

تاثیر برخی از صمغ‌ها بر پایداری و خواص کیفی دوغ تولید شده با فناوری ژل سیال به روش سطح پاسخ (RSM)

لادن لقای^۱ و شهین زمردی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۵

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، مراغه، ایران

^۲استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ارومیه

*مسئول مکاتبات: Email: shahinzomorodi@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، تاثیر هیدروکلوئیدهای زدو، عربی، زانتان و صمغ تجاری CHO بر پایداری و خواص کیفی دوغ با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) بررسی گردید. غلظت صمغ زدو و صمغ تجاری CHO هر کدام در محدوده ۰-۰/۴ درصد، صمغ‌های عربی و زانتان به ترتیب در محدوده ۰-۱/۸ و ۰-۰/۲ درصد و زمان نگهداری بین ۷ تا ۵۹ روز بود. نتایج نشان داد میزان جداسازی سرم با افزایش غلظت صمغ‌ها به طور معنی‌داری کاهش اما طی نگهداری افزایش پیدا کرد ($P < 0/05$). ویسکوزیته ظاهری نیز با افزایش غلظت صمغ‌ها به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($P < 0/05$). در ارزیابی رنگ مشخص شد اندیس L^* با گذشت زمان بیشتر شده ولی اثر متقابل صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO تاثیر عکس داشته است. در غلظت‌های پایین صمغ زانتان و صمغ عربی اندیس a^* کاهش و در غلظت‌های بالا اندیس a^* افزایش پیدا کرد. همچنین صمغ عربی و صمغ زدو هر دو منجر به افزایش اندیس b^* شدند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد با افزایش غلظت صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO امتیاز طعم و با افزایش غلظت هر ۴ نوع صمغ امتیاز قوام کاهش پیدا کرد. مقادیر صمغ زانتان ۰/۱۷ درصد، صمغ زدو ۰/۱۶ درصد، صمغ تجاری CHO ۰/۳۶ درصد، صمغ عربی ۰/۹۷ درصد و زمان نگهداری ۵۶ روز به عنوان شرایط بهینه تعیین شد.

واژگان کلیدی: دوغ، زانتان، صمغ تجاری CHO، زدو و صمغ عربی

مقدمه

ها با افزایش یا کاهش دادن دما به صورت برگشت‌پذیر از سول به ژل تغییر پیدا می‌کنند که این تغییرات به ماهیت پیوندهای مولکولی غیرکوالانسی از جمله پیوندهای هیدروژنی یا هیدروفوب بستگی دارد (نشینری و همکاران ۲۰۰۰). ژل سیال، یک ژل واقعی

ژل سیال عبارت است از محلول هیدروکلوئیدی دارای ذرات ریز ژل که در تنش‌های برشی پایین، رفتاری شبیه ژل نشان می‌دهد در حالی‌که در تنش‌های برشی بالا، همانند سیالات عمل می‌کند. بسیاری از این محلول-

میسل‌های کازئین رخ می‌دهد. زیرا در اثر اسیدی شدن محیط، فسفات کلسیم به تدریج از میسل خارج شده، بار الکتریکی منفی میسل کاهش می‌یابد و میسل کازئین متلاشی می‌شود (لورنت و بولنگر ۲۰۰۳). راه حل عملی برای رفع این مشکل، افزودن پایدارکننده‌ها یا صمغ‌ها به نوشیدنی‌های لبنی می‌باشد (تولسترپ و همکاران ۲۰۰۷). صمغ‌ها به دو نوع صمغ‌های جاذب و صمغ‌های غیر جاذب تقسیم می‌شوند. هر دو نوع صمغ‌ها می‌توانند سبب ایجاد پایداری در سیستم شوند. صمغ‌های جاذب، به پلی‌ساکاریدهای باردار اطلاق می‌شوند که می‌توانند با پروتئین‌ها از طریق نیروهای الکترواستاتیک تعامل برقرار کنند که این تعامل به شدت به pH و قدرت یونی محلول بستگی دارد (سیرب و همکاران ۱۹۹۸).

در صورت استفاده از صمغ‌های جاذب، پایداری سیستم از طریق ممانعت فضایی و دافعه‌ی الکترواستاتیک یا از طریق هر دو امکان‌پذیر است. از سوی دیگر صمغ‌های غیرجاذب، با افزایش ویسکوزیته‌ی فاز پیوسته و به تله انداختن آب در شبکه و بی‌حرکتی ذرات از دو فاز شدن جلوگیری می‌کنند (اوورد و ملئود ۲۰۰۵).

همیشه طعم ناخوشایند حاصل از افزودن صمغ‌ها یک عامل محدود کننده است. بنابراین تعیین سطح مناسبی از صمغ‌ها از عوامل مهم در تولید فرآورده‌های تخمیری شیر محسوب می‌شود (گالاردو و همکاران ۲۰۰۷).

کایاسیر و دوگان (۲۰۰۶) ویژگی‌های جریان‌ی محلول‌های حاوی صمغ ثعلب در ترکیب با گوار، زانتان و ژلاتین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که گرانروی ظاهری محلول‌ها با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت و تمامی صمغ‌ها رفتار جریان‌ی غیرنیوتونی (شبه‌پلاستیک) از خود نشان دادند. ترکیب ثعلب و گوار بیشترین قوام را در مقدار کم صمغ نسبت به سایر صمغ‌ها در محلول از خود نشان داد. کوکسوی و کیلیک (۲۰۰۳) پکتین با متوکسیل پائین، کاپا کاراگینان، سدیم-ژلاتین، صمغ گوار، صمغ دانه‌ی افاقیا، آگار و پکتین با متوکسیل بالا را برای

نبوده بلکه سیال یا ماده‌ی شبه خمیری است که همانند مایعات علاوه بر داشتن بافتی نرم و روان و همانند جامدات الاستیک دارای تنش تسلیم هستند. خواص ژل سیال علاوه بر نوع و غلظت بیوپلیمر انتخاب شده، به آهنگ برشی به‌کار رفته حین سرد کردن و سرعت آن بستگی دارد (نورتون و همکاران ۱۹۹۹).

