Archive of SID

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 4, Winter 2014, p. 295-303

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۰۳-۲۹۵

بررسی تأثیر WPC و آغازگرهای تولید کننده EPS بر برخی خصوصیات فیزیکی دوغ

احمد احتیاطی[۱]- فخری شهیدی[۲*]- محبت محبّی[۳]- مسعود یاورمنش[٤]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۶/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۴/۶

چکیده

کنسانتره پروتین آب پنیر (WPC) در چهار سطح، جانشین پودر شیر پس چرخ (SMP) در تولید شیر بازسازی شده گردید و از دو آغازگر راپی و یک آغازگر غیر راپی برای تولید دوغ استفاده شد. با افزایش مقدار WPC مقدار تنش تسلیم دوغ افزایش یافت. همچنین ویسکوزیته، شاخص قوام و اندازه ذرات کلوئیدی دوغ نیز افزایش یافت و رفتار شل شوندگی با برش تشدید شد. با افزایش مقدار WPC، دو فاز شدن دوغ کاهش یافت که این پدیده احتمالا ناشی از تشکیل نوعی شبکه سه بعدی در دوغ و جلوگیری از ته نشین شدن ذرات کلوئیدی آن است که منجر به کاهش دو فاز شدن تا ۳۲ درصد در بالاترین مقدار WPC مورد استفاده گردید. نوع آغازگر مورد استفاده تاثیری بر پایداری دوغ در شرایط آزمایش نداشت. همچنین اثر هم‌زمان نوع آغازگر در حضور WPC بر هیچ یک از ویژگی‌های که مورد ارزیابی قرار گرفت، مشاهده نشد. افزودن WPC به شیر، بهبود ویژگی‌های فیزیکی و افزایش پایداری دوغ را به همراه دارد، اما استفاده از خواص آغازگرهای تولید کننده EPS جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی دوغ، مستلزم بررسی‌های بیشتری در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: آغازگر راپی، پلی ساکارید خارج سلولی، دو فاز شدن، دوغ، WPC

مقدمه

دوغ نوشیدنی سنتی ایرانیان و برخی ملل دیگر به شمار می‌آید که ارزش غذایی مشابه با سایر فراورده های لبنی به ویژه ماست دارد. (فروغی نیا و همکاران، ۲۰۰۶) بر اساس گزارش CODEX (۲۰۰۹) در سال‌های اخیر، دوغ در بین فراورده‌های لبنی بیشترین میزان تولید (در حدود ۶۷ درصد افزایش در سال) را داشته است، (نصیرپور و همکاران، ۱۳۹۰). بزرگ بودن ذرات کلوئیدی دوغ، گرایش ذرات پروتئینی به یکدیگر در اثر نیروهای واندروالس و آب گریز، همچنین ویسکوزیته کم فاز پیوسته سبب می‌شود که ذرات به هم نزدیک شده، تجمع یافته و دو فاز شدن رخ دهد (Kiani, *et al.*, 2010). هیدروکلوئید ها با مکانیسم‌های مختلف، خواص رئولوژیکی نوشیدنی‌ها را بهبود می‌بخشند و به دو دسته تقسیم می‌شوند. نوع جاذب که در سطح پروتئین قرار گرفته و با ایجاد دافعه فضایی، محصول را پایدار می‌کند و نوع غیر جاذب که با پروتئین ها واکنشی نداشته و از طریق افزایش ویسکوزیته سرم سبب افزایش پایداری می‌شوند (Syrbe, *et al.*, 1998). کارایی هیدروکلوئید های ژلان (Kiani, *et al.*, 2010b)، ژلان و پکتین (Kiani *et al.*, 2010) صمغ دانه اقاقیا و گوار (Koksoy, *et al.*, 2004) و کتیرا (Azarikia, *et al.*, 2010) در پایدارسازی و بهبود رفتار جریانی نوشیدنی‌های لبنی اسیدی گزارش شده است اما این محققان اظهار داشتند نمونه‌های پایدار شده در مواردی با مشکلات حسی مانند ویسکوزیته نامطلوب، کاهش یکنواختی و ایجاد حالت دانه دانه و کاهش مطلوبیت همراه بودند.

آب پنیر، فراورده جانبی تولید پنیر و کازئین است و بخش اعظم تولید آن مربوط به صنعت پنیر سازی می‌باشد. تولید پنیر در سال ۲۰۰۵ حدود ۱۶/۴۷ میلیون تن بوده که معادل تولید ۱۵۰ میلیون تن آب پنیر است (Abd El-Salam, *et al.*, 2009). پروتئین آب پنیر دارای ارزش بیولوژیکی بالا و حاوی اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و والین است که دارای نقش مهمی به عنوان تنظیم کننده در تعادل حیاتی پروتئین و گلوکز، محرک تولید پروتئین عضله و محرک ترشح انسولین هستند همچنین منبع غنی اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین است که باعث خنثی سازی سموم در بدن شده و پیش ساز قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان بدن می باشد (Smithers, 2008). پروتئین آب پنیر خواص عملکردی گوناگونی در مواد غذایی دارد.

۱، ۳،۲و۴- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: fshahidi@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

توانایی ایجاد ژل در محلول های WPC، تحت تأثیر تیمار حرارتی ۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد یکی از مهم‌ترین خواص عملکردی پروتئین آب پنیر است که این ویژگی از عوامل موثر در بهبود بافت فراورده‌های لبنی و ظرفیت نگهداری آب می‌باشد (Ye, *et al.*, 2009). به دلیل خواص عملکردی پروتئین آب پنیر و ارزش تغذیه‌ای آن، استفاده از فراورده های پروتئینی آب پنیر در فراورده های لبنی کاربرد زیادی دارد. WPC با اهدافی مانند جانشین چربی در فراورده‌های کم چرب (Sandoval-Castilla, *et al.*, 2004, Aziznia, *et al.*, 2008)، بهبود بافت و افزایش ظرفیت نگهداری آب (Puvanenthiran, *et al.*, 2002)به ماست افزوده می‌شود. در پژوهش Ozen, *et al.*, (۲۰۰۹)، WPC در سطح ۲ درصد، در مدت ۱۰ روز نگهداری از جداسازی فازی نوشیدنی جلوگیری کرد.

