

تأثیر ترکیب بیوپلیمر - رزین سقز بر خواص فیزیکوشیمیایی ماست کم چرب

فرشید نیک فر^۱، محمد باقر حبیبی^{۲*}، محمد حسین حداد خداپرست^۲،
محمد علی رضوی^۲

۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۱)

چکیده

در این مطالعه اثر بکارگیری بیوپلیمر-رزین سقز که با بکارگیری تک ذرات میکرونیزه رزین سقز و ترکیب آن با بیوپلیمرهای سفیده ی تخم مرغ، اینولین، کنسانتره پروتئینی آب پنیر و کازئینات سدیم در شبکه ژلی ماست آماده شد، بر خواص فیزیکوشیمیایی ژل ماست تشکیل شده ارزیابی شد. مشاهدات میکروسکوپی برای ارزیابی ساختاری ترکیب ذرات رزین با بیوپلیمرها بکارگرفته شد. یافته ها با اطلاعات خواص بافتی، آب اندازی و pH ترکیب شد و تحلیل ها صورت گرفت و مشخص شد خواص فیزیکوشیمیایی به طور اساسی وابسته به نوع بیوپلیمر بکار رفته در ترکیب با رزین می باشد. از یافته ها چنین نتیجه گیری شد که ذرات رزین سقز به تنهایی با شبکه ماست برهمکنش مناسبی ندارد ولی به عنوان ذرات پرکن در ترکیب با بیوپلیمر مناسب می تواند در شبکه ژل موجب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی ماست و ثبات آن طی دوره ماندگاری شود. دو بیوپلیمر سفیده تخم مرغ و اینولین در ترکیب با رزین بهترین برهمکنش را نشان دادند و در این دو از فلوکوله شدن و بهم چسبیدن ذرات رزین جلوگیری به عمل آمد، سفتی و قوام نسبت به نمونه حاوی تک بیوپلیمر این دو، بترتیب حداقل ۱۰ و ۱۳٪ بهبود یافت، آب اندازی حداقل ۲٪ کاهش یافت و pH در دوران ماندگاری ثبات نشان داد.

کلید واژگان: سقز، ژل ترکیبی، بیوپلیمر، ماست، اثرات پرکن

*مستول مکاتبات: habibi@um.ac.ir

۱- مقدمه

در علم مهندسی مواد این مسئله شناخته شده است که بکارگیری یک ماده ی پلیمری سخت به عنوان یک پرکن^۱ در فاز پراکنده داخل یک ماتریکس ممکن است موجب تقویت خواص مکانیکی مواد کامپوزیتی شود، که البته مقدار این تقویت بستگی به حجم و شکل این ذرات سفت دارد [۱]. کاربردهای مهندسی بیشماری مزیت این ترکیبات نامتجانس و مغایر پرکن را نشان داده است، بنابراین اهمیت بررسی کاربرد این نوع سیستم ها در شبکه های بیوکامپوزیتی غذایی مشخص می شود. علیرغم مطالعات فراوان، در مورد ژلهای ترکیبی غذایی اطلاعات آزمایشگاهی قابل اعتماد اندکی در مورد مدلسازی پرکن های کامپوزیتی در فرآورده های غذایی وجود دارد [۲].

یکی از اولین مطالعات در این زمینه بررسی اثر اندازه، شکل و حجم ذرات پرکن شیشه در شکلهای میله ای و کروی روی خواص مکانیکی ژلهای ژلاتینی بود [۳]. همچنین بررسی اثر ذرات دکستران به عنوان پرکن در ماتریکس پروتئین های سرم شیر نشان داد که سفتی ژل با بکارگیری این ذرات از ۱ به ۷ $kPam^{1/2}$ افزایش یافت [۴]. از جمله موادی که برای کاربرد صنعتی به عنوان یک پرکن ارگانیک در ماتریس های غذایی استفاده شده می توان به سلولز میکروکریستاله^۲ اشاره نمود [۵، ۶].