سورن (۲۰۰۰) برای تهیه ژل سیال از صمغ ژلان از روش‌های مختلف استفاده کرد. از جمله حرارت دادن محلول ژلان تا دمای ۷۰ تا ۹۵ درجه‌ی سلسیوس و در حال همزدن تا زیر دمای بستن ژل سرد شد. در روش دیگر، ابتدا محلول ژلان حرارت داده شده و سپس بی آنکه خنک شود به آب اضافه شد. این امر باعث سرد شدن محلول ژلان و در نتیجه تولید ژل سیال گردید. در نهایت ابتدا صمغ در آب سرد حل شد و سپس با افزودن یون‌ها و همزنی، ژل سیال تهیه شد. افزودن کاتیون‌ها باعث ژلاسیون محلول ژلان می‌گردد که با اعمال همزنی ژل سیال تولید خواهد شد. مارتینز و همکاران (۲۰۰۴) ترکیبی از ژلان-زانتان را در تهیه‌ی ژل سیال استفاده کردند. فریث و همکاران (۲۰۰۲) برای تولید ژل سیال از اعمال تنش برشی حین خنک کردن محلول حاوی صمغ آگار استفاده نمودند.

یکی از عمده‌ترین مشکلات در تولید دوغ، دو فاز شدن آن‌ها در طی تولید و نگهداری است که این مساله ناشی از گرانروی پائین، pH پائین و تاثیر آن‌ها بر ته‌نشین شدن پروتئین‌ها می‌باشد (کوکسوی و کیلیک ۲۰۰۴).

اساساً پایداری میسل‌های کازئین در pH طبیعی شیر، به علت قرار گرفتن کاپاکازئین‌ها در سطح میسل‌های کازئین است که با تشکیل لایه‌ای مویی در سطح آن‌ها و سازوکارهای دافعه‌ی فضایی و الکترواستاتیک، مانع نزدیک شدن میسل‌ها به یکدیگر می‌گردند. در صورتی که به هر دلیلی لایه‌های مویی جدا شوند (شکسته شدن توسط آنزیم‌های دلمه کننده شیر) و یا متلاشی شوند (از دست دادن بار خالص موثر با کاهش pH، افزایش قدرت یونی و کاهش قابلیت انحلال)، ناپایداری در

مواد و روش‌ها

شیر خام تهیه شده از دامداری ارومیه (چربی ۱٪، پروتئین ۳/۲۸٪، دانسیته ۱/۰۳۱، اسیدیته ۱۴/۱۶ درجه دورنیک و $\text{pH}=6/75$).

صمغ عربی از بازار عطاران شهرتان قم، صمغ زرد از بازار عطاران شهرتان تکاب، زانتان و پایدارکننده تجاری CHO از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

طرح آماری مورد استفاده

در این تحقیق، از روش سطح پاسخ (RSM) و از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر (CCRD) استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل صمغ زرد، زانتان، صمغ تجاری CHO، صمغ عربی و زمان نگهداری در ۵ سطح بود. نمایش طراحی آزمون‌ها و سطوح متغیرها در جدول ۱ آمده است. تعداد نمونه‌های آزمایش برابر ۳۲ عدد بود که در این میان ۵ آزمون تکرار در نقطه مرکزی بود و از این نقاط برای تعیین خطای آزمایش استفاده شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS.9.2 برآزش شد.

آماده سازی صمغ‌ها

صمغ عربی و صمغ زرد توسط آسیاب برقی (ناسیونال ساخت ایران) آسیاب شدند و سپس جهت به دست آوردن ذرات با اندازه یکنواخت از الک آزمایشگاهی با مش ۸۰ عبور داده شد. پودر صمغ تجاری CHO و زانتان نیز بدون هیچگونه آماده سازی مستقیماً مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه محلول‌های هیدروکلوئیدی

صمغ‌ها مطابق جدول ۱ به آب پاستوریزه حاوی ۰/۸ درصد نمک مورد نیاز برای تهیه دوغ توسط هیتر دارای همزن مغناطیسی حل شدند. سپس در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب داغ مجهز به همزن هیدراته شدند. پس از

پایدارسازی دوغ مورد استفاده قرار دادند. تنها گوار و دانه‌ی اقایا، ژلاتین و پکتین با متوکسیل بالا توانستند پایداری دوغ را بهبود بخشند. در ضمن رفتار دوغ در اثر افزودن صمغ‌ها تغییر یافته و به حالت شبه‌پلاستیک در آمد.

زانتان پلی‌ساکاریدی است که توسط میکروارگانیسم *گزانتموناس کامپستریس*^۱ تولید می‌شود. این پلی‌ساکارید در آب سرد محلول بوده و محلول‌های ایجاد شده به شدت سودوپلاستیک هستند (نصیرپور ۱۳۹۱).

زرد (صمغ فارسی) از درخت بادام کوهی تراوش می‌شود. این درخت بومی ایران محسوب می‌شود. خواص این صمغ، شبیه صمغ عربی است و گاهی به اشتباه آن را صمغ عربی می‌نامند ولی از لحاظ ساختاری با یکدیگر متفاوت هستند (قاسم‌پور و همکاران ۱۳۸۹). صمغ عربی نیز ماده‌ی تراوش شده از درخت آکاسیا است که زنجیره‌ی اصلی آن گالاکتوپیرانوز بوده و ساختار منشعب دارد و جزو صمغ‌های جاذب می‌باشد و برای تشکیل ژل به غلظت‌های بالا نیاز است (نای و همکاران ۲۰۱۲). صمغ تجاری CHO نیز به دلیل دارا بودن توام صمغ کاراگینان (صمغ جاذب) و صمغ گوار کام (صمغ غیرجاذب) در ساختار خود، به عنوان پایدارکننده و غلظت دهنده، تاثیر قابل توجهی در کاهش رسوب و افزایش ویسکوزیته دارد (اسمیت ۲۰۰۰).

هدف از این تحقیق تهیه ژل سیال بر پایه دوغ با استفاده از ترکیب صمغ عربی، زانتان، زرد و صمغ تجاری CHO، یافتن مناسب‌ترین ترکیب هیدروکلوئیدی جهت کاهش جداسازی سرم، افزایش ویسکوزیته و دستیابی به بهترین قوام در طی ۵۹ روز نگهداری در دمای یخچال با استفاده از روش سطح پاسخ می‌باشد.

