

## بررسی اثر مخلوطی از پایدارکننده‌ها بر روی پایدارسازی فیزیکی دوغ بدون

### چربی

الهام خان‌نیری<sup>۱</sup> (M.Sc Student)، سارا سهراب‌وندی<sup>۲\*</sup> (Ph.D)، سید معصومه عرب<sup>۱</sup> (Ph.D Student)، مهدی شادنوش<sup>۳</sup> (Ph.D)، سید امیرمحمد مرتضویان فارسانی<sup>۴\*</sup> (Ph.D)

- ۱- کمیته تحقیقات دانشجویان، دانشکده تغذیه و علوم صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۲- گروه علوم تحقیقات و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۳- گروه تغذیه، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشت درمانی سمنان، سمنان، ایران
- ۴- گروه آموزش علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

### چکیده

هدف: دوغ، نوشیدنی بومی است. عمده‌ترین مشکل این محصول جداشدن سرم، در طی دوره نگهداری، به دلیل pH پایین و تجمع پروتئین‌های کازئین است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر افزودن صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز، فارسی و لوبیای خرنوب به صورت تکی و ترکیبی بر پایداری دوغ، در مدت زمان نگهداری آن بود. مواد و روش‌ها: نمونه‌های دوغ از راه بازسازی پودر شیر بدون چربی تهیه شدند. محلول هیدروکلوئیدهای مورد نظر (۱۵٪ لوبیای خرنوب، ۶٪ کربوکسی متیل سلولز، ۱٪ لوبیای خرنوب، ۲٪ کربوکسی متیل سلولز و ۱٪ لوبیای خرنوب: ۱٪ فارسی) به آن‌ها اضافه شد و در دمای یخچالی ۵°C به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند. اندازه‌گیری میزان جداسازی سرم در طول دوره نگهداری (۲۸ روز)، آزمون توزیع اندازه ذرات و رفتار جریان در روزهای اولیه و پایانی دوره نگهداری صورت گرفت. در نهایت، ویژگی‌های حسی نمونه‌ها توسط ۳۰ ارزیاب مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافته‌ها: افزودن صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و لوبیای خرنوب به صورت تکی منجر به افزایش پایداری دوغ شد، ولی لوبیای خرنوب در غلظت‌های کم‌تر، دارای اثر بهتری بود. در حالی که ترکیب دوتایی لوبیای خرنوب: کربوکسی متیل سلولز بیش‌ترین پایداری و ریزترین سایز ذرات را که حاکی از کاهش تجمع میسل‌های کازئین بود را داشت. افزودن هیدروکلوئیدها به دوغ منجر به تغییر رفتار جریانی دوغ از حالت نیوتنی به حالت سودوپلاستیک شد. همچنین، ارزیاب‌های گروه ارزیابی حسی به دوغ حاوی ۱٪ لوبیای خرنوب: ۲٪ کربوکسی متیل سلولز بالاترین امتیاز را دادند.

نتیجه‌گیری: ترکیب دو هیدروکلوئید جاذب (کربوکسی متیل سلولز یا صمغ فارسی) و غیر جاذب (لوبیای خرنوب) با سه مکانیسم ایجاد ممانعت فضایی، دافعه الکتروستاتیک و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، سبب افزایش پایداری قابل ملاحظه دوغ بدون چربی شد. با این تفاوت که، ترکیب دو هیدروکلوئید فارسی و لوبیای خرنوب علی‌رغم پایدارسازی نمونه‌ها، از نظر ارزیابی حسی امتیاز کم‌تری را نسبت به تیمار مخلوط کربوکسی متیل سلولز و لوبیای خرنوب به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: سدیم کربوکسی متیل سلولز، کلوئیدها، نوشیدنی‌ها، نگهدارنده‌های غذا، محصولات لبنی

که ویژگی‌های حسی مطلوب و سالم و سلامت‌بخش بودن این نوشیدنی تخمیری سبب شده تا در میان نوشیدنی‌های بر پایه

### مقدمه

دوغ از نوشیدنی‌های تخمیری سنتی ایرانیان است [۲،۱]

جاذب نامیده می‌شوند [۱۹]. این هیدروکلوئیدها می‌توانند از طریق نیروهای الکترواستاتیک با پروتئین‌ها واکنش داده و با ایجاد دافعه الکترواستاتیک، دافعه فضایی و یا هر دو منجر به پایداری شوند.

دسته دیگر از هیدروکلوئیدها، غیرجاذب هستند که عاری از پلی‌ساکاریدهای باردار بوده و می‌توانند از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، به دام انداختن ذرات در شبکه‌ای که تشکیل می‌دهند و بی‌حرکت ساختن آن‌ها از جداسازی سرم جلوگیری کنند [۲۰]. به منظور یافتن مناسب‌ترین هیدروکلوئیدها یا ترکیب‌های هیدروکلوئیدی جهت پایدارسازی دوغ بدون چربی، بعد از انجام پیش‌آزمون‌ها، تیمارهایی که بیش‌ترین پایداری را نشان دادند انتخاب شده و در نهایت اثر یک نوع صمغ بومی (فارسی) و دو نوع صمغ تجاری (کربوکسی متیل سلولز و لوبیای خرنوب) به صورت تک‌ی و ترکیب دوتایی در غلظت‌های مختلف بر روی پایدارسازی دوغ در طول دوره نگهداری ۲۸ روزه مورد ارزیابی قرار گرفت.

صمغ فارسی هیدروکلوئید غیر نشاسته‌ای شفاف است که از درخت بادام کوهی به دست می‌آید و به علت دارا بودن ترکیبات شیمیایی متفاوت در رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز مشاهده می‌شود. در آب، محلول‌هایی چسبنده و گرانو تولید می‌کند و دارای کاربردهای دارویی، صنعتی و غذایی است [۲۲، ۲۱]. کربوکسی متیل سلولز یا CMC از مشتقات سلولز است. که از استخلاف گروه‌های کربوکسی متیل ( $\text{CH}_2\text{-COOH}$ ) به جای برخی از گروه‌های هیدروکسیل ( $\text{-OH}$ ) به دست می‌آید و پلی‌ساکاریدی آنیونی می‌باشد. در آب سرد و گرم محلول است و به عنوان پایدارکننده و عامل ناروان‌ساز در محصولات لبنی استفاده می‌شود [۲۳]. صمغ لوبیای خرنوب جزء گالاکتومانان‌ها بوده و از جمله هیدروکلوئیدهای غیرجاذب می‌باشد که عاری از پلی‌ساکاریدهای باردار بوده و می‌توانند از طریق افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، به دام انداختن ذرات در شبکه‌ای که تشکیل می‌دهد و بی‌حرکت ساختن آن‌ها از جداسازی فازها