EPS پلی ساکارید هایی هستند که طی رشد توسط سلول های باکتری ساخته می‌شوند. بعضی از باکتری‌های اسید لاکتیک که به عنوان آغازگر استفاده می‌شوند، در فرایند تخمیر با تولید EPS در بهبود بافت شیرهای تخمیر شده مشارکت می‌کنند. تعداد زیادی از آن‌ها به جنس‌های *Lactococcus*، *Streptococcus*، *Lactobacillus* و *Leuconostoc* تعلق دارند(Ruas-Madiedo, *et al.*, 2002). EPS دارای دو ویژگی عملکردی جذب آب و غلیظ‌کنندگی در محیط فراورده‌های شیری است و در بیشتر موارد بر ویژگی‌های بافتی محصول نهایی تأثیر گذار است، که تابع ترکیب شیمیایی و ساختمان سه بعدی مولکول، غلظت و نوع بر هم کنش پلیمر با پروتئین‌های شیر است (Hassan, *et al.*, 2003). ماست‌هایی که با آغازگرهای راپی تهیه می‌شوند، بیشترین ظرفیت نگهداری آب را نشان داده‌اند (Amatayakul, *et al.*, 2006, Güler akin, *et al.*, 2009). همچنین پژوهشگران اظهار داشتند که افزودن WPC به محیط رشد باکتری، افزایش تولید EPS را به همراه دارد (Zisu, *et al.*, 2003).

تاکنون امکان پایدارسازی نوشیدنی با هیدروکلوئید های مختلف بررسی شده است اما استفاده از WPC با خواص عملکردی ویژه و ارزش تغذیه‌ای بالا برای پایدارسازی دوغ مطالعه نشده است. هدف از این پژوهش، استفاده از WPC و آغازگرهای تولید کننده EPS در تولید دوغ و بررسی اثر اختصاصی هر یک از مؤلفه‌ها و تأثیر هم‌زمان این دو متغیر بر ویژگی‌های فیزیکی شامل رفتار جریان، اندازه ذرات و پایداری فیزیکی طی دوره نگهداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

پودر شیر بدون چربی (SMP) از شرکت مولتی مشهد و WPC از شرکت کیان مشکات تهران تهیه شد. ترکیب شیمیایی WPC و SMP مورد استفاده در جدول ۱، ارائه شده است. WPC بکار برده شده، از نوع WPC80 بوده و میزان پروتئین دناتوره شده آن به روش Perez, et al (2009)، ۱۱ درصد تعیین شد.

کشت‌های آغازگر از نمایندگی شرکت Lactina، نمک طعام تجاری از بازار، سایر مواد شیمیایی از شرکت Merck و آب بدون یون با دستگاه اسمز معکوس تهیه شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی WPC و SMP مورد استفاده در این پژوهش (بر حسب درصد)

	پروتئین در ماده خشک*	رطوبت	چربی*	خاکستر*	لاکتوز*
WPC	۸۱/۲	۶/۳	<۷/۵	<۲/۵	<۲/۵
SMP	۳۶/۹	۵/۲	<۱	۷/۷	۵۳/۱

*- مقادیر بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط تولید کننده.

تولید دوغ

SMP جهت باز سازی شیر استفاده شد. WPC در چهار سطح صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ درصد جایگزین SMP و چهار نمونه محلول شیر باز سازی شده با ماده خشک ۱۰ درصد از ترکیب پودر با آب تقطیر شده تولید گردید. سپس نمونه‌ها با همزن آزمایشگاهی یکنواخت شدند.با استفاده از حمام آب گرم، نمونه ها تحت تیمار حرارتی ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس، دمای نمونه کاهش داده و در دمای ۴۲ سانتی‌گراد با آغازگر تلقیح شد. در این پژوهش از سه آغازگر DVS استفاده شد که تفاوت آن‌ها در تولید EPS است. دو آغازگر LAT BY 1/23 و LAT BY 1/83 (به طور اختصار به ترتیب۲۳ و ۸۳) توانایی تولید EPS دارند و آغازگر LAT BY 1/63 (به طور اختصار ۶۳)که EPS تولید نمی‌کند. دو آغازگر ۲۳ و ۸۳ از نظر ایجاد طعم و آروما متفاوت بوده و با توجه به تفاوت گونه‌های بکار رفته، در نوع EPS که تولید می‌کنند، متفاوت هستند. پس از تلقیح آغازگر، نمونه‌ها تا رسیدن به pH مطلوب (pH≈۳/۷)، جهت یکسان بودن شرایط تخمیر به مدت ۹ ساعت در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد، گرم خانه گذاری شد. جهت تولید دوغ، نمونه‌های ماست تولید شده با محلول آب تقطیر شده و نمک طعام رقیق شد. فرمولاسیون نمونه های دوغ به صورتی انجام پذیرفت که محصول نهایی دارای ۰/۷ درصد نمک و ۶ درصد ماده خشک کل باشد. همگن‌سازی، در فشار ۷۰ بار با هموژنایزر آزمایشگاهی (FT9 Homogeniser, Armfield, England) انجام شد.

آزمون رفتار جریان

آزمون‌های رفتار جریان نمونه‌ها به فاصله یک ساعت پس از

www.SID.ir

Archive of SID

تولید و با ویسکومتر بروکفیلد (DV-III Ultra Rheometer, Brookfield Engineering) انجام شد. نمودارهای جریان و ویسکوزیته برای نمونه‌های مختلف در دمای ۱۰°C (دمای نگهداری و مصرف دوغ) با اسپیندل C4-18 به دست آمد. برازش مدل‌های رفتار جریان با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitter نرم افزار MATLAB نسخه R2008a انجام شد و دو شاخص R2، RMSE برای ارزیابی مدل برازش یافته استفاده گردید.

$$RMSE = [\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_{ei} - X_{pi})] \quad (۱)$$

در این روابط، Xe داده حاصل از آزمایش و Xp مقدار محاسبه شده توسط مدل برازش یافته و N تعداد داده‌های آزمایش است. مقدار بالاتر R2 و مقدار کمتر RMSE به معنی برازش بهتر مدل می‌باشد.