² Response Surface Method (RSM)

³ Central Composite Rotatable Design (CCRD)

¹ *Xanthomonas compestris*

یک شبانه روز مورد استفاده قرار گرفتند (آذری‌کیا و عباسی ۲۰۱۰).

جدول ۱- نمایش طراحی آزمون‌ها براساس طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر (CCRD) با ۵ متغییر (صمغ زدو، زانتان، صمغ عربی، صمغ تجاری CHO و زمان نگهداری)

Run	صمغ زدو (%)	صمغ زانتان (%)	صمغ CHO (%)	صمغ عربی (%)	زمان نگهداری (روز)
۱	۰/۰۹۴	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۰/۴۵۵	۴۶
۲	۰/۰۹۴	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۱/۳۶۷	۲۰
۳	۰/۰۹۴	۰/۰۷۶	۰/۲۸۴	۰/۴۵۵	۲۰
۴	۰/۰۹۴	۰/۰۷۶	۰/۲۸۴	۱/۳۶۷	۴۶
۵	۰/۰۹۴	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۰/۴۵۵	۲۰
۶	۰/۰۹۴	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۱/۳۶۷	۴۶
۷	۰/۰۹۴	۰/۱۵۱	۰/۲۸۴	۰/۴۵۵	۴۶
۸	۰/۰۹۴	۰/۱۵۱	۰/۲۸۴	۱/۳۶۷	۲۰
۹	۰/۲۸۴	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۰/۴۵۵	۲۰
۱۰	۰/۲۸۴	۰/۰۷۶	۰/۰۹۴	۱/۳۶۷	۴۶
۱۱	۰/۲۸۴	۰/۰۷۶	۰/۲۸۴	۰/۴۵۵	۴۶
۱۲	۰/۲۸۴	۰/۰۷۶	۰/۲۸۴	۱/۳۶۷	۲۰
۱۳	۰/۲۸۴	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۰/۴۵۵	۴۶
۱۴	۰/۲۸۴	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۱/۳۶۷	۲۰
۱۵	۰/۲۸۴	۰/۱۵۱	۰/۲۸۴	۰/۴۵۵	۲۰
۱۶	۰/۲۸۴	۰/۱۵۱	۰/۲۸۴	۱/۳۶۷	۴۶
۱۷	۰	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۱۸	۰/۳۷۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۱۹	۰/۱۸۹	۰	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۲۰	۰/۱۸۹	۰/۱۸۹	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۲۱	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰	۰/۹۱۱	۳۳
۲۲	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۳۷۹	۰/۹۱۱	۳۳
۲۳	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰	۳۳
۲۴	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۱/۸۲۳	۳۳
۲۵	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۷
۲۶	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۵۹
۲۷	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۲۸	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۲۹	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۳۰	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۳۱	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳
۳۲	۰/۱۸۹	۰/۱۱۴	۰/۱۸۹	۰/۹۱۱	۳۳

تهیه دوغ

شیر در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه گردید. سپس تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد سرد و استارترهای ماست (بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده آن) اضافه گردید و در دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به $pH=4/4$ گرمخانه‌گذاری شد. پس از سرد کردن، به نسبت ۵۰:۵۰ با محلول‌های هیدروکلوئیدی رقیق گردید. جهت تولید ژل سیال، محلول داغ و هیدراته شده هیدروکلوئیدی به آرامی همراه با همزنی ملایم، به نمونه‌های دوغ افزوده شدند. همزنی تا زیر دمای بستن هیدروکلوئید و تا رسیدن به دمای اتاق ادامه داده شد. نمونه‌ها در بطری‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۹ روز نگهداری شدند.

جداسازی سرم

نمونه‌های دوغ به لوله‌های فالكون ۵۰ میلی لیتری منتقل و در یخچال نگهداری شدند. در طول نگهداری برای محاسبه مقدار جداسازی سرم، حجم فاز شفاف فوقانی قرائت و بر حجم کل تقسیم و به صورت درصد بیان شد (کوکسوی و کیلیک ۲۰۰۴؛ آذری‌کیا و عباسی ۲۰۱۰).

ویسکوزیته

جهت تعیین ویسکوزیته از دستگاه رئومتر مدل (بوهلین جِنمی Drive II ۹ از شرکت مالورن ساخت کشور انگلستان) با رئومتری استوانه هم مرکز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای اندازه‌گیری گرانشی به صورت تابعی از سرعت برشی در یک فاصله زمانی ۱۰ دقیقه، سرعت برشی از ۰/۱ بر ثانیه تا ۱۰۰ بر ثانیه افزایش یافت. گرانشی در هر ۶ ثانیه یک بار اندازه‌گیری شد (آذری‌کیا و عباسی ۲۰۱۰).

رنگ

اندیس رنگ نمونه‌های دوغ با تعیین فاکتورهای رنگ سنجی شامل L^* (نشان‌دهنده طیف سیاه تا سفید)، a^* (نشان‌دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز) و b^*

(نشان‌دهنده طیف رنگ آبی تا زرد) با استفاده از روش رنگ سنجی دیجیتالی با دوربین المپیوس ۱۲ مگاپیکسل و نرم‌افزار Image J (version 1.4.3.67) انجام شد. عکس‌برداری از نمونه‌ها در داخل جعبه‌ای به ابعاد $50 \times 50 \times 50$ سانتی‌متر با زمینه‌ای به رنگ سفید انجام گرفت (زمردی ۱۳۹۱).

ارزیابی حسی

نمونه‌ها از نظر قوام و طعم براساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵: مطلوب‌ترین و ۱ نامطلوب‌ترین) توسط ۱۰ نفر ارزیاب آشنا با محصول نمره‌دهی شدند (کیانی و همکاران ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

جداسازی سرم

با توجه به نتایج تجزیه آماری، تاثیر صمغ زرد، صمغ تجاری CHO و زمان نگهداری و نیز تاثیر متقابل صمغ زرد و صمغ تجاری CHO و تاثیر متقابل صمغ زانتان و صمغ عربی بر جداسازی سرم معنی‌دار بود ($P < 0/05$). همانطوری که از شکل ۱ مشخص است میزان جداسازی سرم با افزایش غلظت صمغ‌ها بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P < 0/05$).