شیر، مقبولیت خاصی پیدا کند و به عنوان نوشیدنی ملی ایران پذیرفته شود [۳]. این فراورده و فراورده‌های مشابه آن در کشورهای هم‌چون افغانستان، آذربایجان، ارمنستان، عراق، سوریه، بلغارستان، ترکیه و جزایر بالکان و به مقدار کم‌تر در سایر کشورهای خاورمیانه و آسیای مرکزی به مصرف می‌رسند [۴]. در pH طبیعی شیر، حدود ۶/۶، ذرات کازئین به شکل میسل‌های پایدار هستند. پایداری میسل‌های کازئین در pH طبیعی شیر، به علت وجود کاپا-کازئین‌ها در سطح میسل کازئین است که با ایجاد دافعه فضایی و الکترواستاتیک مانع نزدیک شدن میسل‌ها به یک‌دیگر می‌گردند [۵، ۶]. اما در دوغ به دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی و کاهش PH ( $\text{PH} < 4/5$ )، پروتئین‌ها به نقطه ایزوالکتریک خود نزدیک می‌شوند و کاپا-کازئین‌ها بار خالص موثر خود را از دست می‌دهند بنابراین ممانعت فضایی و الکترواستاتیکی بین میسل‌های کازئین حذف شده، تجمع آن‌ها صورت می‌گیرد و رسوب می‌کنند [۸، ۷]. این پدیده منجر به جداسازی لایه‌های کازئین و لایه‌های شفاف یا سرم دوغ بعد از تولید و در حین نگهداری می‌شود [۹]. طبق مطالعات انجام شده این پدیده با کاهش میزان چربی تشدید می‌گردد [۱۰]. در سال‌های اخیر با افزایش سطح آگاهی مردم و هم‌چنین رابطه‌ی بین مصرف چربی و بیماری‌های قلبی-عروقی، تمایل به مصرف محصولات لبنی کم‌چرب با افزایش چشمگیری روبرو شده است. علی‌رغم این، چربی بر بسیاری از جنبه‌های کیفیت محصولات لبنی مثل پایداری فیزیکی و شیمیایی، ارزش غذایی، طعم و بافت اثر می‌گذارد [۱۱-۱۴] و کاهش میزان چربی منجر به کم‌تر شدن پایداری فیزیکی نوشیدنی‌های لبنی می‌گردد [۱۵]. برای جلوگیری از تجمع پروتئین‌ها و آب‌اندازی فراورده‌های تخمیری از پایدارکننده‌های متنوعی استفاده می‌شود که معمول‌ترین آن هیدروکلوئیدها هستند [۱۶، ۱۷]. هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی کاربردهای بسیاری پیدا کرده‌اند. بازار جهانی این ترکیبات سالانه حدود ۴/۴ بیلیون دلار با حجمی حدود ۲۶۰ هزار تن گزارش شده است [۱۸]. دست‌های از هیدروکلوئیدها که حاوی پلی‌ساکاریدهای باردار هستند هیدروکلوئیدهای

شد. بعد از استاندارد کردن ماده‌ی خشک، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای °C ۹۰ تحت تیمار حرارتی قرار گرفت. پس از سرد کردن شیر تا °C ۴۲ (دمای تخمیر)، کشت آغازگر به آن افزوده شده و تا رسیدن به pH ۴/۰، در دمای °C ۴۲ گرمخانه‌گذاری شد. در نهایت نمونه‌ها طی دو مرحله (ابتدا به سرعت تا °C ۱۵ و سپس تا °C ۵) مورد سرد شدن قرار گرفتند. در خصوص افزودن هیدروکلوئیدها، کربوکسی متیل سلولز (CMC) و لوبیای خرنوب (LBG) به ترتیب در غلظت‌های ۰/۶ و ۰/۱۵٪ و به منظور بررسی اثر ترکیبی صمغ‌ها، ترکیب دو تایی CMC: LBG در غلظت‌های ۰/۱: ۰/۱٪ و ۰/۲: F: LBG (فارسی) در غلظت‌های ۰/۱: ۰/۱٪ استفاده شدند. برای استفاده از CMC و LBG به صورت تکی، هر یک از این صمغ‌ها را به تدریج در آب حل کرده و برای تهیه ترکیب دو تایی CMC: LBG و F: LBG ابتدا صمغ‌ها با نسبت‌های مشخص، توزین و با هم مخلوط شده و به تدریج به آب افزوده شدند [۲۴]. در مرحله بعد افزودن نمک به گونه‌ایی انجام گرفت که غلظت نمک در محصول نهایی ۰/۵٪ باشد. سپس مخلوط پایدارکننده-نمک به مدت ۱۰ دقیقه حین هم‌زدن در دمای °C ۸۰ تحت تیمار حرارتی قرار گرفت و پس از سرد کردن تا دمای °C ۵ به نمونه‌های دوغ افزوده شد. هم‌چنین یک نمونه شاهد بدون پایدارکننده نیز تهیه شد و نمونه‌ها به مدت ۲۸ روز در دمای °C ۵ نگهداری شدند. بنابراین، مجموعاً ۵ تیمار تولید شده شامل تیمار ۱: ۰/۶٪ CMC، تیمار ۲: ۰/۱+۰/۲٪ CMC، تیمار ۳: ۰/۱۵٪ LBG، تیمار ۴: ۰/۱+۰/۱٪ LBG (فارسی، تیمار ۵: شاهد) که هر تیمار در دوره نگهداری ۲۸ روزه مورد بررسی و آزمون قرار گرفت. نمونه‌برداری برای انجام آزمایشات به صورت انتخاب تصادفی دست کم ۲ نمونه از هر تیمار بود و حجم تولیدی نمونه در هر تیمار ۳۰۰۰ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. شاخص‌های آزمایشی شامل میزان جداسازی سرم در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ و آزمون‌های رئولوژیک، بررسی ساختار ذرات و ارزیابی حسی در ابتدا و پایان دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جلوگیری کند [۱۷، ۱۸]. هم‌چنین استفاده از چند هیدروکلوئید به طور هم‌زمان دارای اثرات هم‌افزایی است و باعث بهبود عمل‌کرد و کاهش غلظت مورد نیازشان در مقایسه با استفاده‌ی هر کدام به‌طور جداگانه می‌شود [۹].

با در نظر گرفتن مطالب بیان شده، و این‌که در حال حاضر در کارخانجات لبنی، از پودرهای تجاری وارداتی استفاده می‌شود که جزئیات شیمیایی آن‌ها مشخص نیست، ارزیابی دارند (مغایرت با استقلال ملی)، گران هستند و نتایج آن‌ها نیز کاملاً رضایت‌بخش نیست. در عین حال، واردات از کشورهای سازنده این پودرها به دلیل تحریم‌های سال‌های اخیر، دارای ثبات و اطمینان نیست و هر چند مدت، نایاب شده یا فقط در مقادیر کلان قابل خرید و وارد شدن هستند. هدف این پژوهش، طراحی مخلوط کارآمد و ارزان پایدارکننده برای پایدارسازی فیزیکی دوغ بدون چربی، با استفاده از هیدروکلوئیدهای بومی و تجاری و هزینه‌ی تمام شده‌ی کم‌تر از هزینه‌ی مواد افزودنی رایج در صنعت است.