تعیین اندازه ذرات

تعیین اندازه ذرات ۲۴ ساعت پس از تولید، با استفاده از دستگاه تعیین اندازه ذرات Fritsch Analysette 22, Germany بر اساس پراش سنجی اشعه لیزر، انجام شد.. شاخص‌های d(0.1)، d(0.5) و d(0.9) که به ترتیب اندازه ذرات در ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد منحنی تجمعی است، بر اساس نمودار توزیع اندازه ذرات تعیین شد.

قطر متوسط ذرات (D[4,3]) بر اساس رابطه زیر تعیین گردید:

$$D[4,3] = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad (۲)$$

که در این رابطه n_i تعداد ذرات با قطر d_i می‌باشد. پهنای توزیع ذرات (اسپان) از رابطه ذیل تعیین شد:

$$Span = \frac{d(0.9) - d(0.1)}{d(0.5)} \quad (۳)$$

بررسی پایداری فیزیکی

نمونه‌ها به لوله‌های آزمایش مدرج با حجم ۵۰ میلی لیتر منتقل شد و در یخچال نگهداری شدند. در زمان‌های مختلف دو فاز شدن مشاهده گردید. مقدار فاز جدا شده بر حسب درصد حجمی کل نمونه گزارش شد. جهت جلوگیری از رشد کپک و مخمر، از نگهدارنده ناتامایسین (شرکت نوش آزمون تهران) با غلظت ۱۰ قسمت در میلیون استفاده گردید.

طرح آماری و تجزیه و تحلیل نتایج

آزمایش ها در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی انجام پذیرفت. آنالیز واریانس با استفاده از نرم‌افزار MINITAB در سطح اطمینان ۹۵ درصد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم افزار MSTATC انجام پذیرفت. نمودارها با نرم افزار MS EXCEL رسم گردیدند.

نتایج و بحث

رفتار جریان

رفتار جریان مستقل از زمان نمونه‌های دوغ، در دامنه درجه برش بین ۱/۳۴ تا ۳۰۰ بر ثانیه اندازه گیری شد. بر اساس نمودارهای رفتار جریان (اشکال ۱ تا۳) مشاهده می‌شود که نمونه‌های بدون WPC، رفتاری نزدیک به نیوتونی دارند و با افزایش نرخ برش، تنش برشی با آهنگ ثابتی تغییر می‌کند. این رفتار در نمونه های تولید شده با هر سه آغازگر دیده می‌شود. برازش داده‌های رفتار جریان مربوط به این نمونه‌ها به خوبی با مدل نیوتنی به برازش یافت.(جداول مربوطه ارائه نشده است). مقدار ویسکوزیته نیوتنی برای نمونه بدون WPC تولید شده با آغازگر ۶۳، ۲/۵ میلی پاسکال ثانیه؛ آغازگر ۲۳، ۲/۶ میلی پاسکال ثانیه و آغازگر ۶۳، ۲/۴ میلی پاسکال ثانیه محاسبه شد، همچنین بررسی آماری نشان می‌دهد نوع آغازگر مورد استفاده در این حالت تاثیری بر افزایش ویسکوزیته دوغ معمولی نداشته است. Kiani و همکاران (۲۰۰۸) رفتار جریانی دوغ صنعتی با ماده خشک ۵ درصد را نیوتونی ارزیابی کرده و اظهار داشتند، دوغ در دمای ۲۰°C ویسکوزیته بین ۱ تا ۲ میلی پاسکال ثانیه دارد. اما با افزودن WPC به دوغ، تغییراتی در خواص فیزیکی دوغ ایجاد شد که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تنش تسلیم

بر اساس روش مورد استفاده توسط Kiani, et al. (2010b)، با برازش مدل بینگهام بر قسمت خط مستقیم نمودارها (نرخ برش بالاتر از ۷۴ بر ثانیه)، دو شاخص ویسکوزیته پلاستیک و تنش تسلیم محاسبه شد.

