Archive of SID

نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۱ شماره ۲/ سال ۱۳۹۰

تاثیر افزودن هیدروکلوئید ژلان روی ویژگیهای رئولوژیکی و پایدارسازی دوغ فیبردار

سیده مریم هاشمی نیا[۱*]، سیدمحمدعلی ابراهیم زاده موسوی[۲]، محمدرضا احسانی[۲] و جلال دهقان نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده مهندسی بیوسیستم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
* مسئول مکاتبه: E mail: smhasheminya@yahoo.com

چکیده

دوغ یک نوشیدنی لبنی است که در بین نوشیدنی های موجود در بازار جایگاه ویژه ای دارد. استفاده از فیبرهای رژیمی باعث افزایش ارزش تغذیه ای دوغ و تامین فیبر مورد نیاز بدن می شود. هدف از این تحقیق، تولید دوغ پایدار و غنی شده با استفاده از هیدروکلوئید ژلان و فیبر گندم بود. نمونه های دوغ حاوی فیبر (۰/۴ و۰/۸ درصد وزنی - وزنی) و ژلان (۰/۰۳ درصد وزنی - وزنی) به دو صورت پاستوریزه و غیر پاستوریزه تولید شدند و سپس در دمای ۴°C نگهداری گردیدند. رفتار جریانی، توزیع اندازه ذرات، دوفاز شدن و ارزیابی حسی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمونه‌های دوغ پاستوریزه دارای فیبر و ژلان در مقایسه با نمونه‌های غیرپاستوریزه، با آهنگ‌های برش ثابت دارای تنش‌های برشی و گرانروی بالاتری بودند. رفتار رئولوژیکی نمونه های شاهد (بدون فیبر و ژلان) از حالت نیوتنی به سمت رفتار غیرنیوتنی روان شونده با برش (شبه پلاستیک) در نمونه های حاوی فیبر و ژلان تغییر کرد. اندیس جریان برای نمونه های شاهد پاستوریزه و غیر پاستوریزه نزدیک یک و برای نمونه های حاوی فیبر و ژلان (پاستوریزه و غیر پاستوریزه) کمتر از یک بود. پاستوریزاسیون نمونه‌های حاوی فیبر و ژلان منجر به افزایش اندیس قوام و کاهش اندیس جریان و همچنین، افزایش گرانروی پلاستیک و تنش تسلیم در غلظت ثابت فیبر گردید. استفاده از فیبر و ژلان موجب افزایش اندازه ذرات گردید. نمونه های حاوی فیبر و ژلان در طول مدت نگهداری پایدار بودند؛ در حالیکه در نمونه‌های شاهد، حدود ۵۵ درصد دوفاز شدن رخ داد. بهترین نمونه با درنظر گرفتن شاخص های کیفی، دوغ پاستوریزه حاوی ژلان و فیبر با غلظت ۴/. ٪ بود.

واژه های کلیدی: پایدارسازی، خواص رئولوژیکی، دوغ، ژلان، فیبر رژیمی

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of gellan hydrocolloid on rheological properties and stabilization of a fiber-enriched Doogh

S M Hasheminya[1*], S M A Ebrahimzadeh-Mousavi[2], M R Ehsani[2] and J Dehghannya[3]

Received: April 25, 2011 Accepted: June 12, 2011

[1]MSc Graduate Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Biosystems Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: smhasheminya@yahoo.com

Abstract

Doogh is a dairy drink which has attracted attention compared to the common drinks in use. By the application of dietary fibers, Doogh's nutritional value will increase and the daily fiber intake requirements can be provided. The aim of the present study was to produce a stable and fiber-enriched Doogh by using gellan gum and a wheat fiber. Pasteurized and non-pasteurized Doogh samples containing gellan (0.03% w/w) and fiber (0.4 and 0.8% w/w) were made and then stored at 4°C. Rheological properties, particle size distribution, phase separation and sensory attributes of the samples were analyzed. Pasteurized Dooghs containing fiber and gellan had higher shear stresses and viscosities in a constant shear rate compared to the non-pasteurized samples. The rheological properties changed from the Newtonian fluid in the control samples (without fiber and gellan) to the shear-thinning liquid (pseudo-plastic) fluid in the samples with fiber and gellan. The flow behavior index for pasteurized and non-pasteurized control samples was near one, while for the samples containing fiber and gellan (pasteurized and non-pasteurized) was less than one. Pasteurization of the samples containing fiber and gellan, in a constant fiber concentration, increased the consistency coefficient, apparent viscosity and yield stress and decreased the flow behavior index. The application of the fiber and gellan increased particle size of the samples. Moreover, the samples containing fiber and gellan were stable during storage; however, about 55% phase separation occurred in the control samples. By taking the quality indexes into account, the results showed that the best sample was the pasteurized Doogh containing gellan and fiber with the concentration of 0.4%.

Keywords: Stabilization, Rheological properties, Doogh, Gellan, Dietary fiber

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

دوغ یک نوشیدنی لبنی، تخمیری، اسیدی و از محصولات بومی ایران است که توسط رقیق کردن ماست با افزودن آب و نمک یا از طریق تخمیر مستقیم شیر تولید شده و در بین نوشیدنی های موجود در بازار از نظر ویژگی های سلامت بخشی، جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است (کیانی و همکاران ۲۰۰۸). امروزه تولید این محصول در کشور به دو صورت صنعتی و سنتی انجام می‌گیرد و با استفاده از باکتریهای پروبیوتیک[۱] و انواع افزودنی‌هایی مثل فیبر می‌توان جنبه‌های تغذیه‌ای این محصول را بهبود بخشید. افزودن فیبر به منظور افزایش ارزش غذایی عملکردی مناسب در جهت افزایش مصرف بیشتر این محصول بومی می‌باشد. فیبرهای رژیمی تاثیرات مفیدی بر سلامتی انسان دارد. جلوگیری از بیماری یبوست، کاهش سرطانهای روده، کاهش کلسترول خون، افزایش عملکرد سیستم ایمنی بدن و افزایش جذب کلسیم دریافتی را می توان از فواید استفاده از فیبرهای رژیمی ذکر کرد (تبادین و همکاران ۱۹۹۷ و تانگلند و میر ۲۰۰۲). سازمان بهداشت جهانی دریافت حداقل ۲۵ گرم فیبر غذایی را در روز توصیه می‌کند (لابل ۱۹۹۰). مصرف دوغ حاوی فیبر توانایی برآورده کردن مقداری از نیاز روزانه فیبر را دارد.

فیبرها عمدتا از دیواره سلولی میوه ها، سبزیجات و غلات تهیه می شوند و شامل انواع نامحلول (سلولز، همی‌سلولز، لیگنین) و محلول (پکتین و پنتوزان ها) هستند (لابل ۱۹۹۰). فیبرها علاوه بر افزایش خواص تغذیه ای، به منظور بهبود بافت و افزایش مدت زمان نگهداری محصولات نیز بکار می روند که این امر وابسته به ظرفیت نگهداری آب بالای آنها و خاصیت ضد کلوخه ای شدنشان است. استفاده از فیبرهای رژیمی در محصولات لبنی در مطالعات محدودی از لحاظ ویژگیهای رئولوژیکی و حسی مورد بررسی قرار گرفته است (سوکلیس و همکاران ۲۰۰۷). در این مطالعات از فیبرهای رژیمی نظیر پکتین، اینولین، برنج، جو، سویا، ذرت، گندم، بامبو و سیب به منظور غنی سازی ماست استفاده شده است (فرناندز-گارسیا و مک گرگور ۱۹۹۷، راماسوامی و بازاک ۱۹۹۲ و دلو استافلو و همکاران ۲۰۰۴).