به منظور بررسی سازوکار احتمالی پایدارکننده‌های مورد نظر، ویژگی‌های رئولوژیکی و مشاهدات ریزساختاری نمونه‌ها در روزهای ۰ و ۲۸ مورد مطالعه قرار گرفتند و در نهایت نمونه‌ها از لحاظ ویژگی‌های حسی توسط ۳۰ نفر از دانشجویان دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی شهید بهشتی ارزیابی شدند.

## مواد و روش‌ها

مواد: هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در این پژوهش شامل صمغ لوبیای خرنوب از شرکت LBG Sicilia کشور ایتالیا، کربوکسی متیل سلولز از شرکت Foodchem کشور چین و صمغ فارسی از فروشگاه‌های عطاری سنتی تهران تهیه شدند. در این پژوهش کشت آغازگر CH-1 برای انجام عمل تخمیر و کاهش PH دوغ از شرکت کریستسن هانسن (Chr-Hansen) دانمارک تهیه شد و مورد استفاده قرار گرفت. روش‌ها: آماده‌سازی نمونه‌ها: شیر دوغ‌سازی از راه بازسازی پودر شیر بدون چربی (ماده‌ی خشک ۳/۵٪) ساخته

فراخنای قوس  $(Span) = \frac{d_{90} - d_{10}}{d_{50}}$ . این شاخص نمایانگر پهنای توزیع ذرات است و هر چه پهنای توزیع باریک‌تر باشد، فراخنای قوس کوچک‌تر است [۲۶، ۲۷].

$D(2,1)$  و  $D(4,3)$  نوعی قطر معادل هستند و مقدار آن‌ها از فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$D(4,3) = \frac{\sum nidi^4}{\sum nidi^3}$$

$$D(2,1) = \frac{\sum nidi^2}{\sum nidi}$$

که در این رابطه  $n$  تعداد گویچه‌های با قطر  $di$  است [۹].

ارزیابی حسی: بر اساس استاندارد ملی ایران، ارزیابی حسی نمونه‌ها بر مبنای سه ویژگی طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی انجام شد. ۳۰ نفر ارزیاب از بین دانشجویان دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انتخاب شدند. ارزیابی به صورت هدونیک پنج طبقه‌ای در روزهای ۰ و ۲۸ بین نمونه‌ها با ترکیب هیدروکلورید مختلف انجام شد. نمره ۰ به بدترین کیفیت و نمره ۴ به بهترین کیفیت در بین نمونه‌ها داده شد (۰، ۱، ۲، ۳، ۴ به ترتیب معادل غیرقابل مصرف، غیر قابل قبول، قابل قبول، رضایت‌بخش و عالی) [۳]. گفتنی است که به نمونه‌ها کد سه رقمی به صورت تصادفی داده شده و نمونه‌ها پیش از آزمون شدن، در بطری‌ها به آرامی تکان داده شدند تا همگن شوند.

#### تجزیه و تحلیل آماری

تمامی نمونه‌ها در سه تکرار تولید شده و مورد آزمون قرار گرفتند. یافتن تفاوت معنی‌دار میان میانگین داده‌های تیمارهای اعمال شده با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و نرم‌افزار SPSS21 در سطح معناداری ۰/۰۵ صورت گرفت و در صورت معنی‌دار بودن ( $P < 0/05$ ) از آزمون دانکن چند دامنه جهت تجزیه و تحلیل میانگین‌ها استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

اندازه‌گیری میزان جداسازی سرم: نمونه‌های دوغ در لوله‌های آزمایش با ویژگی هندسی یکسان تا ارتفاع مساوی ریخته شدند. برای محاسبه درصد سرم‌دهی طی دوره نگهداری یخچالی، ارتفاع بخش سرم در سطح بر کل ارتفاع نمونه تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد [۲۴، ۲۵].

اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیک: آزمون‌های رئولوژیک با استفاده از دستگاه رئومتر چرخشی ۳۰۱ Physica MCR ساخت شرکت Anton paar اتریش انجام شد. به دلیل رقیق بودن نمونه‌ها و به منظور توسعه اندازه‌گیری تا نرخ برش‌های پایین از رئومتری استوانه هم مرکز (concentric cylinder geometry) مدل CC27 به ارتفاع ۴۰ میلی‌متر و قطر به ترتیب از داخل به خارج ۲۷/۵۹، ۲۴/۶۶ و ۲۳/۸۲ میلی‌متر مطابق استاندارد DIN ۵۴۴۵۳ استفاده شد که هر دو سطح خارجی و داخلی اسپیندل گردان با سیال در تماس بودند. برای تنظیم دما از سیستم Peltier plate با حساسیت  $\pm 0/01$  مجهز به سیرکولاتور آب استفاده شد [۲۶، ۸]. قبل از انجام آزمون به منظور همگن شدن، نمونه‌ها با نرخ برش  $200 s^{-1}$  به مدت ۲۰ ثانیه توسط دستگاه هم زده شدند. برای انجام آزمون رئولوژیک تعیین رفتار جریان نمودارهای گرانروی ظاهری در مقابل نرخ برش  $1000 s^{-1}$  - ۰/۱ برای تمام نمونه‌ها در روزهای ۰ و ۲۸ توسط دستگاه به دست آمد.

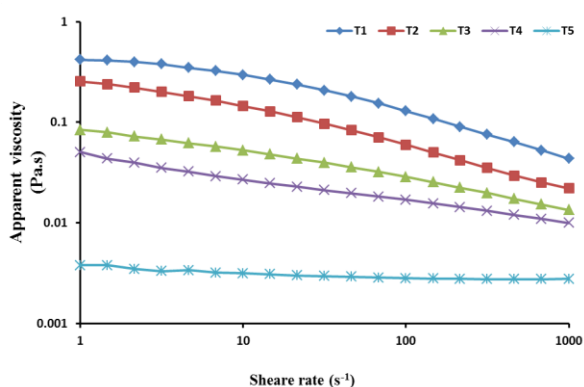
اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات: توزیع اندازه ذرات نمونه‌های گوناگون در دمای محیط بر اساس روش پراکنش نور با استفاده از دستگاه Analyser 1090 Cilac Particle Size ساخت شرکت فرانسه صورت گرفت. شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شده با دستگاه قطرهای ۹۰، ۵۰ و ۱۰٪ ذرات ( $d_{90}$ ،  $d_{50}$ ،  $d_{10}$ )، حجم قطر میانگین  $D(4,3)$ ، سطح قطر میانگین  $D(2,1)$  و فراخنای قوس (Span) ذرات در روزهای ۰ و ۲۸ بود. فرمول محاسبه و / یا مفاهیم شاخص‌های بالا به شرح زیر است:

قطرهای ۱۰، ۵۰ و ۹۰٪: قطرهایی که ۱۰، ۵۰ و ۹۰٪ ذرات سامانه در زیر آن قرار دارند.