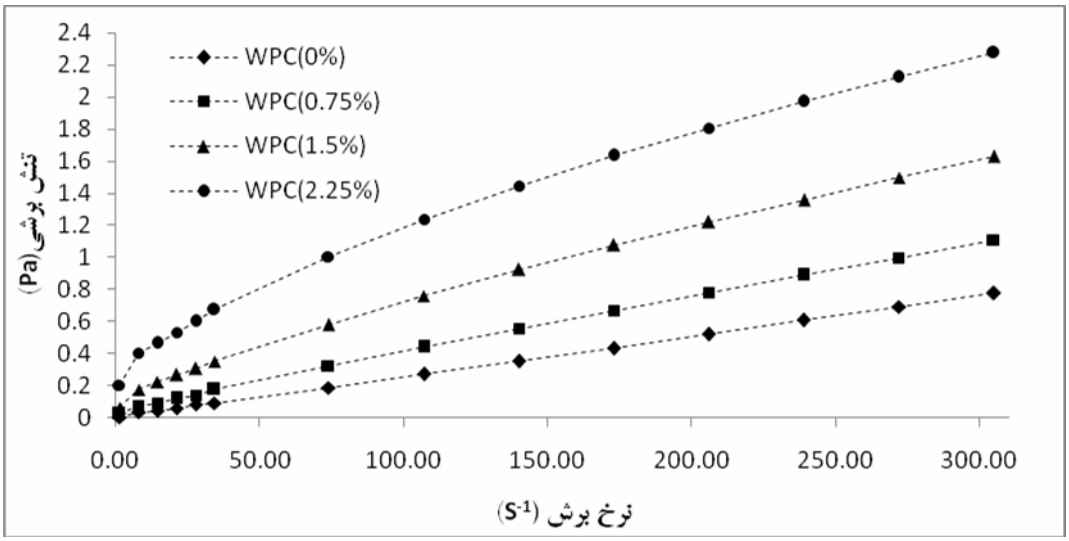
اثر WPC: در نمونه‌های دوغ تولید شده با هر سه آغازگر، WPC باعث تغییر رفتار جریان دوغ به سمت رفتار غیرنیوتونی شد. مقدار ویسکوزیته ظاهری برای نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف WPC در نرخ برش بالا مشابه است، ولی در نرخ برش پایین کاملا متفاوت است. با توجه به نمودار های جریان (اشکال ۱ تا۳) مشاهده می‌شود که افزایش مقدار WPC باعث ایجاد عرض از مبدا ناشی از تنش تسلیم می‌شود. در سطح جانشینی ۰/۷۵ درصد، ژل به خوبی ایجاد نشد اما در سطوح بالاتر: ۱/۵ و ۲/۲۵ درصد، تنش تسلیم به طور میانگین به ترتیب تا ۳۴۵ و ۶۶۰ میلی پاسکال ثانیه افزایش یافت (شکل ۱). افزایش مقدار WPC، مقدار پروتئین آب پنیر را در شیر پایه دوغ افزایش می هد.طی فرایند، در اثر تیمار حرارتی در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه، ذرات ژل پروتئین آب پنیر ایجاد می‌شود و بخشی از پروتئین آب پنیر با کازئین پیوند بر قرار می‌کند. نیرو های بین ذرات و سرم حاوی پروتئین آب پنیر باعث ایجاد شبکه‌ای ژل مانند در دوغ می‌شود و بالا رفتن مقدار پروتئین، غلظت

www.SID.ir

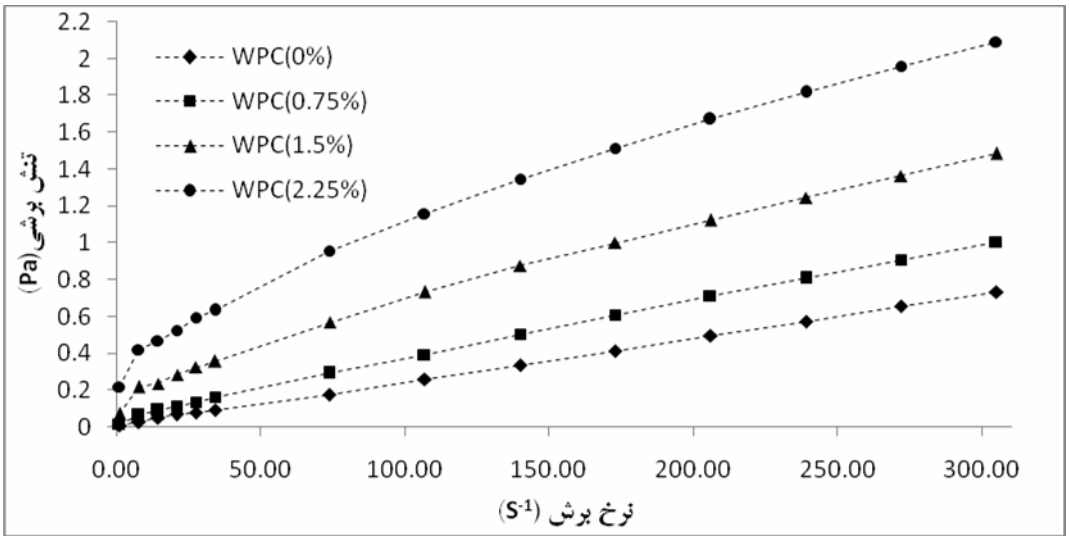
Archive of SID

ژل را افزایش می‌دهد. در نتیجه این پدیده ها، نیروی لازم برای برش ژل نیز افزایش یافته و سبب افزایش تنش تسلیم نمونه های حاوی غلظت‌های بالاتر WPC می‌شود. در این زمینه، افزایش تنش تسلیم محاسبه شده با مدل هرشل بالکی برای نوشیدنی لبنی اسیدی آیران با افزایش مقدار WPC، گزارش شده است (Ozen and Kilic, 2009). Kiani و همکاران (2010b) دلیل افزایش تنش تسلیم دوغ حاوی ژلان را ناشی از ایجاد یک شبکه سه بعدی حاوی ذرات ژل مایع ژلان دانستند که در برابر تنش ناشی از سقوط ذرات مقاومت ایجاد کرده و همچنین ذرات کلوئیدی دوغ با این ذرات دارای پیوند فیزیکی هستند.

اثر نوع آغازگر: تغییر آغازگر از غیر تولید کننده EPS (آغازگر ۶۳) به تولید کننده EPS (آغازگرهای ۲۳ و ۸۳) تأثیری بر مقدار تنش تسلیم در شرایط آزمایش نداشت (شکل ۱). Purwandari و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تخمیر شیر حاوی ۱۴ درصد ماده خشک، با گونه تولید کننده EPS استرپتوکوکوس ترموفیلوس باعث افزایش تنش تسلیم شد در حالی که در مطالعه Hassan (۲۰۰۳) بر روی ماست هم زده با ماده خشک ۱۱ درصد، نمونه‌های تولید شده با آغازگرهای تولید کننده EPS، تنش تسلیم کمتری در مقایسه با نوع غیر تولید کننده EPS داشت. با توجه به اینکه نوع و میزان EPS از عوامل مهم در بر هم کنش های پروتئینی و سازگاری یا نا سازگاری ترمودینامیکی پروتئین ها و پلی‌ساکارید ها می باشد، بررسی نتیجه حاصل در این بخش نیازمند اندازه گیری و آزمایشات بیشتر می باشد.