دلو استافلو و همکاران (۲۰۰۴) از چهار نوع فیبر رژیمی (فیبر گندم، فیبر بامبو، فیبر اینولین و فیبر سیب) به منظور غنی سازی ماست استفاده کردند. نمونه‌های ماست غنی شده از لحاظ ویژگیهای رئولوژیکی و حسی مورد مطالعه قرار گرفتند. نوع فیبر بکار رفته و زمان نگهداری از پارامترهای موثر بر ویژگیهای رئولوژیکی نمونه‌های ماست بود. حضور فیبر سیب در ماست باعث افزایش اندیس قوام و گرانروی ظاهری در سرعت برشی ثابت و کاهش اندیس جریان گردید. ارزیابهای چشایی نمرات قابل قبولی را به ماست ها دادند و هیچکدام از ماست های غنی شده در طول مدت ۲۱ روز نگهداری در دمای $4^{\circ}C$ هیچگونه آب اندازی از خود نشان ندادند.

از طرف دیگر، بدلیل گرانروی و pH پایین دوغ و تاثیرات عوامل مذکور بر تجمع و رسوب پروتئین ها دوغ حالت دوفاز پیدا می کند و برای رفع این عیب، تحقیقات مختلفی در خصوص پایداری این نوشیدنی توسط افزودن هیدروکلوئیدهای مختلفی مثل ژلان، پکتین، گوار و صمغ دانه لوکاست صورت گرفته است (کوکسوی و کلیک ۲۰۰۴، ترومپ و همکاران ۲۰۰۴، نیلسون و همکاران ۲۰۰۷، گالاردو-اسکامیلا و همکاران ۲۰۰۷، کیانی و همکاران ۲۰۱۰ و جانحوج و همکاران ۲۰۰۸). اضافه کردن هیدروکلوئیدها یکی از راههای افزایش پایداری، جلوگیری از دوفاز شدن و جلوگیری از رسوب پروتئین ها در فراورده های تخمیری است. این مواد با افزایش گرانروی ظاهری فراورده یا در اثر برهمکنشهای کلوئیدی، سبب پایداری محصولات لبنی تخمیری می شوند (آمیس- کومنور و همکاران ۱۹۹۵).

در تحقیقی، تاثیر افزودن هیدروکلوئید ژلان روی رفتار جریانی، دو فاز شدن و توزیع اندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفته است (کیانی و همکاران ۲۰۰۸). صمغ ژلان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که توسط میکروارگانیسم اسفینگوموناس الودا[۲] ترشح می‌شود. این صمغ، یک پلی ساکارید خطی است که از تکرار یک واحد

[۱] Probiotic

[۲] *Sphingomonas Elodea*

www.SID.ir

Archive of SID

چهارتایی متشکل از گلوکز (دو واحد)، گلوکورونیک اسید و رامنوز با نسبت مولی ۱:۱:۲ ساخته شده است (گیبسون ۱۹۹۲). ژلان یک ژل سیال به شمار میرود یعنی با افزایش سرعت برشی (مثلا طی ریختن) به شدت، خواص شبه پلاستیک نشان داده و جاری می‌شود که این موضوع در نوشیدنی ها بسیار مطلوب است. در این تحقیق، ژلان با تاثیر قابل توجه بر رفتار جریانی دوغ، در آهنگ‌های برش پایین، باعث ایجاد ویسکوزیته ظاهری بالا، افزایش اندازه ذرات و کاهش سرم جدا شده گردید.

در تحقیقی دیگر از هیدروکلوئیدهای گوار، صمغ دانه لوکاست و پکتین با متوکسیل بالا به منظور پایدارسازی آیران[۳] استفاده شده است (کوکسوی و کلیک ۲۰۰۴). رفتار پایدار کنندگی پکتین با متوکسیل بالا و پلی‌ساکارید محلول دانه سویا در نوشیدنی‌های اسیدی شیر نیز توسط ناکامورا و همکاران مطالعه شده است (۲۰۰۵).

هدف از این تحقیق، بررسی امکان تولید دوغ پایدار فیبردار بود که ضمن افزایش ارزش تغذیه‌ای آن به دلیل افزودن فیبر، دو فاز شدن آن نیز با توجه به افزودن صمغ ژلان برطرف شده باشد.

مواد و روش ها

شیر خشک مورد استفاده با مارک تجاریNZMP خریداری شده از شرکت فونترا[۴] نیوزلند بود که حاوی ۳۳/۴ پروتئین، ۵۵/۲ لاکتوز، ۰/۸ چربی، ۶/۸ خاکستر و ۳/۸ رطوبت بود. هیدوکلوئید ژلان آسیل بالا با مارک تجاری کلکوژل اف[۵] تولید شرکت سی پی کل[۶] ساخت امریکا، کشت آغازگر حاوی استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی با مارک تجاری YF-3331 ساخت شرکت هنسن[۷] دانمارک، نمک مورد استفاده از شرکت مرک[۸] آلمان و فیبر نامحلول گندم بصورت پودر سفید رنگ، بدون طعم و بو و حاوی ۹۷ درصد فیبر نامحلول سلولز، همی سلولز، لیگنین با مارک تجاری WF600 ساخت شرکت ویتاسل[۹] بودند. همچنین از همزن اولترا توراکس[۱۰] IKA T25 Digital و ویسکوباتور فانک ژربر[۱۱] (حاوی چهار بیدون ۳ لیتری) ساخت کشور آلمان استفاده شد.

تهیه محلول آبی هیدروکلوئید

برای تهیه غلظت ۰/۰۳ درصد وزنی - وزنی ژلان، ابتدا این ماده را با آب دیونیزه حل نموده و سپس در حمام آب داغ در دمای ۸۰°C به مدت نیم ساعت برای هیدراته شدن قرار داده شد.

تولید دوغ

جهت تولید دوغ شاهد (بدون فیبر و ژلان)، ابتدا شیر خشک توزین گردیده و سپس با آب در داخل بیدون مخلوط شد. مقدار ماده خشک شیر بازسازی شده ۵ درصد بود. مقدار ۰/۶ درصد نمک طعام (درجه خلوص ۹۹/۵) نیز به نمونه‌ها اضافه گردید. سپس بیدون‌ها در داخل ویسکوباتور مجهز به تنظیم دما در دمای ۹۰°C به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری شدند. پس از سپری کردن زمان مذکور، بیدون‌های حاوی نمونه‌ها در داخل ظرف‌های آب سرد حاوی قطعات یخ به منظور خنک شدن سریع قرار داده شدند. پس از رسیدن به دمای ۴۲°C نمونه‌ها آماده تلقیح شدند. نمونه‌ها با استفاده از کشت آغازگر با استفاده از روش مستقیم به وت[۱۲] (DVS) تلقیح شده و سپس تا رسیدن به pH مطلوب ۰/۱± ۴/۲ گرمخانه گذاری شدند. تمام محاسبات برای تولید دوغ شاهد بر اساس مقدار ماده جامد نهایی ۵ درصد انجام شد.