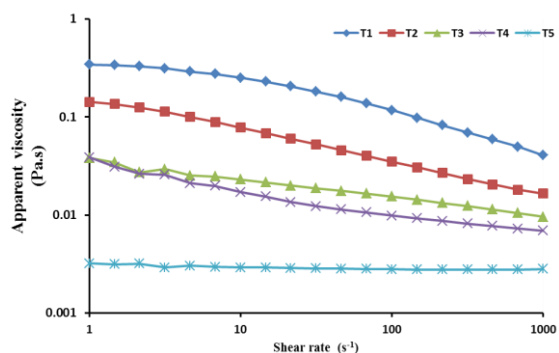
## نتایج

درصد سرم‌دهی تیمارها طی نگهداری یخچالی. جدول ۱ بیانگر درصد سرم‌دهی تیمارها طی ۲۸ روز نگهداری یخچالی در  $5^{\circ}C$  در بازه‌های زمانی ۷ روزه است. با مراجعه به این

شکل ۱ و در روز ۲۸ در شکل ۲ نشان داده شده است. نمونه شاهد پایین ترین و نمونه حاوی ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز بالاترین گرانیوی ظاهری را در هر دو روز صفر و ۲۸ داشتند. در تمامی تیمارهای دارای هیدروکلوئید، در روز صفر و ۲۸ ویسکوزیته با افزایش نرخ برش کاهش می یابد که نشان دهنده رفتار شبه پلاستیک یا سست شونده با سرعت برشی است. اما نمونه شاهد در روز صفر و ۲۸ در تمام نرخهای برش رفتار نیونی را نشان داد. تمام تیمارها در روز ۲۸ ویسکوزیته ظاهری کمتری را نسبت به روز صفر داشتند.



شکل ۱. مقایسه ویسکوزیته ظاهری روز صفر تیمارهای T1 : ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، T2 : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، T3 : ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب، T4 : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۱٪ فارسی، T5 : شاهد



شکل ۲. مقایسه ویسکوزیته ظاهری روز ۲۸ تیمارهای T1 : ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، T2 : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، T3 : ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب، T4 : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۱٪ فارسی، T5 : شاهد

جدول می توان دریافت که در میان تیمارها، تیمار L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub> (۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز) دارای کمترین مقدار سرمدهی در سرتاسر دوره ۲۸ روزه نگهداری یخچالی است و بیشترین درصد سرمدهی به تیمار شاهد مربوط بوده است و اختلاف معنی دار ( $p < 0.05$ ) میان نمونه ها و نمونه شاهد است. بررسی اثرات افزودن تکی صمغها نشان داد که لوبیای خرنوب بهتر از کربوکسی متیل سلولز عمل کرده است. به طوری که لوبیای خرنوب توانست در غلظت ۰/۱۵٪ پایداری بهتری را نسبت به کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۰/۰۶٪ ایجاد کند. بر اساس یافته های این پژوهش صمغهای ترکیبی اثر بهتری بر روی پایداری دوغ در طی دوره نگهداری نسبت به صمغهای تکی داشتند و اثر هم افزایی خوبی بین لوبیای خرنوب و کربوکسی متیل سلولز وجود داشت. با بررسی مقادیر سرمدهی تیمارها در پایان هر دوره ۷ روزه می توان دریافت که تفاوت چشمگیر همراه با قاعده ای نظام مند در داده ها وجود ندارد.

جدول ۱. میزان جداسازی سرمی تیمارها (درصد) طی ۲۸ روز نگهداری یخچالی \*

تیمارها**	مدت زمان نگهداری (روز)			
	۲۸	۲۱	۱۴	۷
L <sub>۰/۱</sub> -C <sub>۰/۲</sub>	۱/۹۱ <sup>Da</sup>	۱/۷۲ <sup>Ca</sup>	۰/۴۸ <sup>Ca</sup>	.Ba
L <sub>۰/۱</sub> -F <sub>۰/۱</sub>	۲/۹۵ <sup>CDa</sup>	۲/۰۴ <sup>Ca</sup>	۱/۰۲ <sup>Ca</sup>	.Ba
L <sub>۰/۱۵</sub>	۳/۶۳ <sup>Ca</sup>	۲/۱۶ <sup>Ca</sup>	۲/۰۸ <sup>Ba</sup>	.Ba
C <sub>۰/۶</sub>	۵/۲ <sup>Ba</sup>	۳/۱ <sup>Ba</sup>	۲/۰۹ <sup>Ba</sup>	.Ba
B	۷۲/۶ <sup>Aa</sup>	۷۲/۲ <sup>Aa</sup>	۷۱/۷ <sup>Aa</sup>	۶۹/۵۵ <sup>Aa</sup>

\* میانگین هایی که در یک ستون با حروف بزرگ متفاوت و در یک ردیف بین روز های ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ با حروف کوچک متفاوت نشان داده شده اند اختلاف معنادار ( $P < 0.05$ ) دارند. L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub>\*\* : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، L<sub>۰/۱</sub>-F<sub>۰/۱</sub> : ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۱٪ فارسی، L<sub>۰/۱۵</sub> : ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب، C<sub>۰/۶</sub> : ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، B: شاهد

تاثیر افزودن هیدروکلوئیدها بر روی رفتار جریان نمونه های دوغ. گرانیوی ظاهری تیمارها در روز صفر در

ارزیابی حسی. جدول ۳ نتایج حاصل از ارزیابی حسی تیمارها در روزهای اولیه و پایانی دوره نگهداری یخچالی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تفاوت معناداری از لحاظ ویژگی‌های حسی بین تیمارهای حاوی هیدروکلئید و تیمار شاهد وجود دارد. بهترین طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی در روزهای صفر و ۲۸ را نمونه‌های حاوی L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub> داشتند. از لحاظ طعم، بعد از آن تیمارهای حاوی L<sub>۰/۱</sub>-F<sub>۰/۱</sub>، L<sub>۰/۱۵</sub> و C<sub>۰/۶</sub> قرار گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. نمونه شاهد کم‌ترین امتیاز را برای طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی در روزهای اولیه و پایانی دوره نگهداری یخچالی کسب کرد.

توزیع اندازه ذرات. شاخص‌های محاسبه شده مربوط به توزیع اندازه ذرات نمونه‌های دوغ حاوی هیدروکلئید و نمونه شاهد در جدول ۲ ارائه شده است. برای مقایسه تاثیر هیدروکلئیدهای مورد آزمون در پایدارسازی دوغ، توزیع اندازه ذرات نمونه‌ها بررسی شد. نمونه شاهد دارای بیش‌ترین d<sub>۵۰</sub> در روزهای اولیه و پایانی دوره نگهداری بود و تفاوت معناداری هم بین این دو روز وجود نداشت. نمونه L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub> کم‌ترین d<sub>۵۰</sub> را به خود اختصاص داد و تفاوت معناداری بین روزهای صفر و ۲۸ آن نبود. در مقابل، d<sub>۹۰</sub> در نمونه L<sub>۰/۱</sub>-F<sub>۰/۱</sub> از سایر نمونه‌ها بیش‌تر بود و باعث افزایش Span در این نمونه شد.