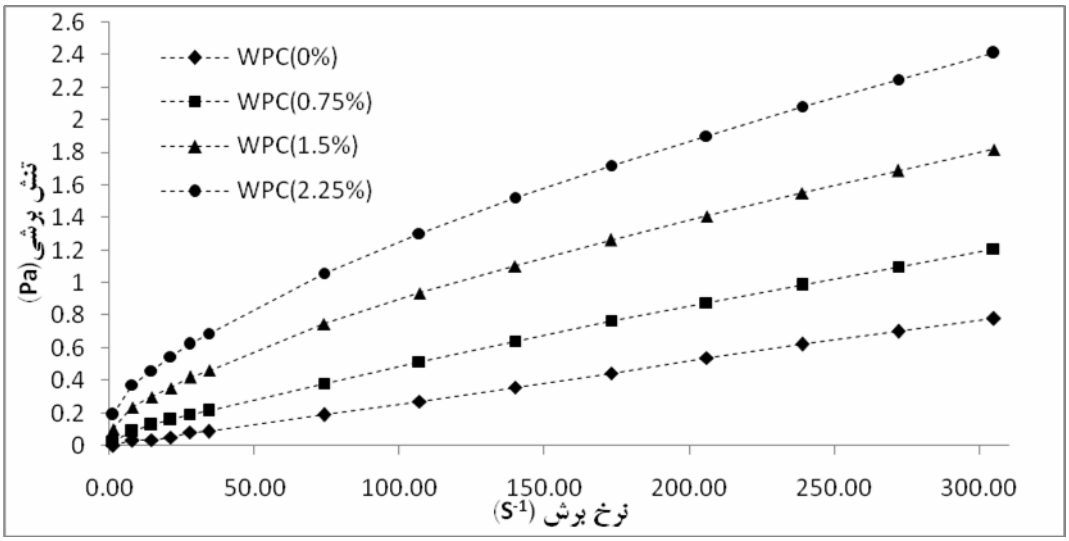
شکل ۱- نمودار جریان نمونه‌های دوغ حاوی WPC تهیه شده با آغازگر ۶۳



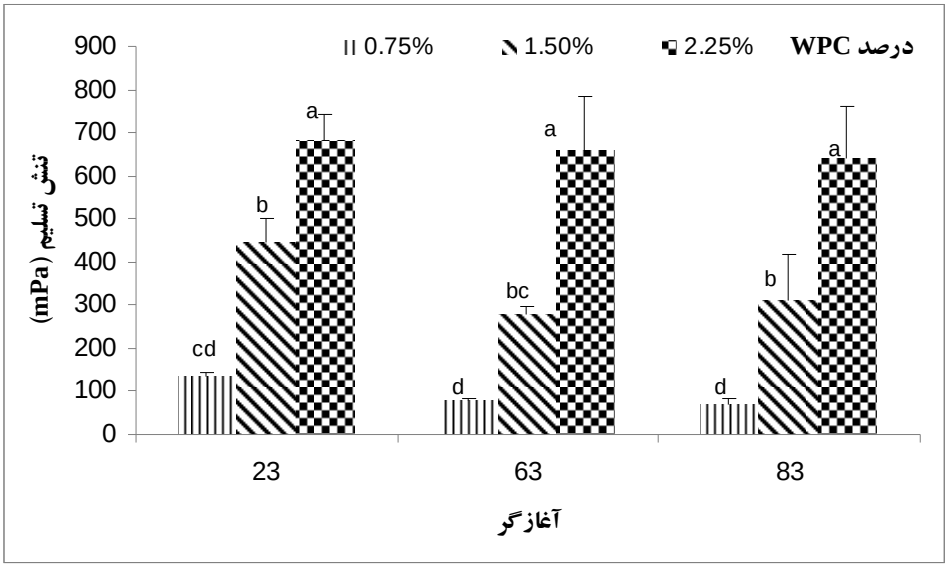
شکل ۲- نمودار جریان نمونه‌های دوغ حاوی WPC تهیه شده با آغازگر ۸۳

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار جریان نمونه‌های دوغ حاوی WPC تهیه شده با آغازگر ۲۳



شکل٤- نمودار مقادیر تنش تسلیم برای سطوح مختلف آغازگر و درصد افزودن WPC

جدول ۲- میانگین شاخص رفتار جریان برای سطوح WPC جانشین پودر شیر پس چرخ

سطح WPC	٪۰	٪۰/۷۵	٪۱/۵	٪۲/۲۵
شاخص رفتار جریان($mPa.s^n$)	۰/۹۸±۰/۰۱^a	۰/۸۳±۰/۰۴^b	۰/۶۴±۰/۰۴^c	۰/۵۳±۰/۰۲^d

حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

رفتار شل شوندگی با برش

در تمامی تیمارهای انجام شده، ویسکوزیته با افزایش نرخ برش کاهش می یابد که نشان دهنده رفتار شل شوندگی با برش است. داده های رفتار جریان با مدل قانون توان برازش یافت و میانگین شاخص رفتار رقیق شل برای سطوح WPC جانشین پودر شیر پس چرخ در جدول ۲ ارائه شده است.

اثر WPC : با افزایش مقدار WPC، شاخص رفتار جریان کاهش یافت (جدول ۲). کاهش شاخص رفتار جریان نشان دهنده رقیق شوندگی سیال می باشد. افزایش مقدار WPC منجر به افزایش مقدار تنش تسلیم گردید (شکل۴) در حالی که با افزایش نرخ برش، اختلاف مقدار ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها کم می‌شود (با توجه به نمودار های رفتار جریان، اشکال ۱ تا۳). می توان نتیجه گرفت

www.SID.ir

Archive of SID

که ویسکوزیته ظاهری نمونه های حاوی مقدار WPC بالاتر با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و این پدیده نشان دهنده رقیق شوندگی بیشتر در سطوح بالاتر WPC می‌باشد. نتایج مشابهی توسط Ozen و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر رفتار رقیق شونده نوشیدنی آیران حاوی WPC ارائه شده است. رفتار رقیق شونده برای شبکه پروتئینی ماست توسط Aziznia, و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. وجود تنش تسلیم و رفتار رقیق شوندگی که در سیالات ژل مانند ماست مشاهده می‌شود امکان نتیجه گیری مشابه در مورد دوغ را فراهم می‌کند. افزایش تنش تسلیم و تشدید رفتار رقیق شوندگی دوغ با افزایش مقدار WPC، نشان دهنده وجود نوعی شبکه ژل مانند است که از ذرات ژل پروتئین آب پنیر تشکیل شده و با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته در برابر تنش وارد شده در جریان اندازه‌گیری رفتار جریان مقاومت می‌کند.