افزودن هیدروکلوئید و فیبر نامحلول به دوغ

دوغ ها پس از گرمخانه گذاری با استفاده از همزن با سرعت rpm ۹۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه به منظور ایجاد حالت یکنواخت همزده شدند. سپس محلول داغ و هیدراته شده هیدروکلوئید ژلان به آرامی با همزنی ملایم به نمونه‌ها اضافه گردید. همزمان با افزودن محلول داغ هیدروکلوئید ژلان، غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۸ درصد وزنی -

[۳] Ayran
[۴] Fonterra Ltd
[۵] Kelcogel F
[۶] Cpkel Co
[۷] Hansen
[۸] Merck Chemical Co
[۹] Vitacel
[۱۰] Ultra Turrax
[۱۱] Funke Gerber
[۱۲] Direct Vat Set

www.SID.ir

Archive of SID

وزنی فیبر نامحلول نیز به دوغ اضافه شدند. پس از اضافه کردن ژلان هیدراته شده و فیبر نامحلول، همزنی با سرعت ۶۵۰۰ rpm به مدت ۳ دقیقه اعمال گردید. برای تهیه دوغ پاستوریزه، نمونه ها به ویسکوباتور منتقل شدند و در دمای ۷۲°C به مدت۳۰ ثانیه تحت تیمار حرارتی قرار گرفتند و به همراه نمونه های غیر پاستوریزه در دمای ۴°C تا زمان انجام آزمونها نگهداری شدند و سپس رفتار جریانی، توزیع اندازه ذرات، دو فاز شدن (با اندازه گیری حجمی فازهای جدا شده) و ارزیابی حسی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

بررسی رفتار جریانی

به منظور بررسی رفتار جریانی از ویسکومتر DVII+pro (ساخت شرکت بروکفیلد آمریکا) و از اسپیندل ULA استفاده گردید. یک ساعت قبل از انجام آزمایشات، نمونه‌ها از درون یخچال و انکوباتور بیرون آورده شدند. در زمان انجام آزمونها، دمای نمونه‌ها بر روی ۱۹±۱°C تنظیم گردید. میزان برازش داده های بدست آمده از آزمایشات با مدل های ریاضی توان و بینگهام مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی توزیع اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات و قطر متوسط آنها در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه مسترسایزر2000s [۱۳] ساخت شرکت مالورن[۱۴] انگلیس و بر اساس روش تفرق نور لیزر اندازه‌گیری شدند. متوسط اندازه ذرات با قطر میانگین سطحی – حجمی ($D_{3,2}$) تعیین شد:

$$D_{3,2} = \sum n_i D_i^3 / \sum n_i D_i^2$$

که در آن n_i تعداد ذراتی است که دارای قطر D_i می‌باشند. مقادیر $D_{3,2}$ برای تخمین قطر میانگین سطحی – حجمی مورد استفاده قرار گرفت (آختار و دیکینسون ۲۰۰۳). قطر میانگین سطحی- حجمی، سطح میانگین ذرات در واحد حجم دوغ است و برای بیان قطر میانگین ذرات کلوئیدی توزیع یافته در یک گستره به کار می رود (مک کلمنتس ۲۰۰۰).

بررسی دو فاز شدن

به منظور بررسی دو فاز شدن، نمونه‌ها در لوله‌های آزمایشی ۲۰ میلی‌لیتری ریخته شدند. لوله ها و درپوش های مورد استفاده، قبلا داخل فور در دمای ۲۰۰°C به مدت ۳ ساعت سترون شدند. در لوله‌های آزمایشی با درپوش بسته شده و در طول مدت ۲۸ روز مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی دو فاز شدن به صورت چشمی انجام گرفت و سپس مقدار فازهای جدا شده نمونه ها برحسب درصد حجمی کل نمونه گزارش شد (کوکسوی و کلیک ۲۰۰۴).

ارزیابی حسی

نمونه‌های مورد آزمایش توسط گروه داوران چشایی شرکت زمزم ایران، متشکل از ۱۰ ارزیاب، از لحاظ شکل ظاهری، بو، طعم و مزه، پس طعم، قوام و ارزیابی کلی مورد بررسی قرار گرفتند. روش آزمایش بر اساس امتیاز بندی هدونیک ۵ نقطه ای انجام شد. به نمونه‌هایی که توسط گروه ارزیاب چشایی خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد تشخیص داده شده بودند، به ترتیب نمره های ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ تعلق گرفت.

آنالیز آماری

در این تحقیق، تمام آزمایشات در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. برای مقایسه میانگین از مقایسه میانگین بونفرونی[۱۵] (استیل و همکاران ۱۹۹۷) استفاده شد.

نتایج و بحث

رفتار جریانی

شکل ۱ (الف و ب)، نمودارهای تنش برشی در مقابل آهنگ برش برای نمونه‌های دوغ پاستوریزه و غیرپاستوریزه را نشان می‌دهند. همانطور که از اشکال مشخص است، نمونه‌های دوغ پاستوریزه دارای فیبر و ژلان در مقایسه با نمونه‌های غیرپاستوریزه دارای فیبر و ژلان، با آهنگ‌های برش ثابت دارای تنش‌های برشی بالاتری هستند. مطالعات انجام گرفته بر روی

[۱۳] Master Sizer
[۱۴] Malvern
[۱۵] Bonferroni

www.SID.ir

Archive of SID

میانکنش‌های ژلان و پروتئین‌های شیر بسیار محدود است (پیکان و کانها ۲۰۱۰). بررسیها نشان داده است که پاستوریزاسیون منجر به ایجاد ساختار نامنظم ژلان میگردد (لیانگ و همکاران ۲۰۰۶) و پروتئین‌های شیر فعالانه، علاقمند به واکنش با این ساختار نامنظم هستند (دی جونگ و همکاران ۲۰۰۹). این مساله موجب افزایش میانکنش بین گروههای پروتئینی با شارژ مثبت و گروههای آنیونی ژلان و ایجاد کمپلکس الکترواستاتیک میشود (بوروا و همکاران ۲۰۰۷). ایجاد این کمپلکس، احتمالا عاملی در جهت افزایش اندیس قوام و افزایش ویسکوزیته ظاهری در تنش برشی ثابت و کاهش اندیس جریان میباشد. به عنوان مثال، در دوغ پاستوریزه نشده حاوی فیبر و ژلان با غلظت ۰/۸ درصد در آهنگ‌های برش ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و s^{-1} ۳۰۰، مقادیر تنش برشی به ترتیب ۰، ۹۴۹، ۱۳۲۰، ۶۰۲، ۱۸۳۷، ۲۰۴۳ و ۲۲۲۹ میلی پاسکال می‌باشند؛ در حالیکه در دوغ پاستوریزه شده حاوی فیبر و ژلان با غلظت ۰/۸ درصد، در همان آهنگ‌های برش، مقادیر تنش‌های برشی به ترتیب ۰، ۱۴۶۴، ۱۹۷۰، ۲۳۴۴، ۲۶۵۱، ۲۹۱۷ و ۳۱۵۴ میلی پاسکال بوده است. نمونه‌های شاهد (پاستوریزه و غیرپاستوریزه) در مقایسه با نمونه های حاوی فیبر و ژلان (پاستوریزه و غیرپاستوریزه)، با آهنگ‌های برش ثابت دارای تنش برشی پائین‌تری بودند. با توجه به شکل ۱ (الف و ب)، تأثیر غلظت فیبر بر رفتار جریانی نمونه‌های دوغ پاستوریزه و غیرپاستوریزه حاوی فیبر و ژلان کاملاً مشهود است. این اشکال نشان میدهند که با افزایش غلظت فیبر، میزان تنش برشی در یک آهنگ برش ثابت، افزایش پیدا می‌کند.

شکل ۲ (الف و ب)، نمودارهای گرانروی ظاهری در مقابل آهنگ برش را در نمونه‌های دوغ پاستوریزه و غیرپاستوریزه نشان می‌دهند. همانطور که از نمودارها مشخص است، نمونه‌های دوغ پاستوریزه دارای فیبر و ژلان در مقایسه با نمونه‌های دوغ غیرپاستوریزه دارای فیبر و ژلان، با آهنگ‌های برش ثابت، دارای گرانروی بالاتری هستند. به عنوان مثال، در دوغ پاستوریزه نشده حاوی فیبر و ژلان با غلظت ۰/۴ درصد در آهنگ‌های برش ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و s^{-1} ۳۰۰، مقادیر گرانروی به ترتیب ۸۹/۳۵، ۱۵، ۱۰/۹۴، ۹/۰۹، ۷/۹۷، ۷/۲۰ و ۶/۶۳ میلی پاسکال ثانیه می‌باشد؛ در حالیکه در دوغ پاستوریزه شده حاوی فیبر و ژلان با غلظت ۰/۴ درصد، در همان آهنگ‌های برش، مقادیر گرانروی به ترتیب ۱۵۲/۵۴، ۲۳/۱۷، ۱۶/۶۰، ۱۳/۶۵، ۱۱/۸۸، ۱۰/۶۷ و ۹/۷۸ میلی پاسکال ثانیه بوده است. نمونه‌های شاهد (پاستوریزه و غیرپاستوریزه) در مقایسه با نمونه‌های حاوی فیبر و ژلان (پاستوریزه و غیرپاستوریزه)، دارای گرانروی پائین‌تری بودند. با توجه به شکل ۲ (الف و ب)، تأثیر غلظت فیبر را میتوان بر گرانروی دوغ ها در نمونه‌های پاستوریزه و غیرپاستوریزه حاوی فیبر و ژلان، مشاهده نمود. با افزایش فیبر در یک آهنگ برش ثابت، میزان گرانروی افزایش پیدا می‌کند. به عنوان مثال، در شکل ۴، در آهنگ برش s^{-1} ۲۰۰، مقادیر گرانروی برای نمونه‌های شاهد، ۰/۴W و ۰/۸W به ترتیب ۲/۷۳، ۱۱/۸۸ و ۱۳/۲۶ میلی پاسکال ثانیه می‌باشد.