جدول ۲. ویژگی‌های قطر ذرات تیمارها در روزهای اولیه و نهایی طی دوره نگهداری\*

تیمارها**	شاخص‌ها									
	D <sub>2,1</sub>		D <sub>4,3</sub>		d <sub>90</sub> (μm)		d <sub>50</sub> (μm)		d <sub>10</sub> (μm)	
	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸
L <sub>۰/۱</sub> -C <sub>۰/۲</sub>	۰/۰۷ <sup>Da</sup>	۱/۲۳ <sup>Da</sup>	۳/۸۹ <sup>Da</sup>	۶/۵ <sup>Da</sup>	۱۴/۲۵ <sup>Da</sup>	۱۳/۲۳ <sup>Ca</sup>	۵/۷۳ <sup>Da</sup>	۷/۰۳ <sup>Ca</sup>	۵/۷۳ <sup>Ba</sup>	۳/۷۱ <sup>Cb</sup>
L <sub>۰/۱</sub> -F <sub>۰/۱</sub>	۲/۹۸ <sup>Ba</sup>	۳/۴۱ <sup>Cb</sup>	۱۱/۲۵ <sup>Ca</sup>	۱۲/۶۸ <sup>Cb</sup>	۵۲/۸ <sup>Aa</sup>	۸۵/۴۶ <sup>Aa</sup>	۲۰/۵۱ <sup>Ba</sup>	۳۲/۶۳ <sup>Aa</sup>	۶/۶۹ <sup>Ba</sup>	۷/۵۵ <sup>Bb</sup>
L <sub>۰/۱۵</sub>	۲/۷۵ <sup>Ca</sup>	۵/۰۶ <sup>Ba</sup>	۱۰/۷۱ <sup>Ca</sup>	۱۷/۷۴ <sup>Bb</sup>	۳۰/۶۱ <sup>Ca</sup>	۴۷/۳ <sup>Bb</sup>	۱۴/۳۷ <sup>Ca</sup>	۲۲/۶۹ <sup>ABb</sup>	۶/۱۶ <sup>Ba</sup>	۹/۸۵ <sup>Bb</sup>
C <sub>۰/۶</sub>	۳/۸۴ <sup>Ba</sup>	۴/۲۲ <sup>BCa</sup>	۱۴/۹۵ <sup>Ba</sup>	۱۵/۴۱ <sup>BCa</sup>	۲۹/۸۵ <sup>Ca</sup>	۳۱/۸۹ <sup>BCa</sup>	۱۶/۲۵ <sup>Ca</sup>	۱۷/۱۳ <sup>BCa</sup>	۷/۷۱ <sup>Ba</sup>	۸/۳۳ <sup>Bb</sup>
B	۶/۲۴ <sup>Aa</sup>	۷/۰۳ <sup>Aa</sup>	۱۹/۹۴ <sup>Aa</sup>	۲۱/۳۷ <sup>Aa</sup>	۴۴/۳۲ <sup>Ba</sup>	۴۷/۴۲ <sup>Ba</sup>	۲۳/۱۱ <sup>Aa</sup>	۲۴/۸۷ <sup>ABa</sup>	۱۲/۰۵ <sup>Aa</sup>	۱۳/۳۷ <sup>Aa</sup>

\* میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف بزرگ متفاوت و در یک ردیف بین روزهای ۰ و ۲۸ با حروف کوچک متفاوت نشان داده شده اند اختلاف معنادار (P < 0.05) دارند. L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub>: ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، L<sub>۰/۱</sub>-F<sub>۰/۱</sub>: ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۱٪ فارسی، L<sub>۰/۱۵</sub>: ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب، C<sub>۰/۶</sub>: ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، B: شاهد

جدول ۳. آزمون حسی هدونیک تیمارها در روزهای اولیه و نهایی دوره نگهداری\*

تیمارها**	طعم		احساس دهانی		پذیرش کلی	
	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸	روز ۰	روز ۲۸
L <sub>۰/۱</sub> -C <sub>۰/۲</sub>	۲/۹ <sup>Aa</sup>	۳/۱ <sup>Aa</sup>	۳/۱ <sup>Aa</sup>	۳/۱ <sup>Aa</sup>	۲/۸ <sup>Aa</sup>	۳/۱ <sup>Ab</sup>
L <sub>۰/۱</sub> -F <sub>۰/۱</sub>	۲/۱ <sup>Ba</sup>	۲/۲ <sup>Ba</sup>	۲/۸ <sup>Ba</sup>	۲/۲ <sup>Bb</sup>	۲ <sup>Ba</sup>	۲/۲ <sup>Ba</sup>
L <sub>۰/۱۵</sub>	۲/۱ <sup>Ba</sup>	۲/۱ <sup>Ba</sup>	۱/۹ <sup>Da</sup>	۲/۱ <sup>Bb</sup>	۱/۹ <sup>Ba</sup>	۲ <sup>Ba</sup>
C <sub>۰/۶</sub>	۱/۹ <sup>Ba</sup>	۲/۲ <sup>Bb</sup>	۱/۹ <sup>Da</sup>	۲/۲ <sup>Bb</sup>	۱/۹ <sup>Ba</sup>	۲/۲ <sup>Bb</sup>
B	۲ <sup>Ba</sup>	۱/۲ <sup>Cb</sup>	۲/۲ <sup>Ca</sup>	۱/۸ <sup>Cb</sup>	۲/۱ <sup>Ba</sup>	۱/۱ <sup>Cb</sup>

میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف بزرگ متفاوت و در یک ردیف بین روزهای ۰ و ۲۸ با حروف کوچک متفاوت نشان داده شده‌اند اختلاف معنادار (P < 0.05) دارند. L<sub>۰/۱</sub>-C<sub>۰/۲</sub>: ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، L<sub>۰/۱</sub>-F<sub>۰/۱</sub>: ۰/۱٪ لوبیای خرنوب + ۰/۱٪ فارسی، L<sub>۰/۱۵</sub>: ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب، C<sub>۰/۶</sub>: ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، B: شاهد

## بحث و نتیجه گیری

جداسازی سرم. ذرات کازئین در فراورده‌های تخمیری به دلیل pH پایین و نزدیک بودن به pH ایزوالکتریکشان شروع به تجمع و رسوب در طی دوره نگهداری می‌کنند. یکی از راه‌های جلوگیری از بروز این مشکل استفاده از پایدارکننده‌ها است [۲۸]. در نوشیدنی‌های اسیدی شیر اصولاً پکتین توسط بسیاری از محققان به عنوان هیدروکلوئید مناسب برای ایجاد پایداری پیشنهاد شده است [۲۹، ۳۰]. یافته‌های بررسی حاضر نشان داد که در پایان دوره نگهداری یخپالی کم‌ترین میزان سرم‌دهی مربوط به نمونه‌های دوغ حاوی ترکیب دوتایی ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولوز و ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۱٪ فارسی با میزان به ترتیب ۱/۹۱ و ۲/۹۵٪ است. که اختلاف معناداری را هم نشان نمی‌دهند. این در حالی است که وقتی لوبیای خرنوب و کربوکسی متیل سلولوز هر کدام به تنهایی در غلظتی بالاتر از حالت ترکیبی شان به کار برده شدند درصد سرم‌دهی آن‌ها در پایان دوره نگهداری به ترتیب ۳/۶۳ و ۵/۲٪ بود. در مطالعه‌ای که بر روی مخلوط شیر- آب پرتقال صورت گرفته است، ۲/۲٪ صمغ فارسی با جذب شدن بر سطح کازئین‌های مخلوط شیر- آب پرتقال و ایجاد دافعه فضایی، الکتروستاتیک و هم‌چنین افزایش ویسکوزیته منجر به پایداری کامل این محصول در طی یک ماه شد [۳۱].