زرد و صمغ تجاری CHO به میزان ۹۵/۵٪ و زانتان و صمغ عربی به میزان ۸۵/۱۱٪ جداسازی سرم را کاهش داد. صمغ زرد (قسمت محلول و نامحلول) و صمغ تجاری CHO (کاراگینان و گوار) از دو طریق واکنش با کازئین‌ها، افزایش ویسکوزیته و به دام انداختن آب در شبکه سه بعدی میزان سرم را کاهش می‌دهد.

صمغ‌های اضافه شده به ویژه در غلظت‌های بالا یک شبکه هیدروکلوئیدی در سراسر دوغ پدید می‌آورند که آب و کازئین‌ها در این شبکه به دام افتاده و در نتیجه از جداسازی سرم جلوگیری می‌شود (سیرب و همکاران ۱۹۹۸). به نقش صمغ‌ها در پایداری دوغ به دلیل افزایش ویسکوزیته و واکنش با کازئین‌ها و جذب آب در مطالعات پیشین اشاره شده است (کوکسوی و کیلیک

سلیمیان و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر صمغ تجاری CHO در کاهش رسوب شیر کاکائو و قاسم‌پور و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر صمغ زرد در کاهش سینرزیس ماست را گزارش کردند.

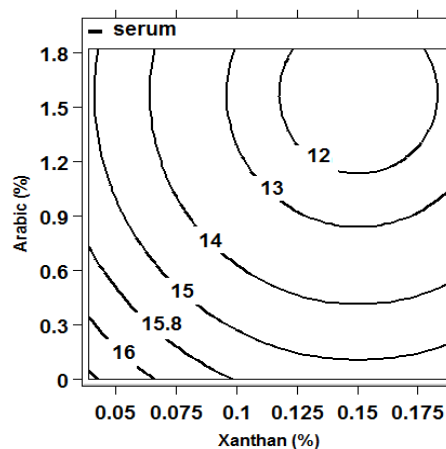
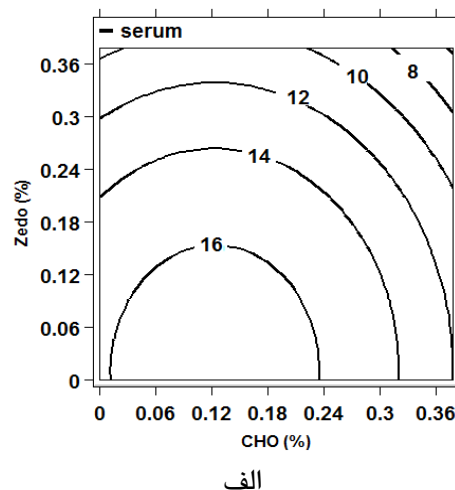
با افزایش زمان نگهداری، نیز جداسازی سرم افزایش یافت ($P < 0.05$). احتمالاً یکی از دلایل کاهش پایداری در طول نگهداری، در اثر وجود بنیان‌های آزاد، امکان تشکیل کمپلکس پروتئین و صمغ در دماهای پایین باشد. زیرا در درجه حرارت‌های پایین، واکنش بین بیوپلیمرها بیشتر اتفاق می‌افتد و انرژی پیوند آسان‌تر تخلیه می‌شود (عباسی و دیکینسون ۲۰۰۴).

ویسکوزیته ظاهری

با توجه به نتایج، تاثیر صمغ زرد، صمغ تجاری CHO، صمغ زانتان و صمغ عربی و نیز تاثیر متقابل صمغ زرد و صمغ عربی و نیز تاثیر صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بر ویسکوزیته ظاهری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). همانطوری که از شکل ۲ مشخص است ویسکوزیته با افزایش غلظت صمغ عربی و صمغ زرد و نیز با افزایش غلظت صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بطور معنی داری افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$).

اثر صمغ‌ها بر افزایش ویسکوزیته در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (کیانی و همکاران ۲۰۱۰؛ کوکسوی و کیلیک ۲۰۰۴). ویسکوزیته در غلظت‌های پایین صمغ عربی و صمغ زرد کاهش یافت. اما در غلظت‌های بالا ویسکوزیته افزایش پیدا کرد همانطوری که از شکل فوق مشخص است در این نمونه‌ها، کاهش ناگهانی گرانشی در نرخ برش‌های پایین رخ داده است، به طوری که نمونه‌های حاوی بالاترین غلظت صمغ زانتان بیشترین گرانشی و نمونه‌های حاوی بالاترین غلظت صمغ عربی کمترین گرانشی را از خود نشان دادند.

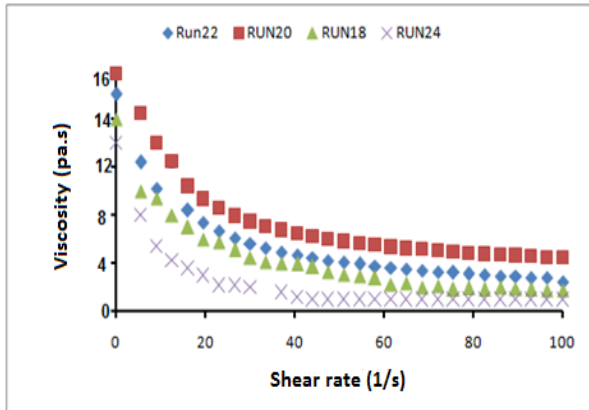
(۲۰۰۴). قسمت محلول صمغ زرد از طریق واکنش با کارژین‌ها و قسمت نامحلول از طریق افزایش ویسکوزیته و به دام انداختن آب در شبکه سه بعدی جداسازی سرم را کاهش می‌دهد. صمغ تجاری CHO نیز به دلیل دارا بودن صمغ جاذب کاراگینان و صمغ غیرجاذب گوار، از طریق واکنش با کارژین‌ها و تشکیل شبکه سه بعدی مانع دو فاز شدن می‌شود. صمغ زانتان به صورت غیرجاذب و با تشکیل شبکه سه بعدی و به تله انداختن ذرات کلوئیدی در شبکه پلیمری (سورن ۲۰۰۰) و صمغ عربی به صورت جاذب از طریق دافعه الکترواستاتیک و افزایش ویسکوزیته میزان سرم را کاهش می‌دهد.



ب

شکل ۱- تاثیر صمغ‌های مورد استفاده بر جداسازی سرم (الف) صمغ تجاری CHO و زرد (ب) صمغ زانتان و عربی

هیدروکلوئیدها بر خواص رئولوژیکی دوغ رفتار شبه پلاستیک را گزارش نمودند.