بسیاری از مواد غذایی نیمه جامد نظیر ماست دارای شبکه ی ژلی سه بعدی می باشند که ذرات ریزی به عنوان پرکن در آنها جاسازی شده است. خواص رئولوژیکی ساختار شبکه ای مواد غذایی پر شده با پرکن ها به مانند خواص بافتی آنها، بطور معنی داری تحت تاثیر بر همکنش های شبکه با ماده ی پرکن قرار می گیرد. فیبر های گوشتی، گرانولهای نشاسته، قطرات روغن امولسیونه را هم می توان به عنوان ذرات پرکن استفاده کرد. ویژگیهایی از قبیل اندازه و شکل ذره ی پرکن و برهمکنش سطح ذره با شبکه ی ژل باید بررسی شود تا بتوان اثر تقویت کنندگی پرکن داخل یک شبکه بیوپلیمری را ارزیابی کرد [۷ و ۸]. اگر ذرات پرکن بطور مناسبی در داخل شبکه ژل شرکت کنند و جاسازی

شوند، می توانند موجب بهبود اساسی در خواص مکانیکی ساختار شوند که این به دلیل انتقال نیرو از شبکه به ذرات پرکن سختی که با بدنه ی شبکه برهمکنش داشته است (پرکن فعال) میباشد [۹].

ترکیباتی که برای بکارگیری به عنوان پرکن در سیستم های غذایی مناسب باشند بسیار محدود هستند، ترکیبی ارگانیک که بطور بسیار محدود در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته رزین درخت پسته بنه می باشد، رزین درخت پسته بنه به عنوان یک ماده ی سخت و شکننده، می تواند در ماتریکس های غذایی به عنوان یک پرکن ارگانیک مورد بررسی قرار بگیرد و بعلاوه دارای خواص سلامتی بخش زیادی می باشد که اهمیت بکار گیری این ماده را دو چندان می کند. این رزین شیرابه ی خشک شده ی درخت *Pistacia. Atlantica* (بنه) می باشد، که از قطرات خروجی حاصل از شیار دادن تنه ی درختان بنه بدست می آید که به آن سقز گفته می شود و به طور متوسط از هر درخت ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ گرم سقز بدست می آید. سقز صمغی به رنگ سبز خیلی روشن، غلیظ و بسیار چسبنده است که استفاده دارویی و صنعتی فراوانی دارد [۱۰]. تحقیقات متعددی همچون مقاله ی بازنگری بر ویژگیهای بیولوژیکی صمغ پسته [۱۱] خواص ضد میکروبی، ضد قارچی، آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی و ضد التهابی این ماده را تایید کردند. ساختار شیمیایی رزین بنه به صورت جدول ۱ می باشد [۱۲].

Table1 Chemical composition of razez resin

principal ingredients	%	Chemical formulaion
α - and β -mastichinic acid	4	(C23H36O4)
masticholic acid	0.5	(C23H36O4)
α -mastichonic acid	20	(C23H48O4),
acid β -mastichonic	18	(C32H48O4),
α -mastichorezene	30	(C35H56O4)
β -mastichorezene	20	(C35H56O4)

رزین پسته یک ترکیب غیر قطبی می باشد به همین دلیل نحوه ی عمل آن به عنوان یک پرکن به رفتار جذب مولکول های بیوپلیمر در سطح ذره ی پرکن وابسته می باشد، بنابراین ساختار مولکولی بیوپلیمر در این مسئله موثر می باشد. هدف نهایی این تحقیق این است که اثبات کنیم رزین درخت بنه می تواند در خواص بافتی ماست حتی در مقادیر پایین استفاده از آن تاثیر بگذارد، رزین

1. Filler
2. Microcrystalline cellulose

میکرون عبور داده شد و پودر الک شده جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفت. میکروارگانسمها: دو کشت باکتریایی تجاری مورد استفاده شامل کشت ترکیبی ماست (Y-482F) حاوی *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* از نوع DVS و به صورت خشک شده انجمادی از شرکت ایتالیایی Sacco تهیه شد.

۲-۲- روشها

۲-۲-۱- تیمارهای مورد بررسی: ۱۰ تیمار ماست با ترکیبهای زیر ساخته شدند که به صورت جدول ۲ کدبندی شده اند: ماست شاهد ۱,۵٪ چربی، ماست غنی شده با رزین درخت بنه، ماست های غنی شده با اینولین، پودر سفیده تخم مرغ، ۷۰٪ WPC و کازئینات سدیم، به صورت تک و به صورت ترکیب دوتایی با رزین درخت بنه (تمامی پودرها در غلظت یکسان ۰,۵٪ وزنی حجمی اضافه شدند) و دارای ۳ زمان نگهداری ۱، ۷ و ۱۴ روز می باشند.