در pH شیر برهم کنشی بین پروتئین کازئین و هیدروکلوئید جاذب اتفاق نمی‌افتد اما با کاهش pH و افزایش بار مثبت کازئین، هیدروکلوئیدهای دارای بار منفی به سطح میسل کازئین جذب شده و منجر به پایداری می‌شوند [۲۹]. بنابراین صمغ‌های جاذب مثل کربوکسی متیل سلولوز و فارسی از طریق ایجاد دافعه الکتروستاتیک باعث کاهش آب‌اندازی و صمغ‌های غیرجاذب مثل لوبیای خرنوب یک شبکه هیدروکلوئیدی پدید می‌آورند که آب و کازئین‌ها در این شبکه به دام افتاده و باعث افزایش قوام می‌شوند که با ترکیب کردن این دو نوع صمغ می‌توان ضمن افزایش پایداری به هر دو هدف رسید [۱۶، ۱۹]. در نتیجه پایداری بیش‌تر تیمارهای

حاوی ترکیب دوتایی صمغ‌ها به دلیل استفاده هم‌زمان هیدروکلوئیدهای جاذب و غیرجاذب است. ضمن این‌که نمونه‌های پایدار دارای هیدروکلوئیدهای ترکیبی، بدون چربی هم هستند. طبق پژوهشی که بر روی ایران در ترکیه انجام شده است چربی بر روی پایداری این محصول اثر می‌گذارد و کاهش چربی میزان آب‌اندازی را افزایش می‌دهد [۱۰]. هم‌چنین این موضوع در مورد شیر هم اثبات شده است و میزان دو فاز شدن در شیر پرچرب کم‌تر از شیر کم‌چرب گزارش شده است. به این دلیل که گویچه‌های چربی توسط ذرات پروتئینی پوشش داده می‌شوند، به تشکیل شبکه در نوشیدنی کمک کرده و منجر به کاهش دو فاز شدن می‌شوند [۳۴].

ویژگی‌های رئولوژیک. بر اساس نمودارهای رفتار جریان (اشکال ۱ و ۲)، مشاهده می‌شود که استفاده از هیدروکلوئیدها موجب افزایش گرانی دوغ شده است. نمونه‌های بدون صمغ، رفتاری نزدیک به نیوتنی دارند و سایر محققان هم دوغ را سیالی نیوتنی معرفی کرده‌اند [۳۲، ۳۳]. نمونه‌های دوغ دارای هیدروکلوئید رفتار سودوپلاستیک یا شل‌شونده با برش را نشان دادند که گرانی با افزایش سرعت برشی کاهش یافت. پژوهش‌گران دیگری نیز اشاره کرده‌اند که حضور هیدروکلوئیدها در دوغ منجر به تغییر رفتار محصول از نیوتنی به غیر نیوتنی می‌شود و هم‌چنین با افزودن هیدروکلوئیدها به انواع نوشیدنی‌های اسیدی شیر (از جمله ایران، کفیر و دوغ) ویسکوزیته آن‌ها افزایش می‌یابد [۹، ۱۷، ۳۴]. در این مطالعه بیش‌ترین ویسکوزیته ظاهری در روزهای اولیه و پایانی دوره نگهداری به ترتیب در تیمارهای دارای ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولوز، ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولوز، ۰/۱۵٪ لوبیای خرنوب و ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۱٪ فارسی مشاهده شد. Ntazinda و همکارانش دریافته‌اند که ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولوز در نوشیدنی شیری اسیدی با pH ۰/۴ ویسکوزیته‌ای معادل  $0.37 \pm 0.53$  میلی‌پاسکال ایجاد می‌کند [۳۵]. احتمال می‌رود که کربوکسی متیل سلولوز به وسیله نیروهای الکتروستاتیک به سطح میسل‌های کازئین که در

صمغ فارسی است که منجر به افزایش بیش تر فراخنای قوس و  $d_9$  در این نمونه شده است.

ارزیابی حسی. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که تیمار L۰/۱-C۰/۲ در مقایسه با سایر نمونه‌های تولید شده پذیرش کلی بالاتری دارد. به نظر می‌رسد که لویبای خرنوب و کربوکسی متیل سلولز به صورت ترکیبی تاثیر مثبتی بر طعم دوغ دارند. البته صمغ‌های غیرجاذب برای اتصال با ترکیبات طعمی قابلیت اتصال بیش تری را نسبت به صمغ‌های جاذب دارند و طعم را بیش تر تحت تاثیر قرار می‌دهند. زیرا صمغ‌های جاذب بیش تر با پروتئین‌ها واکنش می‌دهند. گزارش شده است که صمغ لویبای خرنوب علاوه بر پایدارسازی آیران، در مقایسه با نمونه شاهد طعم مطلوب تری ایجاد می‌کند [۱۷]. مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده ویژگی‌های حسی محصولات تخمیری مثل دوغ اسیدیته و pH نهایی آن‌ها است. طی نگهداری یخچالی به دلیل توسعه یافتن اسیدیته و کاهش pH منجر به ایجاد طعم ترشی در محصول می‌شود. به همین دلیل در پژوهش حاضر ارزیاب‌ها به نمونه شاهد در ابتدای دوره نگهداری از لحاظ طعم امتیاز بالاتری را نسبت به پایان دوره نگهداری اختصاص داده‌اند. اما در مورد تیمارهای داری هیدروکلوئید، به نظر می‌رسد که هیدروکلوئیدهای استفاده شده به صورت تکی و ترکیبی اثر پوشاندگی بر روی طعم ترشی داشته به گونه‌ای که به جز نمونه دارای ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز سایر تیمارها از لحاظ طعم در ابتدا و انتهای دوره نگهداری تفاوت معناداری را نشان ندادند. تحقیقات نشان داده است که استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی و فرایندهای حرارتی باعث پوشیده شدن طعم طبیعی نوشیدنی‌های بر پایه ماست می‌شود [۳۶].

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که ۰/۱۵٪ لویبای خرنوب، ۰/۶٪ کربوکسی متیل سلولز، ۰/۱٪ لویبای خرنوب: ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز، ۰/۱٪ لویبای خرنوب: ۰/۱٪ فارسی قادر به پایدارسازی دوغ بدون چربی بودند. اما بالاترین پایداری فیزیکی، کوچک‌ترین سایز ذرات و بهترین ویژگی حسی بعد از ۲۸ روز نگهداری یخچالی را نمونه‌های

نوشیدنی‌های اسیدی دارای بار خالص مثبت هستند جذب شده، کمپلکس پروتئین- پلی ساکارید تشکیل می‌دهد و کربوکسی متیل سلولز جذب نشده و یسکوزیته فازیوسسته را افزایش می‌دهد و بدین صورت منجر به پایداری نوشیدنی‌های اسیدی می‌شود [۲۳]. صمغ لویبای خرنوب با تشکیل شبکه و محصور ساختن ذرات کازئین گرانروی را افزایش می‌دهد [۱۹]. هم‌چنین در پژوهش‌های دیگری افزایش گرانروی نمونه‌ها توسط هیدروکلوئیدهای غیرجاذب گزارش شده است [۱۷]. لویبای خرنوب و کربوکسیل متیل سلولز اثر هم‌افزایی خوبی را نشان دادند و دوغ‌های پایدار با گرانروی مطلوبی را ایجاد کردند.