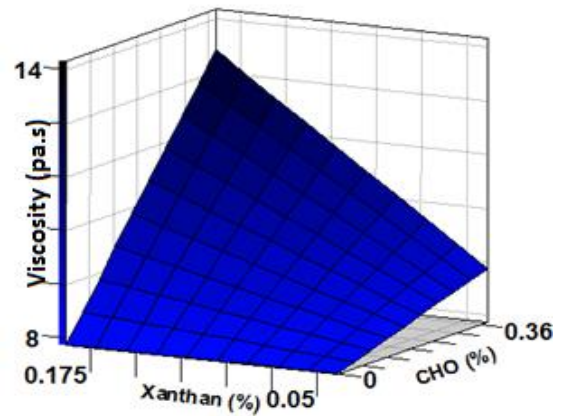
شکل ۳- اثر ترکیب‌های هیدروکلوئیدی بر نمودار گرانی

□: صمغ A ۰/۹، صمغ C ۰/۲، صمغ X ۰/۲ و صمغ Z ۰/۲
 ○: صمغ A ۰/۹، صمغ C ۰/۴، صمغ X ۰/۱ و صمغ Z ۰/۲
 △: صمغ A ۰/۹، صمغ C ۰/۲، صمغ X ۰/۱ و صمغ Z ۰/۴
 ×: صمغ A ۱/۸، صمغ C ۰/۲، صمغ X ۰/۱۵ و صمغ Z ۰/۲

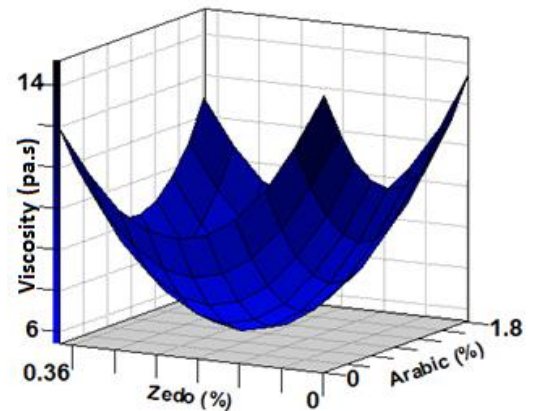
رنگ

با توجه به نتایج تاثیر زمان نگهداری، صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO و نیز تاثیر متقابل صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بر شاخص L^* معنی‌دار بود ($P < 0.05$). همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است شاخص L^* با افزایش صمغ تجاری CHO و صمغ زانتان کاهش، شاخص a^* با افزایش صمغ زانتان و صمغ عربی ابتدا کاهش سپس افزایش و نیز شاخص b^* با افزایش صمغ عربی و زدو افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$).

مقدار کل پرتوهای برگشت داده شده با شاخص L^* مشخص می‌شود. افزایش در مقدار پرتوهای برگشت داده شده باعث افزایش در سفیدی نمونه‌ها خواهد شد (اسمیدی و همکاران ۲۰۰۶). احتمالاً با گذشت زمان و در اثر فعل و انفعالاتی که در طی تخمیر رخ داده، ذرات کوچک مولکول تشکیل شده اند، میزان انعکاس نور



الف

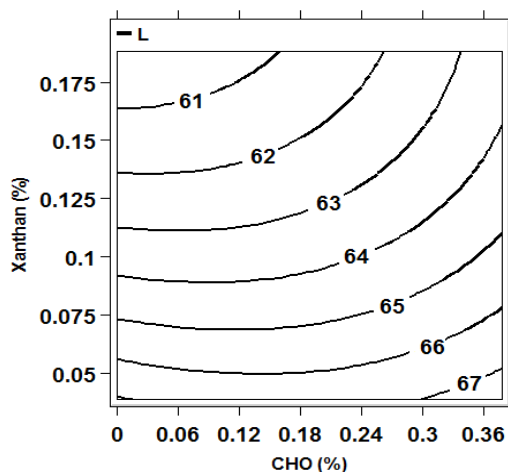


ب

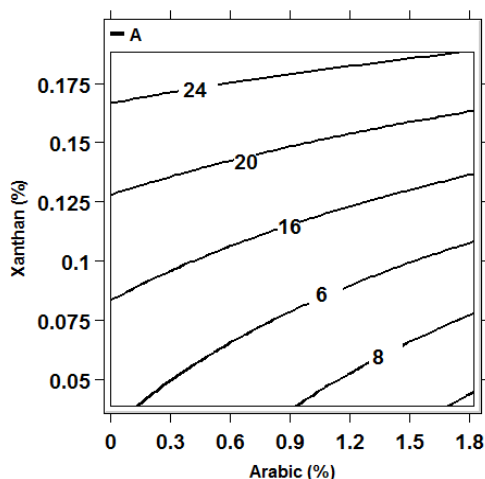
شکل ۲- تاثیر صمغ‌های مورد استفاده بر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های دوغ

کاهش ویسکوزیته در نقاط ابتدایی به دلیل از بین رفتن باندهای بین مولکولی شدیدتر بوده و سپس به آرامی کاهش می‌یابد. کاهش تغییرات ویسکوزیته همزمان با افزایش سرعت برشی را می‌توان به کاهش اندازه توده‌های کلوئیدی موجود در نمونه نسبت داد (ایبانوگلو ۲۰۰۲). نتایج مشابهی توسط عباسی و همکاران (۱۳۸۸) و رضایی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است.