اثر نوع آغازگر: اثر نوع آغازگر بر شاخص رفتار جریان معنی دار است (جداول اطلاعات آماری ارائه نشده است). شاخص رفتار جریان نمونه‌های تولید شده با آغازگرهای ۲۳ (n=۰/۶۹) و ۸۳ (n=۰/۷۴) به طور معنی داری (P<0.01) کمتر از نمونه‌های تولید شده با آغازگر ۶۳ (n=۰/۷۷) بود. بر اساس این نتایج، احتمالا EPS تولید شده توسط آغازگرهای راپی در برهم کنش های بین ذرات پروتئین دوغ تداخل ایجاد کرده و به واسطه ناسازگاری ترمودینامیک سبب افزایش رفتار رقیق شوندگی دوغ شده است. تضعیف ساختار فراورده‌های تخمیری شیر به وسیله EPS می‌تواند ناشی از دو پدیده باشد؛ ناسازگاری بین EPS و پروتئین‌های شیر یا تغییر مکانی EPS. در فرایند تولید دوغ مرحله هم زدن و همگن کردن جزء مراحل تاثیر گذار بر ساختار فیزیکی محصول می باشد. احتمالا در نتیجه همگن کردن دوغ، EPS در فضای بین ذرات کلوئیدی وارد شده و بر هم کنش ذرات دوغ را تغییر داده است در پژوهش های سایر محققین کاهش شاخص رفتار جریان ماست هم زده تولید شده با آغازگرهای تولید کننده EPS توسط Hassan و همکاران (۲۰۰۳)گزارش شده و دلیل ارائه شده، ناسازگاری بین EPS تولید شده و پروتئین بیان شده است. این فرضیه وجود دارد که نوع EPS تولید شده توسط آغازگر ۲۳ با نوع ۸۳ متفاوت باشد، زیرا با وجود اینکه آغازگر ۸۳ نیز تولید کننده EPS می باشد اما تاثیر معنی داری بر شاخص رفتار جریان دوغ نداشت و مشابه با آغازگر غیر راپی عمل کرد.

اندازه ذرات

شاخص‌های محاسبه شده بر اساس توزیع اندازه ذرات نمونه‌های دوغ تولید شده با دو آغازگر ۸۳ و ۶۳ در جدول ۳، ارائه شده است. افزودن WPC باعث افزایش قطر متوسط ذرات (D[4,3]) به جز در سطح ۲/۲۵ درصد گردید. WPC طی حرارت دهی با تشکیل ذرات ژل و پیوند با کازئین زمینه ایجاد ذرات بزرگی را فراهم می‌آورد. با افزایش مقدار WPC، به جهت تقویت و افزایش پیوندها ذرات بزرگ‌تری شکل می‌گیرد، اما در سطح ۲/۲۵ درصد WPC نتایج متفاوتی مشاهده می‌شود. دلیلی که می‌توان در این مورد بیان کرد این است که نسبت پایین کازئین به پروتئین آب پنیر، باعث ناپایداری ذرات می‌شود. همچنین حین تعیین اندازه ذرات، ذرات بزرگ دوغ، تحت تاثیر تنش ناشی از همزنی نمونه و رقیق بودن سیال درون محفظه همزنی نمونه، شکسته شده و ذرات کوچک‌تری ایجاد می‌کند، در نتیجه متوسط اندازه ذرات در سطح ۲/۲۵ درصد نسبت به ۱/۵ درصد کمتر است. در نمونه های تولید شده با آغازگر ۸۳ متوسط اندازه ذرات سطح ۲/۲۵ درصد بالاتر از سطح صفر درصد است که شاید به دلیل وجود EPS و افزایش پایداری ذرات در حضور این ترکیبات باشد. وجود ذرات بزرگ در نمونه‌های حاوی WPC و پیوند های فیزیکی که بین این ذرات کلوئیدی وجود دارد سبب افزایش ویسکوزیته و تنش تسلیم دوغ می‌شود که در بحث بررسی رفتار جریان اشاره شد.

در مطالعه Ozen و همکاران (۲۰۰۹) با افزایش سطح جانشینی WPC، اندازه ذرات ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا کرد، در مطالعه این پژوهشگران از نسبت‌های بالای پروتئین آب پنیر به کازئین استفاده شده است و فرایند همگن کردن با روش متفاوتی انجام شد.

Puvanenthiran و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که با افزایش نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین، در شیر حرارت داده شده، اندازه ذرات افزایش می‌یابد. روند افزایش و سپس کاهش اندازه ذرات با افزایش مقدار WPC در نمونه‌های تولید شده با هر دو آغازگر مشاهده می‌شود. در دو سطح صفر و ۰/۷۵ درصد WPC، اندازه ذرات نمونه دوغ تولید شده با آغازگر ۸۳ نسبت به ۶۳ کمتر بوده ولی در دو سطح ۱/۵ و ۲/۲۵ بیشتر می‌باشد.