توزیع اندازه ذرات. آزمون‌های توزیع اندازه ذرات به طور گسترده‌ایی برای بررسی تشکیل کمپلکس‌هایی بین پروتئین و پلی ساکارید به کار می‌روند. بین فراخنای قوس و پایداری فیزیکی رابطه مستقیم و بین  $d_5$  و پایداری رابطه عکس وجود دارد [۲۶]. قطر ۵۰٪ ذرات نمونه شاهد در ابتدا و انتهای دوره نگهداری به ترتیب ۱۹/۹۴ و ۲۱/۳۷ میکرومتر بود که اختلاف معناداری هم بین آن‌ها وجود ندارد. در حالی که قطر ذرات در سامانه‌های دارای هیدروکلوئید کاهش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که هیدروکلوئیدها با سه مکانیسم مانعت فضایی، افزایش دافعه الکتروستاتیک و افزایش گرانروی فاز پیوسته از تجمع ذرات کازئین جلوگیری می‌کنند و به پراکندگی ذرات کمک می‌کنند. کم‌ترین قطر ذرات و در نتیجه بیش ترین پایداری مربوط به نمونه‌های داری ترکیب دوتایی ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز: ۰/۱٪ لویبای خرنوب است. Lucey و همکارانش گزارش کردند در نوشیدنی‌های پایدار  $D(4,3) < 2\mu m$  است در حالی که در نوشیدنی‌های ناپایدار  $D(4,3)$  به بیش تر از  $20\mu m$  خواهد رسید [۱۴]. که با روند کاهش سایز ذرات در نمونه‌های داری هیدروکلوئید مطالعه حاضر تطابق دارد. فراخنای قوس و  $d_9$  در تیمارحاوی ۰/۱٪ فارسی: ۰/۱٪ لویبای خرنوب بیش تر از نمونه شاهد است. به نظر می‌رسد دلیل این امر قسمت نامحلول



[3] Delshadian Z, Mohammadi R, Cheledavan S, Shadnough M, Ahmadi E, Mortazavian AM. Combined effects of incubation temperature, type of starter bacteria and final pH of fermentation on microbiological, biochemical and sensory characteristics of probiotic doogh (Iranian drink based on fermented milk). *Koomesh* 2015; 16: 636-647. (Persian).

[4] Iran IoSalRo. Doogh – Specifications and test method. 2nd revision Karaj: ISIRI [in Persian]; 2008. (Persian).

[5] Laurent MA, Boulenger P. Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin. *Food Hydrocolloids* 2003; 17: 445-454.

[6] Walstra P, Wouters J, Geurts T. Dairy Science and Technology. New York: CRC Press LLC; 2006.

[7] Kiani H, Mousavi ME, Razavi H, Morris ER. Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink. *Food Hydrocolloids* 2010; 24: 744-754. (Persian).

[8] Shirkhani M, Madadlou A, Khosrowshahi A. Enzymatic modification to stabilize the fermented milk drink, Doogh. *J Text Studi* 2015; 46: 22-33. (Persian).

[9] Hashemi FS, Gharibzadeh SMT, Hamishehkar H. The effect of high methoxyl pectin and gellan including psyllium gel on Doogh stability. *RSC Adv* 2015; 5: 42346-42353. (Persian).

[10] Ozen AE, Kilic M. Improvement of physical properties of nonfat fermented milk drink by using whey protein concentrate. *J Text Studi* 2009; 40: 288-299.

[11] Schmidt KA, Smith DE. Rheological properties of gum and milk protein interactions I. *J Dairy Sci* 75: 36-42.

[12] Amice-Quemeneur N, Haluk JP, Hardy J, Kravtchenko TP. Influence of the acidification process on the colloidal stability of acidic milk drinks prepared from reconstituted nonfat dry milk. *J Dairy Sci* 78: 2683-2690.

[13] Aziznia S, Khosrowshahi A, Madadlou A, Rahimi J. Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. *J Dairy Sci* 2008; 91: 2545-2552. (Persian).

[14] Lucey JA, Tamehana M, Singh H, Munro PA. Stability of model acid milk beverage: Effect of pectin concentration, storage temperature and milk heat treatment. *J Text Studi* 1999; 30: 305-318.

[15] Kiani H, Mousavi SM, Emam-Djomeh Z. Rheological properties of Iranian yoghurt drink, Doogh. *Int J Dairy Sci* 2008; 3: 71-78. (Persian).

[16] De Kruijff CG, Tuinier R. Polysaccharide protein interactions. *Food Hydrocolloids* 2001; 15: 555-563.

[17] Koksoy A, Kilic M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids* 2004; 18: 593-600.

[18] Kennedy JF, Knill CJ. Handbook of hydrocolloids: G.O. Phillips, P.A. Williams (Eds.); Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2000, xxii+450 pp, ISBN 1-85573-501-6 (£150.00). *Carbohydrate Polymers* 2002; 49: 516.

[19] Syrbe A, Bauer WJ, Klostermeyer H. Polymer science concepts in dairy systems - An overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *Int Dairy J* 1998; 8: 179-193.

[20] Everett DW, McLeod RE. Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *Int Dairy J* 2005; 15: 1175-1183.

[21] Ghasempour Z, Alizadeh M, Bari MR. Optimisation of probiotic yoghurt production containing Zedo gum. *Int J Dairy Technol* 2012; 65: 118-125. (Persian).

دارای صمغ ترکیبی ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۲٪ کربوکسی متیل سلولز داشتند. که از لحاظ جداسدن سرم در پایان دوره نگهداری تفاوت معناداری با مخلوط ۰/۱٪ لوبیای خرنوب: ۰/۱٪ فارسی نداشتند. با بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و سایز ذرات به نظر می‌رسد که صمغ کربوکسی متیل سلولز و فارسی هیدروکلوئیدهای آنیونی هستند که جذب سطح میسل‌های کازئین شده و از طریق ایجاد دافعه الکتروستاتیک و ممانعت فضایی از تجمع ذرات جلوگیری می‌کنند. لوبیای خرنوب هم با افزایش گرانروی فاز پیوسته، ایجاد شبکه و به دام انداختن ذرات در ایجاد پایداری نقش دارد. به دلیل قیمت بسیار پایین صمغ فارسی و با توجه به این نکته که هیدروکلوئیدی بومی می‌باشد از نقطه نظر صنعت و اقتصاد استفاده از آن در ترکیب با سایر هیدروکلوئیدها حائز اهمیت می‌باشد. و در نهایت با توجه به این موضوع که هیدروکلوئیدها در pHهای مختلف جهت پایداری رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند و با کاهش هر چه بیش‌تر pH، دافعه الکتروستاتیک بین میسل‌های کازئین و در نتیجه پایداری دوغ افزایش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود که در pHهای دیگری هم اثر این پایدارکننده‌ها به ویژه اثر ترکیبی آن‌ها مورد بررسی قرار بگیرد.

## تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی انسیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور به دلیل حمایت‌های مالی و کمیته تحقیقات دانشجویان دانشکده تغذیه و علوم صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صمیمانه قدردانی و تشکر می‌شود.

## منابع

[1] Azarikia F, Abbasi S. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids* 2010; 24: 358-63. (Persian).

[2] Foroughinia S, Abbasi S, Hamidi Z. Effect of individual and combined addition of salep, tragacanth and guar gums on the stabilization of Iranian Doogh. *Iran J Nutr Sci Food Technol* 2007; 2: 15-25.

- [29] Tromp RH, De Kruif CG, Van Eijk M, Rolin C. On the mechanism of stabilisation of acidified milk drinks by pectin. *Food Hydrocolloids* 2004; 18: 565-572.
- [30] Tholstrup Sejersen M, Salomonsen T, Ipsen R, Clark R, Rolin C, Balling Engelsen S. Zeta potential of pectin-stabilised casein aggregates in acidified milk drinks. *Int Dairy J* 2007; 17: 302-307.
- [31] Abbasi S, Mohammadi S. Stabilization of milk–orange juice mixture using Persian gum: Efficiency and mechanism. *Food Bioscience* 2013; 2: 53-60. (Persian).
- [32] Kiani H, Mousavi SM, Emam-Djomeh Z. Rheological properties of Iranian yoghurt drink, Doogh. *Int J Dairy Sci* 2008; 3: 71-78. (Persian).
- [33] Raikos V. Effect of heat treatment on milk protein functionality at emulsion interfaces. A review. *Food Hydrocolloids* 2010; 24: 259-265.
- [34] Janhøj T, Bom Frøst M, Ipsen R. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids* 2008; 22: 798-806.
- [35] Ntazinda A, Cheserek MJ, Sheng LX, Meng J, Lu RR. Combination effect of sodium carboxymethyl cellulose and soybean soluble polysaccharides on stability of acidified skimmed milk drinks. *Dairy Sci Technol* 2014; 94: 283-295.
- [36] Foley J, Mulcahy A. Hydrocolloid stabilisation and heat treatment for prolonging shelf life of drinking yoghurt and cultured buttermilk. *Irish J Food Sci Technol* 1989; 43-50.
- [22] Fadavi G, Mohammadifar MA, Zargarran A, Mortazavian AM, Komeili R. Composition and physicochemical properties of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Carbohydrate Polymers* 2014; 101: 1074-1080. (Persian).
- [23] Du B, Li J, Zhang H, Huang L, Chen P, Zhou J. Influence of molecular weight and degree of substitution of carboxymethylcellulose on the stability of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids* 2009; 23: 1420-1426.
- [24] Azarikia F, Abbasi S, Azizi M. Efficiency and mechanism of action of hydrocolloids in preventing serum separation in Doogh. *Iranian J Nutr Sci Amp Food Technol* 2009; 4: 11-22. (Persian).
- [25] Foroughinaia S, Abbasi S, Hamidi Esfahani Z. Effect of individual and combined addition of salep, tragacanth and guar gums on the stabilisation of Iranian Doogh. *Iranian J Nutr Sci Amp Food Technol* 2007; 2: 15-25. (Persian).
- [26] Gorji EG, Mohammadifar MA, Ezzatpanah H. Influence of gum tragacanth, *Astragalus gossypinus*, addition on stability of nonfat Doogh, an Iranian fermented milk drink. *Int J Dairy Technol* 2011; 64: 262-268. (Persian).
- [27] Joudaki H, Mousavi M, Safari M, Razavi SH, Emam-Djomeh Z, Gharibzahedi SM. Scrutinizing the different pectin types on stability of an Iranian traditional drink “Doogh”. *Int J Biol Macromol* 2013; 60: 375-382. (Persian).
- [28] Dickinson E. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein–polysaccharide interactions. *Trends Food Sci Technol* 1998; 9: 347-354.

## Effects of stabilizer mixture on physical stability of non-fat Doogh, an Iranian traditional drink

Elham Khanniri (M.Sc Student)<sup>1</sup>, Sara Sohrabvandi (Ph.D)<sup>\*2</sup>, Seyed Masomeh Arab (Ph.D Student)<sup>1</sup>, Mahdi Shadnoush (Ph.D)<sup>3</sup>, Amir Masoud Mortazavian (Ph.D)<sup>\*4</sup>

1 – Students' Research Committee, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2 - Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3 - School of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

4 - Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received: 2 Apr 2016; Accepted: 6 Oct 2016)

**Introduction:** Doogh is a traditional beverage and separation of serum during storage is a major problem in this product which happens due to low pH and aggregation of caseins. The aim of this study was to evaluate the effect of adding carboxy methyl cellulose, Persian and locust bean gum individually and in combination on doogh stabilization during storage time.

**Materials and Methods:** Doogh samples were prepared from the reconstruction of skim milk powder. Then, hydrocolloid solutions (0.15% locust bean, 0.6% carboxy methyl cellulose, 0.1% locust bean: 0.2% carboxy methyl cellulose and 0.1% locust bean: 0.1% Persian) were added to them and were kept in 5°C storage temperature for 28 days. The measurement of serum separation during storage time (28 days), particle size distribution and rheological tests were performed at baseline and the end of study. Finally, sensory attributes of treatments were determined with 30 panelists.

**Results:** Adding carboxy methyl cellulose and locust bean gums individually resulted in increasing the stability of Doogh, but lower levels of locust bean showed a better impact on Doogh's stability. However, the mixture of locust bean: carboxy methyl cellulose indicated the highest stability during storage and had the smallest particle size because of reduced accumulation of casein micelles. Adding hydrocolloids resulted in changing rheological behavior of Doogh from Newtonian to pseudoplastic. Moreover, the sensory panelists ascribed the highest score to the samples prepared by 0.1% locust bean: 0.2% carboxy methyl cellulose.

**Conclusion:** Combination of absorbent (carboxy methyl cellulose or Persian gum) and non-absorbent (locust bean) hydrocolloids, through three mechanisms including, spatial inhibition, electrostatic repulsion and increasing viscosity of the continuous phase led to a significant increase in stability of non-fat Doogh. It is worth mentioning that combination of locust bean and Persian hydrocolloids were stable, but in respect of sensory evaluation, the aforementioned combination received a lower score than the mixture of locust bean and carboxy methyl cellulose.

**Keywords:** Beverages, Carboxymethylcellulose Sodium, Colloids, Dairy Products, Food Preservatives

---

\* Corresponding author. Tel: +98 21 22376480

sohrabv@sbmu.ac.ir

mortazvn@sbmu.ac.ir