نقش افزودن هیدروکلوئیدها در تغییر رفتار جریان در دوغ در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (جانجوج و همکاران ۲۰۰۸؛ آذری‌کیا و عباسی ۲۰۱۰). کوکسوی و کیلیک (۲۰۰۴) نیز در مطالعه خود بر تاثیر



شکل ۴- تاثیر صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بر اندیس L*



شکل ۵- تاثیر صمغ زانتان و صمغ عربی بر اندیس a*

ارزیابی حسی

تاثیر صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO و نیز تاثیر متقابل صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بر ارزیابی طعم معنی دار بوده است ($P < 0.05$). همانطور که از شکل ۷ مشخص است با افزایش صمغ تجاری CHO و صمغ زانتان امتیاز طعم کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$). پایدارکننده تجاری CHO (حاوی صمغ گوار) و صمغ زانتان جزو هیدروکلوئیدهای غیرجاذب می باشند. لذا این نوع صمغ‌ها، برای اتصال با ترکیبات طعمی قابلیت

بیشتر و سفیدی نمونه افزایش یافته است. از آنجایی که شاخص روشنی نمونه‌ها تا حد زیادی بستگی به آب موجود در سطح نمونه دارد. در غلظت‌های بالای صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO قابلیت جذب آب در سطح نمونه‌ها بیشتر از صمغ عربی و صمغ زرد بود. در نتیجه در غلظت‌های بالای صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO شاخص L* بیشتر کاهش پیدا کرد.

با توجه به شکل ۵، تاثیر صمغ عربی و صمغ زانتان بر شاخص a* معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در غلظت‌های پایین صمغ عربی و صمغ زانتان، بیشترین آب اندازه‌گیری مشاهده گردید. ریپوفلاوین مهم‌ترین ترکیب سبز رنگ در آب خارج شده از ژل می‌باشد. از آنجایی که نمونه‌های حاوی غلظت‌های پایین صمغ عربی و صمغ زانتان بیشترین آب اندازه‌گیری را داشتند.

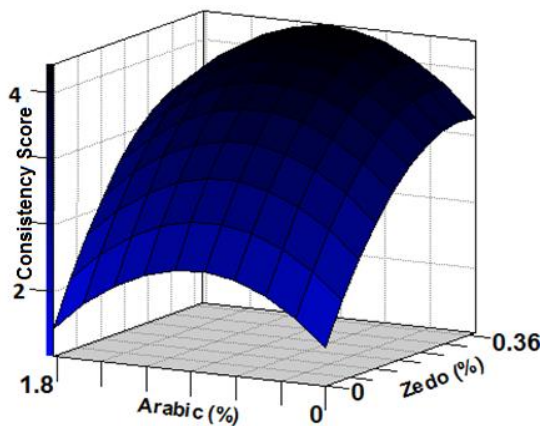
صمغ عربی و صمغ زانتان شاخص a* افزایش پیدا کرد. علت این امر را می‌توان به تغییرات هنگام پاستوریزاسیون نسبت داد. هنگام پاستوریزاسیون ممکن است بعضی رنگدانه‌ها آزاد شوند و شاخص a* را افزایش دهند (گارسیا-پرز و همکاران ۲۰۰۵).

با توجه به شکل ۶ با افزایش صمغ زرد و صمغ عربی شاخص b* به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$). بنابراین میزان بیشتری ریپوفلاوین از ژل خارج شده و شاخص a* (قرمزی) کاهش یافت. در غلظت‌های بالای صمغ عربی و صمغ زرد مورد استفاده در این تحقیق از نوع زرد بوده، که منجر به افزایش شاخص b* شده است.

استافولو و همکاران (۲۰۰۴) نیز کاهش شاخص L* و افزایش شاخص a* و b* در اثر افزودن صمغ‌ها در ماست را گزارش کردند.

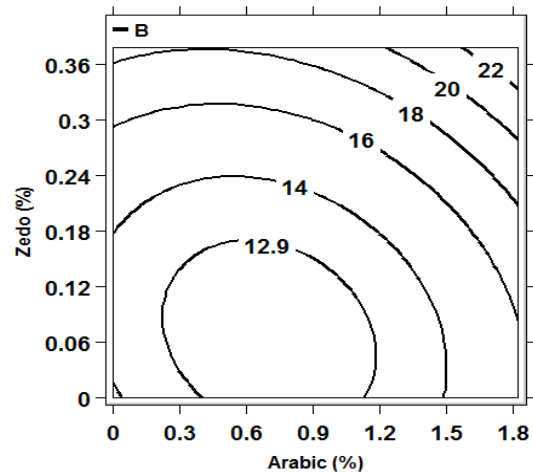
افزایش ویسکوزیته معمولاً موجب کاهش طعم می‌شود که این موضوع به نوع هیدروکلوئید و رفتار رئولوژیکی آن‌ها بستگی دارد.

همچنین تاثیر صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO و نیز تاثیر متقابل صمغ زرد و عربی بر قوام معنی دار بوده است ($P < 0.05$). همانطور که از شکل‌های ۸ و ۹ مشخص است با افزایش غلظت صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO و نیز صمغ عربی و صمغ زرد امتیاز قوام کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$). در این میان تاثیر صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO بیشتر از تاثیر صمغ زرد و صمغ عربی بود. زیرا صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO (کاراگینان) به دلیل ساختار خطی ویسکوزیته بیشتری ایجاد کرد و امتیاز قوام را بیشتر کاهش داد. زمانی که ارزیاب‌ها نمونه‌های نگهداری شده به مدت ۵۹ روز را ارزیابی نمودند ادعا کردند که نمونه‌ها در غلظت‌های بالا دارای قوام بیشتر می‌باشد که احتمالاً به دلیل هیدراسیون بیشتر صمغ‌ها، ویسکوز شدن نامطلوب نمونه‌ها در غلظت‌های بالا و ناخوشایند شدن آن‌ها از نظر مصرف کننده مربوط می‌شود. چون مقدار بالای صمغ، از روانی نمونه‌ها که یکی از مشخصات مطلوبیت آن است، می‌کاهد (لوسی ۱۹۹۹).

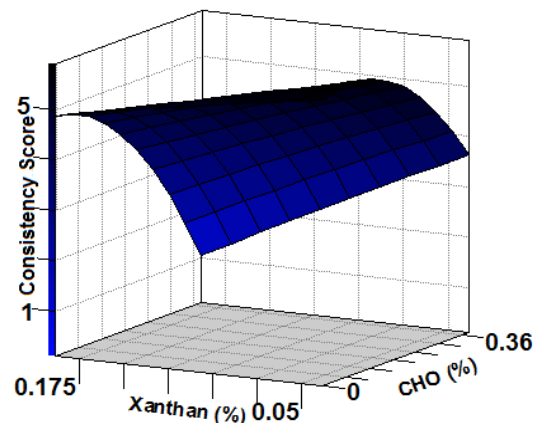


شکل ۸- تاثیر صمغ زرد و صمغ عربی بر امتیاز قوام

اتصال بیشتری نسبت به صمغ های جاذب از خود نشان می‌دهند و طعم را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهند (فولی و مولکاهی ۱۹۸۹).