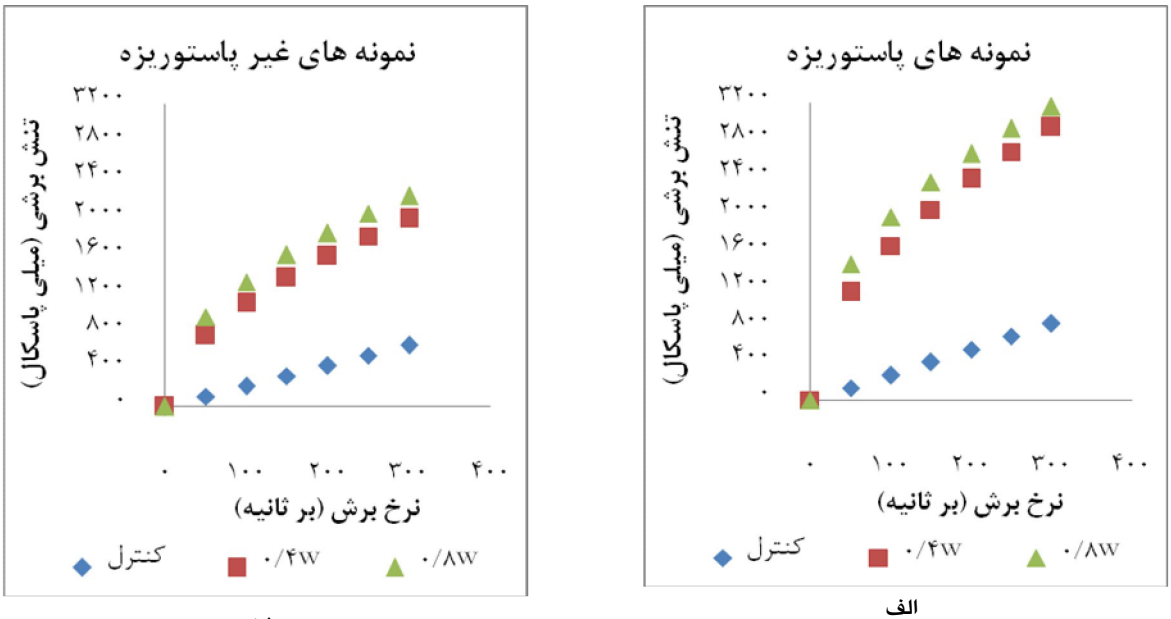
روابط به دست آمده بین آهنگ برش و تنش برشی با توجه به تاثیر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) روی ویژگیهای رئولوژیکی بر اساس مدلهای قانون توان و بینگهام برازش داده شدند و نتایج حاصل از آنها به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده اند.

همانطور که از این جداول مشخص است، دوغ شاهد در مقایسه با دوغ حاوی فیبر و ژلان از لحاظ ویژگیهای رئولوژیکی متفاوت بوده و رفتار آن از حالت نیوتنی در نمونه های شاهد به سمت رفتار غیرنیوتنی روان شونده با برش (شبه پلاستیک) در نمونه های حاوی فیبر و ژلان تغییر میکند. حضور مواد غیر محلول مانند فیبرهای رژیمی و توانایی نگهداری آب بالای آنها فاکتور مهمی در جهت بوجود آمدن رفتار جریانی شبه پلاستیک می باشد.

جدول شماره ۱ نشان می دهد که اندیس جریان برای نمونه های شاهد پاستوریزه و غیر پاستوریزه نزدیک یک بوده در حالیکه شاخص مذکور برای نمونه های حاوی فیبر و ژلان (پاستوریزه و غیر پاستوریزه) کمتر از یک می باشد. قابل ذکر است که هرچقدر مقدار اندیس جریان به عدد یک نزدیکتر باشد، نشان دهنده خاصیت سیال نیوتنی است و هر چقدر این مقدار به صفر نزدیکتر

www.SID.ir

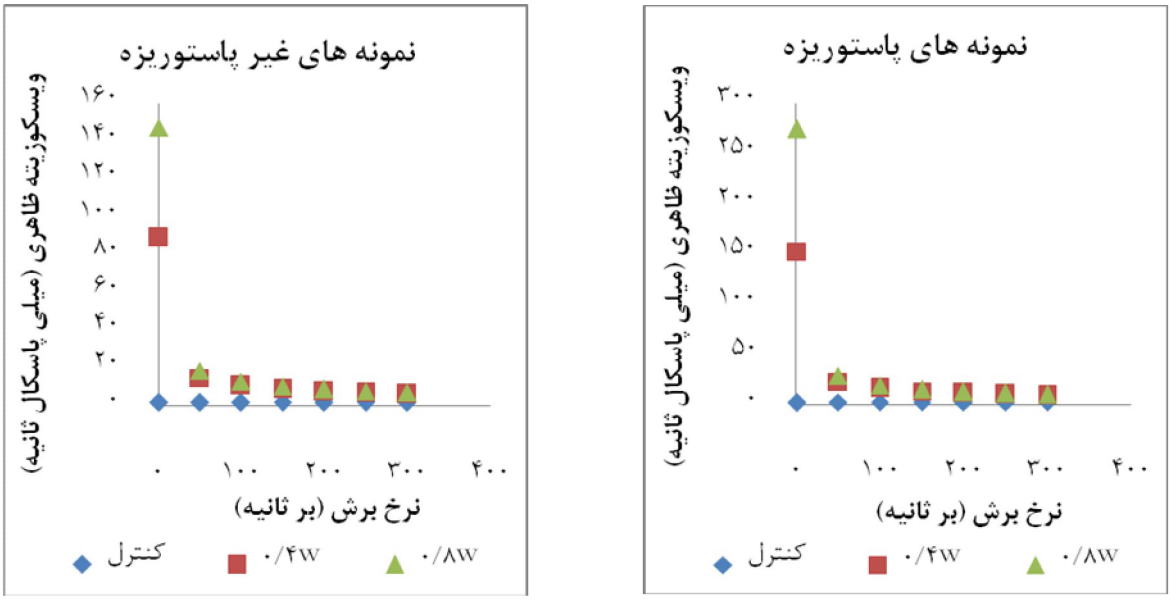
Archive of SID



الف

ب

شکل ۱- اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) و غلظت فیبرهای بکار رفته روی رفتار جریانی نمونه ها (۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.)



الف

ب

شکل ۲- اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) و غلظت فیبرهای بکار رفته روی گرانروی ظاهری نمونه ها (۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- پارامترهای محاسبه شده مربوط به مدل قانون توان برای نمونه ها، شامل اندیس جریان (n) و اندیس قوام (k) که با رسم منحنی رگرسیونی تنش برشی در مقابل آهنگ برش محاسبه شده اند (۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.).

