده شده است.

همان‌طورکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود هم‌زدن و همگن‌سازی هم‌زمان سبب کاهش گرانروی دوغ شده‌اند و تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد با شاهد نشان می‌دهند. اما تیمارهای مختلف

ترکیب هم‌زدن و همگن‌سازی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. به‌دلیل کاهش گرانروی ظاهری در اثر اعمال تیمارهای مکانیکی (شکل ۷)، افزایش جداسازی فازی دور از ذهن نیست، زیرا در مخلوط‌هایی که میزان گرانروی کمتر است ته‌نشینی ذرات طبق قانون استوکس سریع‌تر صورت می‌گیرد (والسترا، ۲۰۰۳؛ والسترا و همکاران، ۲۰۰۶).

رابطه استوکس

$$v = \frac{d^2 g(\rho_2 - \rho_1)}{18\mu}$$



شکل ۷- تأثیر هم‌زدن و همگن‌سازی به‌صورت هم‌زمان روی گرانروی ظاهری دوغ، (اندازه‌گیری شده توسط دوک Lcp در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت برشی ۱۰)

(A [۹۰۰۰ rpm، ۱ دقیقه + ۱۰۰ بار]، [۱۱۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۱۰۰ بار]، C [۹۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۲۰۰ بار]، D [۱۱۰۰۰rpm، ۱ دقیقه + ۲۰۰ بار]، E [شاهد])

همان‌طورکه در رابطه بالا مشاهده می‌شود گرانروی و سرعت ته‌نشینی با هم رابطه عکس دارند بنابراین، احتمالاً از طرفی عملیات مکانیکی با کاهش گرانروی، سرعت ته‌نشینی را افزایش داده و از طرف دیگر با انجام عملیات مکانیکی به‌ویژه همگن‌سازی کازئین‌ها به‌منظور پوشاندن سطح گویچه‌های چربی ریز شده که با کمبود غشای سطحی روبرو هستند در سطح گویچه‌ها قرار می‌گیرند و این مسأله خود سبب تجمع کازئین‌ها شده و این امر منجر به افزایش قطر ذره و به‌تبع آن افزایش سرعت ته‌نشینی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های بررسی حاضر به روشنی نشان داد که اعمال تیمارهای مکانیکی مورد استفاده در فرایند تولید صنعتی دوغ به‌دلیل شکستن ساختار شبکه‌ای موجود در دوغ، کاهش گرانروی و متعاقب آن افزایش سرعت و میزان ته‌نشین شدن سبب افزایش میزان دو فاز دوغ شدند که میزان این ته‌نشین شدن یا دوفاز شدن هنگام اعمال هم‌زمان هم‌زدن و همگن‌سازی بیش از هم‌زدن تنها و این مورد نیز بیش از همگن‌سازی تنها بود. در ضمن، افزایش شدت یا مدت اعمال این تیمارها در دامنه مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری روی دوفاز شدن نداشت. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که مناسب‌ترین راه برای پایدارسازی دوغ و فرآورده‌های مشابه استفاده هم‌زمان از تیمارهای مکانیکی و صمغ‌ها یا هیدروکلوئیدهای طبیعی است که نگارندگان این مقاله در بررسی‌های خود روی این موضوع با استفاده از انواع ترکیبات هیدروکلوئیدی بومی این موضوع را به اثبات رسانده‌اند (آذری‌کیا و همکاران، ۲۰۰۹؛ فروغی‌نیا و همکاران، ۲۰۰۷).

سپاسگزاری

به این وسیله از همکاری‌ها و زحمات بی‌دریغ بخش تحقیق و توسعه کارخانه شیر و لبنیات پاستوریزه پاک به جهت فراهم آوردن امکانات جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Abbasi, S., and Dickinson, E. 2004. Gelation of *i*-carrageenan and micellar casein mixtures under high hydrostatic pressure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 1705–1714.