شکل ۶- تاثیر صمغ زرد و عربی بر اندیس* b



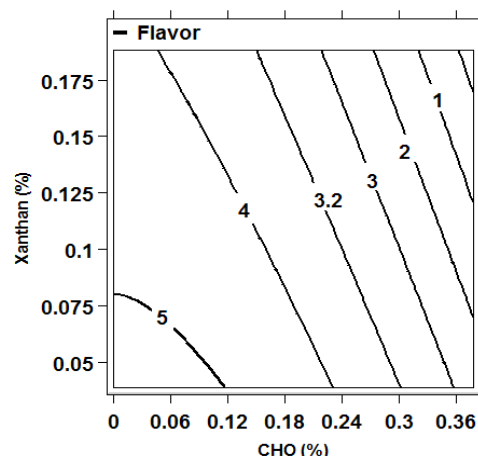
شکل ۹- تاثیر صمغ زانتان و پایدارکننده CHO بر امتیاز قوام

با افزایش غلظت صمغ زانتان و پایدارکننده تجاری CHO، ویسکوزیته به یک باره افزایش پیدا کرد و این امر باعث کند شدن حرکت ماکرومولکول‌ها در فضای پیچیده مولکولی شد و باعث شد ترکیبات طعم‌دار کمتر در دهان احساس شود (جلن ۲۰۱۱). این بررسی‌ها با نتایج پانگبرن و همکاران (۱۹۷۸) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند

صمغ عربی و صمغ تجاری CHO خصوصیات کیفی دوغ را تحت تاثیر قرار می‌دهند. صمغ زدو، صمغ عربی، صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO با جذب آب و اتصال با پروتئین‌ها، موجب افزایش پایداری و ویسکوزیته نمونه‌های دوغ شدند. صمغ زانتان با غلظت ۰/۱۷ درصد و صمغ تجاری CHO با غلظت ۰/۳۶ درصد، ویسکوزیته را بیشتر از صمغ زدو و صمغ عربی افزایش دادند. شاخص L^* با گذشت زمان افزایش یافت اما اثر متقابل صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO منجر به کاهش شاخص L^* گردید. نمونه‌های حاوی غلظت‌های پایین صمغ عربی و صمغ زانتان بیشترین آب اندازی را نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند و شاخص a^* (قرمزی) را کاهش دادند. صمغ عربی و صمغ زدو منجر به افزایش شاخص b^* شدند. با توجه به نتایج ارزیابی حسی، با افزایش غلظت صمغ زانتان و صمغ تجاری CHO امتیاز طعم کاهش یافت. همچنین صمغ زدو و صمغ تجاری CHO با غلظت ۰/۳۶ درصد، صمغ عربی با غلظت ۰/۹۷ درصد، صمغ زانتان با غلظت ۰/۱۷ درصد باعث کاهش امتیاز قوام شدند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب سپاس خود را از همکاری آزمایشگاه صنایع غذایی بخش فنی مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به دلیل قرار دادن امکانات آزمایشگاهی اعلام می‌دارد.



شکل ۷- تاثیر صمغ زانتان و صمغ CHO بر امتیاز طعم

بهینه‌سازی

از آنجایی که مهمترین معایب بافتی در دوغ ویسکوزیته کم و دو فاز شدن آن در طی نگهداری است و دوغ باید ویسکوزیته بالا جهت احساس دهانی مطلوب داشته باشد (کوکسوی و کیلیک ۲۰۰۴). لذا مبنای بهینه‌سازی به حداکثر رساندن ویسکوزیته بدون تاثیر منفی بر احساس دهانی و به حداکثر رساندن طعم و قوام و شاخص L^* و به حداقل رساندن مقدار سرم می‌باشد. برای بهینه‌سازی چند منظوره توابع مطلوبیت RSM به کار برده شد. در شرایط بهینه میزان صمغ زانتان ۰/۱۷، صمغ زدو ۰/۱۶ درصد، صمغ تجاری CHO ۰/۳۶ درصد، صمغ عربی ۰/۹۷ درصد و زمان نگهداری ۵۶ روز تعیین گردید. در این شرایط، ویسکوزیته ۱۳ /۲ پاسکال بر ثانیه، سینرزیس ۱۵/۱۴ درصد، شاخص L^* ۶۱/۸ و امتیازات طعم و قوام به ترتیب ۴/۵ و ۴/۳ از ۵ بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به مدل تجربی بدست آمده توسط روش سطح پاسخ ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه مناسب تشخیص داده شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت‌های متفاوت صمغ زانتان، صمغ زدو،