شاخص اسپان که نماینده گستردگی توزیع اندازه ذرات است، برای آغازگر ۸۳ مقادیر نسبتا کمتری دارد و نشان دهنده یکنواختی بیشتر اندازه ذرات در این نمونه‌ها است. برای سطوح مختلف WPC، شاخص اسپان مشابه است، ولی در هر دو آغازگر کم‌ترین گستردگی توزیع اندازه ذرات مربوط به سطح ۲/۲۵ درصد WPC است که احتمالا به پایداری پایین ذرات حاوی نسبت های بالای پروتئین آب پنیر ارتباط دارد. Gorji و همکاران (۲۰۱۱) باسورین (جزء افزایش دهنده ویسکوزیته سرم صمغ کتیرا در دوغ) را عامل افزایش دهنده مقدار اسپان دانستند.

دو فاز شدن

دو فاز شدن به صورت تشکیل یک فاز شفاف در سطح نمونه رخ داد. فرایند دو فاز شدن برای نمونه های فاقد WPC با سرعت بالایی آغاز شد و طی ۵ روز پس از تولید، بیشترین میزان دو فاز شدن اتفاق افتاد که ۱۰ و ۱۵ روز پس از تولید این مقدار تقریبا ثابت ماند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- شاخص‌های اندازه ذرات نمونه‌های دوغ حاوی WPC تولید شده با دو آغازگر ۶۳ و ۸۳

آغازگر	WPC	d(0.1) (µm)	d(0.5) (µm)	d(0.9) (µm)	D[4,3](µm)	Span
۶۳	٪۰	۲/۴۱	۶/۱۲	۱۲/۴۷	۱۴/۷۹	۱/۶۴
	٪۰/۷۵	۲/۷۹	۸/۷۰	۱۸/۴۰	۲۰/۴۲	۱/۷۹
	٪۱/۵	۵/۵۰	۱۶/۸۲	۳۴/۱۷	۳۳/۳۶	۱/۷۱
	٪۲/۲۵	۳/۰۳	۷/۳۳	۱۲/۶۵	۱۲/۹۲	۱/۳۱
۸۳	٪۰	۱/۲۶	۳/۳۹	۶/۰۲	۶/۲۷	۱/۴۰
	٪۰/۷۵	۲/۲۴	۵/۷۷	۱۰/۰۲	۹/۹۸	۱/۳۵
	٪۱/۵	۷/۸۲	۱۶/۹۸	۳۲/۴۹	۴۱/۳۴	۱/۴۵
	٪۲/۲۵	۵/۵۸	۱۳/۲۲	۲۴/۲۸	۲۶/۷۷	۱/۴۱

در نمونه‌های دارای WPC، بسته به مقدار WPC دو فاز شدن با سرعت خیلی کمتری رخ داد و بین روزهای ۱۰ تا ۱۵ به میزان کمی بر میزان دو فاز شدن افزوده شد. در ادامه اثر دو متغیرآزمایش بر تغییرات دوفازشدن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اثر WPC: بررسی آماری نشان داد، WPC با اطمینان ۹۹ درصد بر دو فاز شدن تاثیر گذار است. همان طور که در بررسی رفتار جریان و ریز ساختار دوغ بیان شد، افزودن WPC به شیر برای تهیه دوغ و سپس تیمار حرارتی شیر، باعث باعث افزایش تنش تسلیم و ویسکوزیته دوغ می‌شود. از ویژگی‌های این شبکه قابلیت ایجاد پیوند با آب، به دام انداختن ذرات کلوئیدی و در نهایت کاهش سرعت دو فاز شدن دوغ است که با افزایش مقدار WPC شبکه قوی‌تری تشکیل گردیده و به میزان بیشتری از جدا شدن سرم جلوگیری می‌کند (جدول ۴).

جدول ٤- میانگین درصد حجمی سرم جدا شده برای سطوح مختلف جانشینی SMP با WPC

WPC	٪۰	٪۰/۷۵	٪۱/۵	٪۲/۲۵
درصد دو فاز شدن	۶۵/۶±۱/۲[a]	۴۷/۶±۰/۸[b]	۳۷±۱/۶[c]	۳۲±۲/۱۹[d]

حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

WPC باعث توقف کامل دو فاز شدن نشد و حتی در سطح ۲/۲۵ درصد WPC نیز جدا شدن سرم رخ داد. دو دلیل برای این پدیده می‌توان ارایه نمود: ۱- با گذشت زمان، ذرات کلوئیدی به یکدیگر نزدیک شده و آب از درون شبکه خارج گردیده و تشکیل یک فاز جداگانه در سطح نمونه می‌دهد ۲- بخشی از ذرات به دلیل وجود نیروی گرانش طی زمان نگهداری به ته ظرف سقوط کرده و دو فاز شدن را تشدید می‌کنند. فاز مواد جامد در این حالت قابلیت جاری شدن ندارد. Kiani و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که عامل دو فاز شدن دوغ در نمونه‌های پایدار شده با ژلان را سینرسیس و در نمونه‌های حاوی پکتین، ته‌نشینی دانستند. ژلان عامل افزایش دهنده ویسکوزیته سرم و پکتین عامل ایجاد کننده دافعه فضایی بین ذرات می باشد. با توجه به آنچه بیان شد، در دوغ پایدار شده با WPC، سینرسیس عامل موثر بر دوفاز شدن می باشد.

اثر نوع آغازگر: نوع آغازگر تاثیری بر دو فاز شدن دوغ ندارد. با توجه به عدم تأثیرگذاری آغازگرهای راپی بر مقدار تنش تسلیم، نتیجه این بخش قابل انتظار بود. در تحقیقاتی که در رابطه با کاربرد آغازگرهای راپی در ماست هم‌زده انجام شده است، کاهش آب اندازی گزارش شده است اما در این پژوهش آغازگرهای راپی نتواستند مقدار دو فاز شدن را کاهش دهند. احتمالا غلظت پایین EPS و وجود نمک از عوامل تاثیر گذار هستند (نصیر پور و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به گستردگی نوع و مقدار EPS باکتری‌های اسید لاکتیک و شرایط مختلفی که در تولید فراورده های تخمیری وجود دارد، احتمالا آغازگرهای راپی در نوشیدنی‌های لبنی تأثیر متفاوتی نسبت به سایر فراورده‌های لبنی با ماده خشک بالا مانند ماست نشان می‌دهند.