Amar Nameye Keshavarzi. 2006. Annual Reports on Agricultural Products, Ministry of Jihad-Agriculture: Tehran, (In Persian).

Amice-Quemeneur, N., Haluk, J.P., and Hardy, J. 1995. Influence of the acidification process on the colloidal stability of acidic milk drinks prepared from reconstituted nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science*, 78: 2683–2690.

Azarikia, F., Abbasi, S., and Azizi, MH. 2009. Efficiency and mechanism of action of hydrocolloids in preventing serum separation in Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 4: 12–22. (In Persian).

Dickinson, E. 2002. Hydrocolloids at the interfaces and the influence on the properties of dispersed system. *Food Hydrocolloids*, 17: 25–39.

Farkhondeh, A. 1967. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. FAO, Tehran, (In Persian).

Foley, J., and Mulcahy, A.J. 1989. Hydrocolloid stabilization and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured butter milk. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13: 43–50.

Foroughinia, S., Abbasi, S., and Hamidi, Z. 2007. Influence of individual and combined forms of tragacanth, salab, and guar gums on the stabilisation of Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 2: 15–25. (In Persian).

Horwitz, W. 2002. AOAC Official Methods of Analysis, 17th Edition. Washington DC: Association of Analytical Chemists.

Hekmati, M. 1974. Cheese and Dairy Products. Tehran University Press, (In Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1995. Doogh. National standard No 2453. IISIR, Tehran, (In Persian).

Koksoy, A., and Kilic, M. 2003. Effect of water and salt level on rheological properties of Ayran, Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal*, 13: 835–839.

Koksoy, A., and Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, Ayran. *Food Hydrocolloids*, 18: 593–600.

Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., and de Kruif, C.G. 2001. Stability and gelation of carrageenan + skim milk mixtueres: Influence of temperature and carrageenan type. *In*: Dickinson, E., and Miller, R. (eds), Food Colloids: Fundamentals of Formulation. Royal Society of Chemistry: UK.

Sedlmeyer, F., Brack, M., Rademacher, B., and Kulozik, U. 2004. Effect of protein composition and homogenization on the stability of acidified milk drinks. *International Dairy Journal*, 14: 331–336.

Tamime, A.Y., and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt Science and Technology. Woodland Pablishing Ltd and CRC Press: UK.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., and Geurts, T.J. 2006. Dairy Science and Technology. Taylor and Francis: London.

Walstra, P. 2003. Physical Chemistry of Foods. CRC: London.

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

EJFPP., Vol. 1 (3): 83-100
www.ejfpp.info

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Influence of Shear Stirring and Homogenization on Serum Separation of Doogh

S. Foroughinia[1], *S. Abbasi[2] and Z. Hamidi[2]

[1]Former M.Sc. Student, Dept. of Food Science and Technology, Tarbiat Modares University,
[2]Associate Prof., Dept. of Food Science and Technology, Tarbiat Modares University

Abstract

During storage, serum separation is a major defect that affects the market share of Doogh. Therefore, in the present study the effects of high shear stirring and homogenization, as major operation units, on the stability was investigated. To do so, Dooghs were stirred at various speeds and time scales (9000 rpm and 11000 rpm for 30 s and 2 min), homogenized at different pressures (0, 20, 50, 80, 100, 120, 150, 180 and 200 bar), as well as treated at combined conditions of agitation and homogenization (9000 rpm, 1 min; 11000 rpm, 1 min; 100 and 200 bar) and their effects on serum separation of Iranian Doogh (59.3% water, 0.7% salt and 40% yoghurt) were studied. Our results revealed that shear stirring and homogenization could significantly increase serum separation in comparison with control where the effect of stirring speed was more pronounced ($P<0.01$). Moreover, the influence of their combination was considerablely higher than their effects in a single form. In addition, following all these treatments the apparent viscosity reduced and a significant increase in serum separation perceived.

Keywords: Doogh; Serum separation; Mechanical treatments; Shear stirring; Homogenization

* Corresponding Author; Email: sabbasifood@modares.ac.ir