منابع مورد استفاده

- امیری عقدایی س. س، اعلمی م و رضایی ر، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم چرب. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی، جلد ۶، شماره ۳، صفحات ۲۰۹-۲۰۱.
- رضایی ر، خمیری م و کاشانی‌نژاد م، ۱۳۹۰. اثر صمغ گوار و عربی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست منجمد. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۱، شماره ۱، صفحات ۹۰ تا ۸۴.
- زمردی ش، ۱۳۹۱. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای غنی شده با فیبر گندم. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۲، شماره ۴، صفحات ۴۵۴ تا ۴۴۴.
- سلیمیان س، خسروشاهی اصل ا و زمردی ش، ۱۳۹۱. تأثیر نوع و مقدار پایدارکننده‌ها بر پایداری و خواص حسی و رئولوژیکی شیرکاکائو. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۲، شماره ۲، صفحات ۱۶۶ تا ۱۷۱.
- عباسی ا، شیرازی ن و فرشاد فر ش، ۱۳۸۸. اثر صمغ گوار بر بافت و فراریت اسانس‌های اضافه شده به دوغ ایرانی. فصلنامه علوم و فناوری غذایی، سال ۱، شماره ۳، صفحات ۳۲ تا ۳۹.
- قاسم پور ز، علی‌زاده م و رضازاده م، ۱۳۸۹. بهینه سازی ماست پروبیوتیک حاوی صمغ زدو. مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد ۲، شماره ۳، صفحات ۵۹ تا ۷۰.
- Azarikia F, and Abbasi S, 2010. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) By gum tragacanth. *Food Hydrocolloids* 24: 358-63.
- Abbasi S, and Dickinson E, 2004. Gelation of carrageenan and micellar casein mixtures under hydrostatic pressure. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 52: 1705-1714.
- Dickinson E, 2002. Hydrocolloids at the interfaces and the influence on the property of dispersed system. *Food Hydrocolloid* 17: 25-39.
- Foley J, and Mulcahy A J, 1989. Hydrocolloid stabilization and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured buttermilk. *Irish Journal of Food Science and Technology* 13: 43-50.
- Frith W J, Garijo X, Foster T J and Norton I T, 2002. Microstructural origins of the 439 rheology of fluid gels. *Gums and Stabilisers for the Food Industry* 11: 95-103.
- Garcia-Perez F J, Lario Y, Fernandez-Lopez J, Sayas E, Perez-Alvarez J A, and Sendra E, 2005. Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation & cold storage. *Color Research and Application* 30 (6): 457-463.
- Ibanoglu E, 2002. Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum Arabic. *Journal of Food Engineering* 52: 273-277.
- Jelen H, 2011. *Food flavors: chemical, sensory and technological properties*. 1sted. CRC press.
- Janhoj T, Bom Frost M, and Ipsen R, 2008. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids* 22: 798-806.
- Kiani H, Mousavi M, Razavi H, and Morris E, 2010. Effect of gellan, alone and in combination whit high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yoghurt based Iranian drink. *Food Hydrocolloids* 24: 744-754.
- Kayacier A, and Dogan M, 2006. Rheological properties of some gums-sale mixed solutions. *Journal of Food Engineering* 72: 261-265.
- Koksoy A and Kilic M, 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghortdrink, ayran. *Food Hydrocolloids* 18: 593-600.
- Kailasapathy K, 2006. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. *LWT* 39: 1221-1227.
- Koksoy A, and Kilic M, 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of Aryan, a Turkish yoghurt drink. *International Dairy Journal* 13: 835-839.

- Lucey J A, Tamehana M, Singh H, Munro P A, 1999. Stability of model acid milk beverage: effect of pectin concentration, storage temperature and milk heat treatment. *J Text Studies* 30: 305–318.
- Laurent M A, Boulenger P, 2003. Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin. *Food Hydrocolloids* 17:445-54.
- Moeenfard M, Mazaheri Tehrani M, 2008. Effect of Some Stabilizers on the Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Type Frozen Yogurt. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environmental Science* 4: 584-589.
- Morris E R, Nishinari K and Rinaudo M, 2012. Gelation of gellan—A review. *Food Hydrocolloids* 28: 373–411.
- Nie SP, Wang C, Cui SW, Wang Q, Xie MY, and Phillips GO, 2012. A further amendment to the classical core structure of gum arabic (*Acacia Senegal*). *Food Hydrocolloids*, Accepted.
- Nishinari K, Zhang H, and Ikeda S, 2000. Hydrocolloid gels of polysaccharides and proteins. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 5: 195–201.
- Norton I T, Jarvis D A and Foster T J, 1999. A molecular model for the formation and properties of fluid gels. *International Journal of Biological Macromolecules* 26: 255–261.
- Panghorn R M, Gibbs Z M, and Tazan C, 1978. Effect of hydrocolloids on apparent viscosity and sensory properties selected beverages. *Journal of Texture Studies* 9: 415-436.
- Syrbe A, Bauer W J, and Klostermeyer H, 1998. Polymer science concepts in dairy System An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal* 8: 179–193.
- Smith A K, Kakuda Y and Goff H D, 2000. Changes in protein and fat structure in whipped cream caused by heat treatment and addition of stabilizer to the cream. *Food Research International* 33: 697-706.
- Staffolo, M D, Bertola N, Martino M, and Bevilacqua Y A, 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory & rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal* 14: 263-268.
- Soukoulis C, Chandrinou I, and Tzia C, 2008. Study of the functionality of selected cream. Hydrocolloids and their blends with [kappa]-carrageenan on storage quality of vanilla ice LWT *Food Science and Technology* 41: 1816-1827.
- Smiddy M A, Martin J E, Kelly A L, De Kruif C G, and Huppertz T, 2006. Stability of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *Journal of Dairy Science* 89: 1906-1914.
- Sworn G, 2000. Gellan gum. In G O. Phillips, P A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Tholstrup Sejersen M, Salomonsen T, Ipsen R, 2007. Zeta potential of pectin-stabilized casein aggregates in acidified milk drinks. *International Dairy Journal* 17: 302–307.

The effect of some gums on stability and qualitative properties of doogh produced by the fluid gel technology using Response Surface Methodology (RSM)

L Laghaei¹ and Sh Zomorodi^{2*}

Received: September 08, 2014 Accepted: May 05, 2015

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

²Assistant Professor, Department of Engineering Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

*Corresponding author: Email: shahinzomorodi@gmail.com

Abstract

In this study, the effect of zedo, commercial stabilizer CHO, arabic and xanthan gum on the stability and qualitative properties doogh were investigated using response surface method (RSM). The amount of zedo and commercial stabilizer CHO were in the range of 0-0.4%, Arabic gum and xanthan gum were in the range of 0-1.8 and 0-0.2% respectively and storage time was 7-59 days. The statistical analysis of results showed that serum separation decreased with increasing the levels of gums and it increased during storage ($P < 0.05$). Also Apparent viscosity was significantly increased with increasing the levels gums ($P < 0.05$). According to the results obtained from color analysis, L^* value increased during storage time but it decreased under the interaction of xanthan gum and commercial stabilizer CHO. At lower levels of Xanthan gum and Arabic gum a^* value decrease and at higher levels of a^* value increased. Both zedo gum and Arabic gum resulted in b^* value improvement. According to the sensory evaluation, with increasing concentration xanthan gum and commercial stabilizer CHO the score of flavor and with increasing concentration any of four types of stabilizers the score of consistency decreased. The amounts of xanthan gum 0.17%, zedo gum 0.16%, commercial stabilizer CHO 0.36%, Arabic gum 0.97% and 56 days storage were obtained as optimum conditions.

Keywords: Arabic gum, Commercial stabilizer CHO, Doogh, fluid gel, Stabilization, Xanthan gum, Zedo gum