نمونه ها		$\sigma = k\dot{\gamma}^n$		
		k (Pa.s^n)	n	R^2
پاستوریزه	۰/۸w	۲۷۴	۰/۴۲۸۴	۰/۹۹۴۸
	۰/۴w	۱۵۲/۵۴	۰/۵۱۸۳	۰/۹۹۸۵
	شاهد	۲/۵۰۹۸	۱/۰۱۶۱	۰/۹۹۷۷
غیر پاستوریزه	۰/۸w	۱۴۷/۲۴	۰/۴۷۶۴	۰/۹۹۴۸
	۰/۴w	۸۹/۳۴۶	۰/۵۴۳۹	۰/۹۹۴۲
	شاهد	۲/۲۰۶۸	۰/۹۹۶۸	۰/۹۹۶۶

جدول ۲- پارامترهای محاسبه شده مربوط به مدل بینگهام برای نمونه ها، شامل اندیس ویسکوزیته پلاستیک (η_{pl}) و تنش تسلیم (σ_β) که با رسم منحنی رگرسیونی تنش برشی در مقابل آهنگ برش محاسبه شده اند (۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.).

نمونه ها		$\sigma = \sigma_\beta + \eta_{pl}\dot{\gamma}$		
		(mPa) σ_β	(mPa s) η_{pl}	R^2
پاستوریزه	۰/۸w	۲۸۵/۴۱	۴۴/۰۴۱	۰/۹۸۶۶
	۰/۴w	۲۷۸/۲۷	۲۰/۹۳۵	۰/۹۸۰۷
	شاهد	۳/۳۱۹	۲/۶۶۹۲	۰/۹۹۸۵
غیر پاستوریزه	۰/۸w	۲۴۰/۵	۴/۹۱۹	۰/۹۲۷
	۰/۴w	۲۰۲	۱۱/۴۴۳	۰/۹۸۴۵
	شاهد	۲/۹۴۷۷	۲/۱۳۲۹	۰/۹۹۶۷

باشد، نشان دهنده سیال غیرنیوتنی می باشد (گانوکار ۱۹۹۵). در تحقیقات مشابه، رفتار غیرنیوتنی رقیق شونده با برش برای توصیف رفتار جریانی نوشیدنی های اسیدی شیر، دوغ کرهٔ تخمیر شده و آیران گزارش شده است (جانحوج و همکاران ۲۰۰۸).

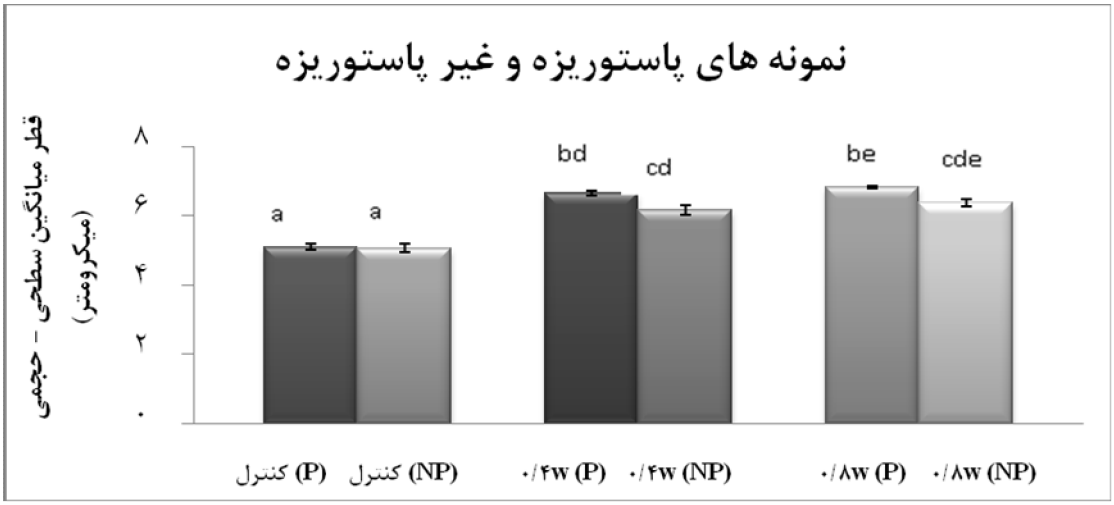
www.SID.ir

Archive of SID

پاستوریزاسیون نمونه‌های دوغ حاوی فیبر و ژلان منجر به افزایش اندیس قوام و کاهش اندیس جریان (جدول ۱) و همچنین، افزایش گرانروی پلاستیک و تنش تسلیم در غلظت ثابت فیبر (جدول ۲) گردیده است. اعمال فرایند حرارتی در دوغ حاوی فیبر و ژلان باعث بروز رفتار شبه پلاستیک شدیدتر نسبت به نمونه‌های دوغی میشود که در آنها فرایند حرارتی پاستوریزاسیون صورت نگرفته است. به نظر میرسد که تیمار حرارتی انجام گرفته موجب تغییراتی در ساختار ژلان شده و موجب افزایش میانکنش بین گروههای پروتئینی با بار خالص مثبت و گروههای آنیونی ژلان شده و کمپلکس الکترواستاتیک ایجاد شده منجر به بروز رفتار شبه پلاستیک شدیدتر می‌گردد (کیانی و همکاران ۲۰۰۸). طی تحقیق مشابهی بر روی آیران (محصول لبنی مشابه دوغ) مشخص شده است که فرایندهایی مانند هموژنیزاسیون و تیمارهای حرارتی بر روی خواص رئولوژیکی محصول شامل اندیس جریان، اندیس قوام و ویسکوزیته ظاهری تاثیرگذار می باشند (کوکسوی و کلیک ۲۰۰۴). علاوه بر این، مشابه چنین نتیجه ای نیز در تحقیقی که به منظور غنی سازی بستنی با استفاده از انواع فیبرهای رژیمی انجام گرفت، بدست آمده است (سوکولیس و همکاران ۲۰۰۹).

قطر میانگین سطحی - حجمی

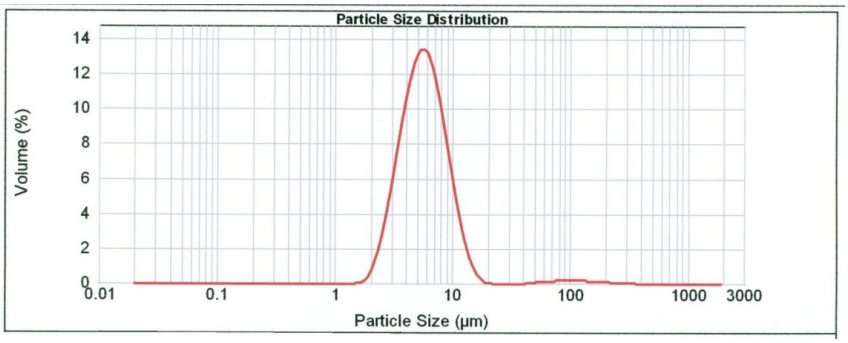
نتایج حاصل از تاثیر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن)، روی قطر میانگین سطحی – حجمی و منحنی توزیع اندازه ذرات به ترتیب در اشکال ۳ و ۴ آورده شده است. شکل ۳ نشان میدهد که حضور فیبر و ژلان باعث افزایش قطر میانگین سطحی - حجمی نسبت به نمونه‌های شاهد شد. همچنین، قطر میانگین سطحی - حجمی در نمونه های دوغ پاستوریزه حاوی فیبر و ژلان نسبت به نمونه های دوغ غیر پاستوریزه حاوی فیبر و ژلان، بزرگتر بود. بزرگترین قطر میانگین سطحی - حجمی مربوط به نمونه دوغ پاستوریزه حاوی ژلان و فیبر با غلظت ۰/۸ درصد و کوچکترین قطر میانگین سطحی - حجمی مربوط به نمونه دوغ شاهد غیر پاستوریزه بود. به نظر می رسد پاستوریزاسیون علاوه بر اینکه منجر به افزایش آبگیری فیبر و ژلان در دوغ شده است، همچنین موجب شکل گیری فضایی هیدروکلوئید ژلان به گونه ای گردیده که موجب افزایش میانکنش بین گروههای با بار مثبت ذرات کازئینی دوغ و هیدروکلوئید آنیونی ژلان گردیده است (والسترا و جنز ۱۹۸۴، سوورن ۲۰۰۰ و کیانی و همکاران ۲۰۰۸).