نتیجه گیری

با افزایش درصد جانشینی SMP با WPC، دو فاز شدن دوغ کاهش یافت که به صورت افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، افزایش جذب آب ذرات و جلوگیری از ته نشینی ذرات آن است که منجر به افزایش پایداری فیزیکی دوغ تا سه برابر در شرایط آزمایش گردید. به طور کلی می‌توان گفت استفاده از WPC در فراوری دوغ سبب بهبود خواص فیزیکی و افزایش پایداری آن می‌گردد در حالی که باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای دوغ نیز می‌شود. یکی از آغازگرهای راپی تنها باعث تشدید رفتار رقیق شوندگی دوغ شد، اما تأثیر دیگری بر ویژگی‌های فیزیکی دوغ نداشت. همچنین اثر هم زمان بین نوع آغازگر و WPC بر هیچ یک از ویژگی‌های که مورد ارزیابی قرار گرفت، مشاهده نشد. استفاده از خواص آغازگرهای راپی جهت بهبود خواص دوغ نیازمند مطالعه بیشتر به ویژه بررسی سویه های مختلف تولید کننده EPS، بالا بردن سطح تولید EPS و بررسی دقیق تر بر

www.SID.ir

Archive of SID

هم کنش‌های EPS و ذرات پروتئین دوغ می‌باشد. با توجه به اینکه در صنعت تولید دوغ، جهت حذف الودگی ها از فرایند حرارتی استفاده می‌شود، جهت استفاده صنعتی از خواص WPC در پایداری دوغ لازم است که اثر فرایند های حرارتی بر پایداری دوغ با WPC مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

منابع

فروغی نیا، س.، عباسی، س. و حمیدی اصفهانی، ز.، ۱۳۸۶، تاثیر افزودن تأثیر افزودن تکی و ترکیبی صمغ های کتیرا، ثعلب و گوار در پایدارسازی دوغ، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲(۲)، ۲۵-۱۵.

نصیرپور تبریزی، پ.، حصاری، ج. و قیاسی فر، ش.، ۱۳۹۰، اثر استفاده از آغازگر تولید کننده اگزوپلی ساکارید بر دوفازه شدن دوغ، نخستین همایش فراملی بهینه سازی زنجیره تولید، توزیع و مصرف در صنایع غذایی، ۲۰ تا ۲۱ اردیبهشت، گرگان.

Abd El-Salam, M., El-Shibiny, S. & Salem, A., 2009, Factors affecting the functional properties of whey protein products: A review. Food Reviews International, 25(3), 251-270.

Amatayakul, T., Sherkat, F. & Shah, N. P., 2006, Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. International Journal of Dairy Technology, 59(3), 216-221.

Azarikia, F. & Abbasi, S., 2010, On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. Food Hydrocolloids, 24(4), 358-363.

Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. & Rahimi, J., 2008, Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. Journal of dairy science, 91(7), 2545-2552.

Gorji, E. G., Mohammadifar, M. A. & Ezzatpanah, H., 2011, Influence of gum tragacanth, Astragalus gossypinus, addition on stability of nonfat Doogh, an Iranian fermented milk drink. International Journal of Dairy Technology, 64(2), 262-268.

Güler akin, M. B. & SERDAR, A., 2009, Influence of different exopolysaccharide producing strains on the physicochemical, sensory and syneresis characteristics of reduced fat stirred yoghurt. International Journal of Dairy Technology, 62(3), 422-430.

Hassan, A., Ipsen, R., Janzen, T. & Qvist, K., 2003, Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides. Journal of dairy science, 86(5), 1632-1638.

Kiani, H., Mousavi, S. M. A. & Emam-Djomeh, Z., 2008, Rheological properties of Iranian yoghurt drink, Doogh. International Journal of Dairy Science, 3(2), 71-78.

Kiani, H., Mousavi, M., Razavi, H. & Morris, E., 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(8), 744-754.

Kiani, H., Mousavi, M. & Mousavi, Z., 2010b, Particle Stability in Dilute Fermented Dairy Drinks: Formation of Fluid Gel and Impact on Rheological Properties. Food Science and Technology International, 16(6), 543-551.

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

Ozen, A. E. & Kilic, M., 2009, Improvement of physical properties of nonfat fermented milk drink by using whey protein concentrate. Journal of Texture Studies, 40(3), 288-299.

Perez, A. A., Carrara, C. R., Sánchez, C. C., Rodríguez Patino, J. M. & Santiago, L. G., 2009, Interactions between milk whey protein and polysaccharide in solution. Food chemistry, 116(1), 104-113.

Purwandari, U. & Vasiljevic, T., 2009, Rheological properties of fermented milk produced by a single exopolysaccharide producing Streptococcus thermophilus strain in the presence of added calcium and sucrose. International Journal of Dairy Technology, 62(3), 411-421.

Puvanenthiran, A., Williams, R. & Augustin, M., 2002, Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. International dairy journal, 12(4), 383-391.

Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J. & Zoon, P., 2002, An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. International dairy journal, 12(2-3), 163-171.

Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E. & Vernon-Carter, E., 2004, Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. International dairy journal, 14(2), 151-

www.SID.ir

Archive of SID

159.

Smithers, G. W., 2008, Whey and whey proteins--From 'gutter-to-gold'. International dairy journal, 18(7), 695-704.

Syrbe, A., Bauer, W. & Klostermeyer, H., 1998, Polymer science concepts in dairy systems—an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. International dairy journal, 8(3), 179-193.

Ye, A. & Taylor, S., 2009, Characterization of cold-set gels produced from heated emulsions stabilized by whey protein. International dairy journal, 19(12), 721-727.

Zisu, B. & Shah, N., 2003, Effects of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate, and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by Streptococcus thermophilus 1275. Journal of dairy science, 86(11), 3405-3415.

www.SID.ir