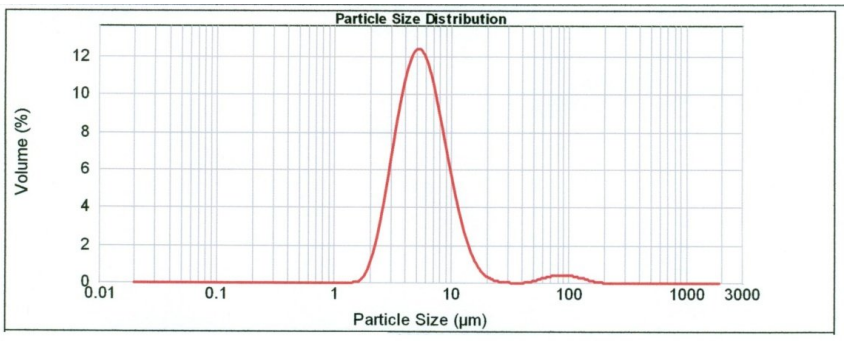
شکل ۳- اثر فرایند [پاستوریزه کردن (P) و پاستوریزه نکردن (NP)] و غلظت فیبرهای بکار رفته روی قطر میانگین سطحی – حجمی. حروف لاتین متفاوت در یک ستون اختلاف معنی دار در سطح $P<0/05$ می باشند. ۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.

www.SID.ir

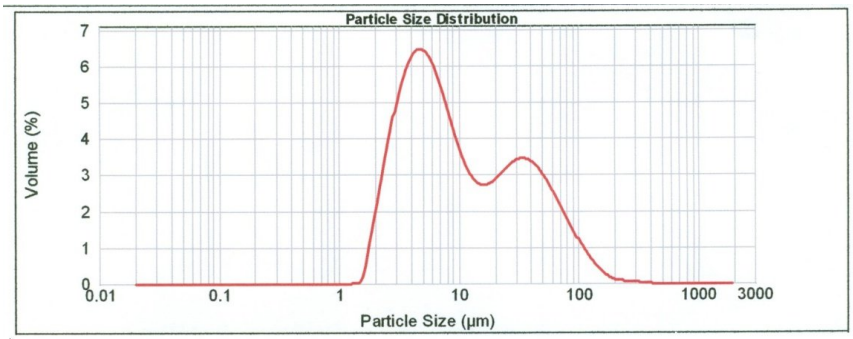
Archive of SID



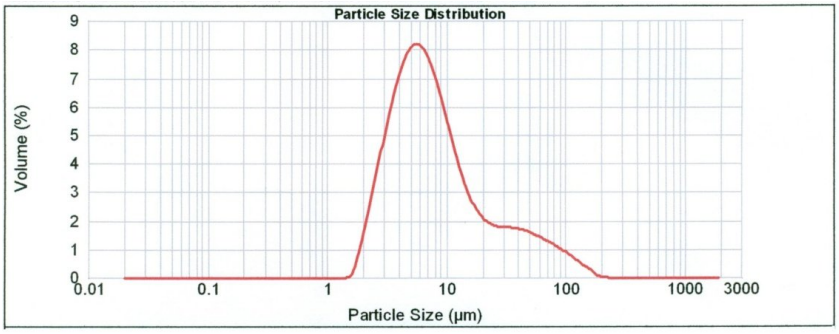
الف: (P) کنترل



ب: (NP) کنترل



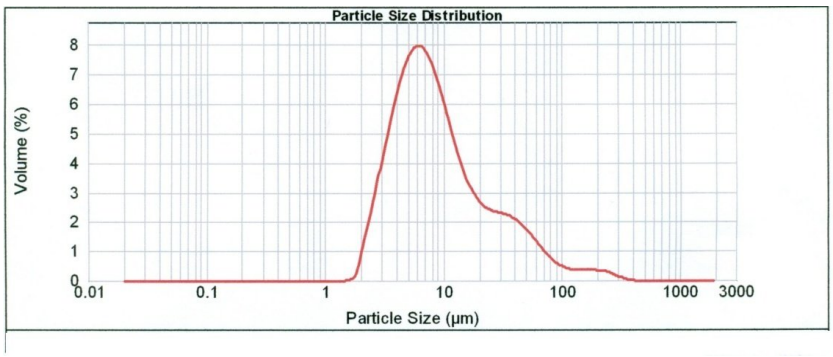
ج: ۰/۴w (P)



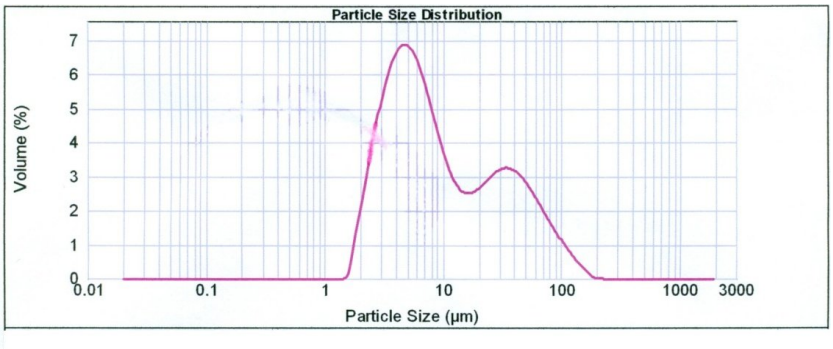
د: ۰/۴w (NP)

www.SID.ir

Archive of SID

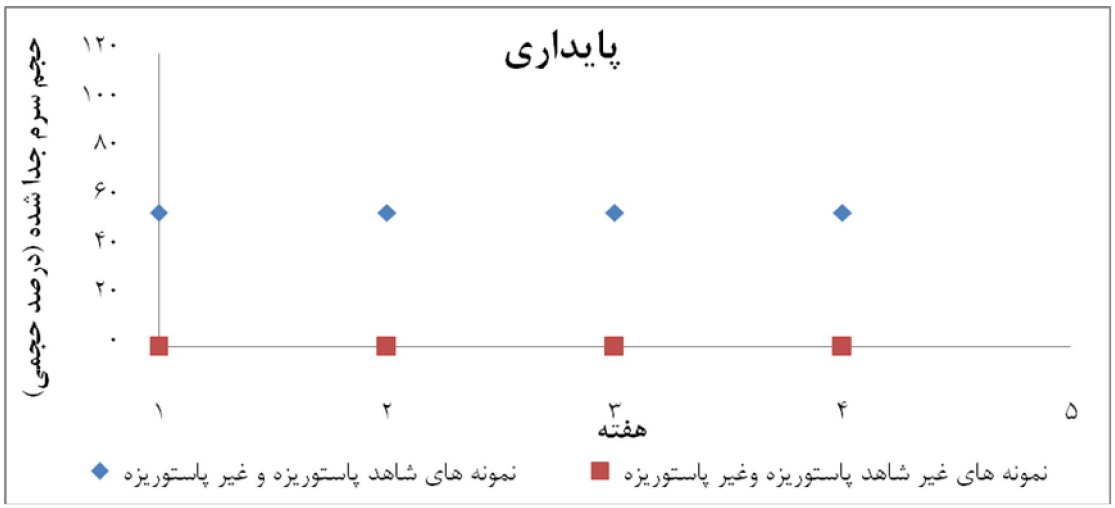


ه: ۰/۸w (P)



و: ۰/۸w (NP)

شکل ۴- منحنی توزیع اندازه ذرات برای نمونه های دوغ پاستوریزه (P) و غیرپاستوریزه (NP). ۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.



شکل ۵- اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) روی دو فاز شدن [شاهد: نمونه های بدون فیبر و ژلان؛ غیرشاهد: تمام نمونه های دارای فیبر و ژلان]

www.SID.ir

Archive of SID

دو فاز شدن

اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) و غلظت فیبرهای بکار رفته روی سینتیک دو فاز شدن در نمونه‌های دوغ در طی ۴ هفته در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که از نمودار مشخص است، در نمونه‌های شاهد، مقدار دو فاز شدن حدود ۵۵ درصد بود که تماماً در هفته اول رخ داد و در هفته‌های دیگر همین مقدار ثابت بود. در نمونه‌های حاوی فیبر و ژلان، دو فاز شدن در طول ۴ هفته مشاهده نشد که این موضوع به دلیل تشکیل ذرات ژله ای حاصل از تجمع مولکول های ژلان میباشد. چنانچه سیال حاوی ذرات معلق دارای تنش تسلیم باشد، در صورت تمایل ذرات به حرکت، تنش تسلیم مانع از حرکت ذرات می‌گردد. این ممانعت با مقدار نیرویی که به سطح ذرات معلق وارد می‌شود، برابر است. چنانچه در حالت ایستا، مقدار نیروی مربوط به تنش تسلیم از تفاضل نیروهای وزن و شناوری بیشتر باشد، ذرات معلق خواهند بود. از طرف دیگر، برای از هم گسستن ساختار سه بعدی ژل‌های مایع، نیرو لازم است. بنابراین، ذره برای حرکت در ساختار ژل مایع باید شبکه موجود را از هم گسسته و حرکت نماید. چنانچه ذره‌ای درون این شبکه به دام بیفتد و نیروهای دیگر به اندازه‌ای نباشد که بتوانند ساختار ژل مایع را از هم بپاشند، ذره معلق می‌شود (یونگ، ۲۰۰۲). همانطور که از جدول ۲ مشخص است، استفاده از ژلان منجر به تولید محصولی می شود که دارای تنش تسلیم می باشد. این تنش تسلیم، ناشی از اتصالات ژلان یا به شکل تنها و یا بصورت اتصال یافته با پروتئین ها می باشد که با تشکیل شبکه سه بعدی و به دام انداختن ذرات پروتئینی و فیبر در این شبکه، باعث پایداری محصول می شود (نورتون و همکاران ۲۰۰۶ و کیانی و همکاران ۲۰۱۰).

ارزیابی حسی

اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) و غلظت فیبر روی امتیازات ارزیابهای چشایی از لحاظ شکل ظاهری، بو، طعم و مزه، پس طعم، قوام و ارزیابی کلی بررسی گردیده و نتایج حاصل به ترتیب در شکل ۶ (الف، ب، ج، د، ه، و) آورده شده اند. ضریب قوام بالا و خاصیت سودوپلاستیکی رابطه مثبت با مقبولیت حسی نوشیدنی های لاکتیک دارد. قوام ایده آل برای احساس دهانی خوب و جدا نشدن فاز از عوامل کیفی برای نوشیدنی های لاکتیک به شمار می آیند (کوکسوی و کلیک ۲۰۰۴).

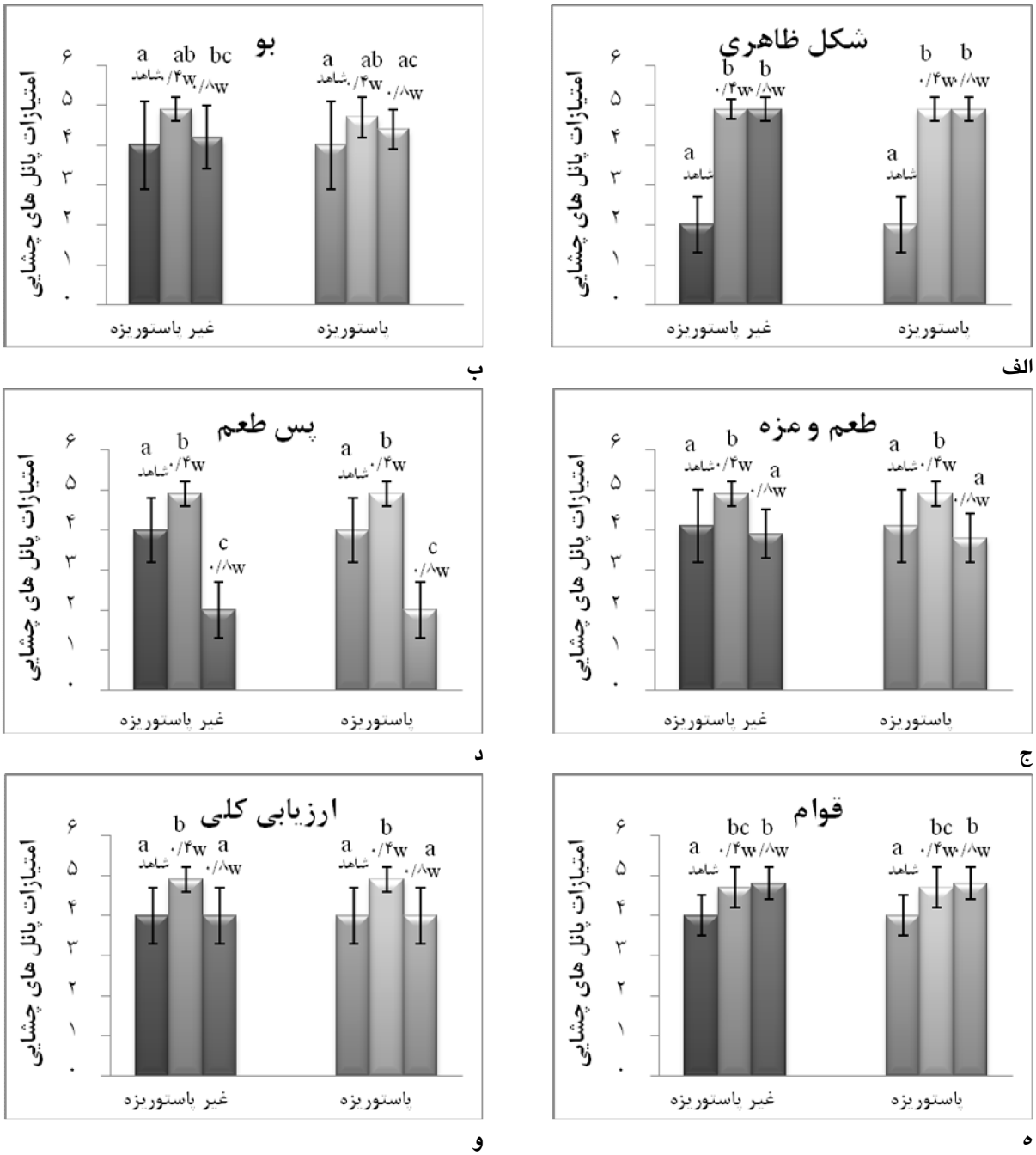
نمونه های شاهد (پاستوریزه و غیرپاستوریزه) با نمونه های حاوی فیبر و ژلان (پاستوریزه و غیرپاستوریزه) با غلظت فیبر ۴/. ٪ و ۸/. ٪ از لحاظ شکل ظاهری، بو، طعم و مزه، پس طعم، قوام و ارزیابی کلی اختلاف معنی داری داشتند. همچنین، نمونه های حاوی فیبر و ژلان پاستوریزه و غیرپاستوریزه با غلظت فیبر ۴/. ٪ و ۸/. ٪ از لحاظ شکل ظاهری، بو، قوام و ارزیابی کلی تفاوت معنی داری با هم نداشتند، در حالی که نمونه های مذکور از لحاظ طعم و مزه و پس طعم اختلاف معنی داری با هم داشتند. با در نظر گرفتن شکل ۶ (الف، ب، ج، د، ه، و)، ملاحظه میشود که استفاده از فیبر و ژلان (در نمونه های حاوی فیبر و ژلان با غلظت فیبر ۴/. ٪) موجب افزایش قوام و مطلوبیت نمونه ها نسبت به نمونه های شاهد از لحاظ شکل ظاهری، بو، طعم و مزه، پس طعم و ارزیابی کلی گردیده است. احتمالا نمونه حاوی فیبر و ژلان با غلظت بالا، علیرغم قوام ایده آل، بدلیل بالا بودن غلظت فیبر مورد استفاده در نمونه، موجب محسوس بودن طعم خارجی آن شده است که مورد تایید ارزیاب ها نیز قرار نگرفته است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رفتار جریانی دوغ در اثر کاربرد فیبر و ژلان از حالت نیوتنی به شبه پلاستیک و پلاستیک تغییر یافت. همچنین، اعمال فرایند حرارتی پاستوریزاسیون در نمونه های حاوی فیبر و ژلان موجب تغییرات رئولوژیکی به دلیل آبگیری بیشتر فیبرها و افزایش میانکنش بین کازئینات و ژلان گردید؛ در واقع دوغ حاوی فیبر و ژلان با داشتن شبکه سه بعدی ژله ای، ویسکوزیته ظاهری بالا در آهنگ‌های برش پایین ایجاد میکند. از طرف دیگر، حضور فیبر و ژلان باعث افزایش قطر میانگین سطحی – حجمی نسبت به نمونه‌های شاهد شد. همچنین، قطر میانگین سطحی –

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- اثر فرایند (پاستوریزه کردن و پاستوریزه نکردن) و غلظت فیبرهای بکار رفته روی امتیازات ارزیابهای چشایی از لحاظ شکل ظاهری، بو، طعم و مزه، پس طعم، قوام و ارزیابی کلی. حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵ می باشند. ۰/۴w و ۰/۸w به ترتیب نشانگر دوغ دارای ۰/۴ و ۰/۸ درصد فیبر نامحلول هستند.

حجمی در نمونه های دوغ پاستوریزه حاوی فیبر و ژلان نسبت به نمونه های دوغ غیر پاستوریزه حاوی فیبر و ژلان، بزرگتر بود. علاوه بر این، استفاده از ژلان موجب جلوگیری از دو فاز شدن نمونه های حاوی فیبر و ژلان در طول مدت نگهداری شد. از نظر ارزیاب ها ی چشایی نیز، بهترین طعم و مزه مربوط به نمونه حاوی فیبر و ژلان با غلظت فیبر ۰/۴ ٪ بود. قوام مناسب، پایداری و طعم خوب حاصل از حضور فیبر موجب

www.SID.ir

Archive of SID

پذیرش نمونه مذکور بعنوان بهترین نمونه از نظر ارزیابها عنوان گردید. به این ترتیب، دوغ های پایدار حاوی ژلان و فیبر رژیمی با گرانروی بالا، به دلیل تامین قسمتی از فیبر روزانه مورد نیاز بدن، می توانند به عنوان یک نوشیدنی بومی غنی شده مورد توجه قرار گیرند.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از شرکت زمزم ایران به جهت کمکهای ارزنده و حمایتهای مالی برای انجام این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع مورد استفاده

Amice-Quemeneur N, Haluk JP 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.

Burova TV, Grinberg NV, Grinberg VY, Usov, AI, Tolstoguzov, VB and De Kruif CG, 2007. Conformational changes in iota- and kappa-carrageenans induced by complex formation with bovine beta-casein. Biomacromolecules 8(2): 368-375.

De Jong S, Klok HJ and Velde F, 2009. The mechanism behind microstructure formation in mixed whey protein-polysaccharide cold-set gels. Food Hydrocolloids 23(3): 755-764.

Dello Staffolo M, Bertola N, Martino M and Bevilacqua A, 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal 14(3): 263-268.

Fernandez-Garcia E and McGregor J U, 1997. Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. Zeitschrift fuer Lebensmittel—Untersuchung und—Forschung A 204: 433-437.

Gallardo-Escamilla FJ, Kelly A L, Delahunty CM, 2007. Mouthfeel and flavour of fermented whey with added hydrocolloids. International Dairy Journal 17: 308-315.

Ganokar AG, 1995. Rheological concepts for probing ingredient interactions in food systems. Ingredient interaction: Effects on food quality. Marckel Dekker, New York.

Gibson W, 1992. Gellan gum. In Lemson A, (Ed.), Thickening and Gelling Agents for food. Chapman & Hall, England.

Janhoj T, Bom Frost M, Ipsen R, 2008. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. Food Hydrocolloids 22: 798-806.

Jenkins DJA, Wolver TM and Jenkins Al, 1999. Fiber and dietary factors affecting nutrient absorption and metabolism. pp. 680. In: Shils ME, Olson JA, Shike M and Ross AC (Eds.), Modern nutrition in health and disease. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA.

Kiani H, Ebrahimzadeh-Mousavi MA, Emam-Djomeh Z and Yarmand MS, 2008. Effect of gellan gum on the stability and physical properties of acidified milk protein solutions. Australian Journal of Dairy Technology 63(3): 87-92.

Kiani H, Mousavi ME, Razavi H, Morris ER, 2010. 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 24: 744-754.

Koksoy A and Kilic M, 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. Food Hydrocolloids 18(4): 593-600.

Labell F, 1990. Designer food in cancer prevention. Food process 51: 23-32.

Liang CL, Hu XS, Ni YY, Wu JH, Chen F and Liao XJ, 2006. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. Food Hydrocolloid 20(8): 1190-1197.

www.SID.ir

Archive of SID

Mc Clements Dj, 2000. Food Emulsions: principles, practice and techniques. CRC press, New York.

Nakamura A, Furuta H, Kato M, Maeda H and Nagamatsu Y, 2003. Effect of soybean soluble polysaccharides on the stability of milk protein under acidic conditions. Food Hydrocolloids 17(3): 333-343.

Nilsson LE, Lyckand S, Tamime AY, 2007. Production of drinking products. In: Tamime, AY (Eds.), Fermented Milks. Blackwell Science Ltd, UK.

Norton IT, Jarvis DA and Foster TJ, 1999. A molecular model for the formation and properties of fluid gels. International Journal of Biological Macromolecules 26(4): 255-261.

Picone C and Cunha R, 2010. Interactions between milk proteins and gellan gum in acidified gels. Food Hydrocolloids 24: 502–511.

Ramaswamy HS and Basak S, 1991. Rheology of stirred yogurts. Journal of Texture Studies 22(2): 231-241.

Soukoulis C, Lebesi D and Tzia C, 2009. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. Food Chemistry 115(2): 665-671.

Steel RGD, Torrie JH and Dickey DA, 1997. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. McGraw-Hill, New York.

Sworn G, 2000. Gellan gum. In: Phillips GO and Williams PA, (Eds.), Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge.

Thebaudin JY, Lefebvre AC, Harrington M and Bourgeois CM, 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. Trends in Food Science & Technology 8(2): 41-48.

Tromp R, de Kruif H, Van Eijk CG and Rolin C, 2004. On the mechanism of stabilization of acidified milk drinks by pectin. Food Hydrocoloids 18: 565-572.

Tungland B and Meyer D, 2002. Nondigestible oligo and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food. Comprehensive reviews in food science and food safety 1: 73-92.

Walstra P and Jenness R, 1984. Dairy chemistry and physics. Wiley, New York.

Young NWG, 2002. The yield stress phenomenon and related issues - an industrial view. In: Williams PA and Phillips GO (Eds.), Gums and stabilizers for the food industry. RSC, Cambridge.

www.SID.ir