سقز هم به طور مستقیم به ماست اضافه شد و هم در ترکیب با تعدادی از بیوپلیمرها (اینولین، سفیده تخم مرغ، کازئینات سدیم و کنسانتره سرم پروتئین شیر) اضافه گردید.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد مورد استفاده

شیر مورد نیاز این پژوهش از شیر صنعتی پاستوریزه و هموژنیزه شده کم چرب با چربی ۱,۵٪ شرکت فراورده های لبنی لبن دشت تامین شد. رزین درخت بنه خالص (*Pistacia atlantica var. kurdica*) از عطاری های سنتی، پودر سفیده تخم مرغ از شرکت نارین، پودر WPC ۷۰ درصد پروتئین و کازئینات سدیم ۹۵٪ درصد پروتئین از شرکت هلندی DMV و پودر اینولین HP از شرکت Orafti کشور بلژیک خریداری شد. رزین درخت بنه مورد استفاده به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک کن Heratherm با دمای ۵۰ درجه خشک شد، توسط آسیاب کوچک الکتر پودر شد، سپس از الک آزمایشگاهی با مش ۳۲۵

Table 2 Codes of different yogurt mixes present in this study¹

N	Code	Treatments
1	CLY	Control low fat yogurt
2	RY	Yogurt fortified with 0.5 g/L of R
3	SCY	Yogurt fortified with 0.5 g/L of SC
4	SCRY	Yogurt fortified with binary mix of 0.5 g/L of R and 0.5 g/L SC
5	WPY	Yogurt fortified with 0.5 g/L of WPC
6	WPRY	Yogurt fortified with binary mix of 0.5 g/L of R and 0.5 g/L WPC
7	EGY	Yogurt fortified with 0.5 g/L of EG
8	EGRY	Yogurt fortified with binary mix of 0.5 g/L of R and 0.5 g/L WPC
9	INY	Yogurt fortified with 0.5 g/L of IN
10	INRY	Yogurt fortified with binary mix of 0.5 g/L of R and 0.5 g/L IN

¹ R=Sagez resin; SC=sodium caseinate; WPC = whey protein concentrate; EG = Egg white; IN = Inulin.

۲-۲-۳- آماده سازی شیر و تهیه ماست: شیر کم چرب پس از آزمون های کیفی اولیه مورد استفاده قرار گرفت. ترکیبات پودری مورد استفاده شامل اینولین، پودر سفیده تخم مرغ و ۷۰٪ WPC، کازئینات سدیم و رزین بنه (به صورت ترکیب مشخص تیمارها) توسط همزن مگنتیک در دور ۱۰۰۰ rpm به مدت ۳۰ دقیقه با شیر مخلوط گردیدند. نمونه ها قبل از پاستوریزاسیون در هموژنایزر اولتراتوراکس (مدل IKA، ساخت آلمان) با دور ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه هموژن شدند

۲-۲-۲- تهیه کشت آغازگر: به منظور آماده سازی بسته های کشت آغازگر برای استفاده در مقیاس آزمایشگاهی طبق دستورالعمل شرکت سازنده، ابتدا محتوی بسته داخل ۱۰۰۰ میلی لیتر شیر پاستوریزه اضافه شد و تا زمان حل شدن کامل گرانول ها در داخل شیر مخلوط به آرامی بهم زده شد. سپس از این مخلوط اولیه به ازاء هر یک لیتر شیر ۱۰ میلی لیتر برداشته و به شیر آماده سازی شده اضافه گردید. مقدار اخیر معادل ۲/۵٪ شیر اولیه است.

سیکل دوم نسبت به سطح زیر منحنی سیکل اول بار گذاری $(Area2/Area1)$ ، خاصیت ارتجاعی^۳ (فاصله ی طی شده در منحنی دوم تا پیک منحنی دوم نسبت فاصله طی شده تا پیک منحنی اول در منحنی اول $(L2/L1)$)، چسبندگی^۴ (سطح منفی منحنی^{۱۳}) و قوام^۵ (سطح مثبت منحنی سیکل اول) [۱۴] می باشند.

۲-۳-۲- اندازه گیری آب اندازی^۶ با روش سانتیفریوژ:
برای اندازه گیری آب اندازی ۲۵ گرم نمونه ماست در تیوب پلی پروپیلن با حجم ۵۰ میلی لیتر ریخته شد و با دور $3500 \times g$ به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد توسط دستگاه Sigma laborzentrifugen 3k-30 سانتیفریوژ شد. آب خارج شده توزین گردید و میزان آب اندازی به صورت وزن مایع جدا شده بیان شد [۱۴].

۲-۳-۳- اندازه گیری pH: از pH متر Metrohm مدل ۶۹۱ ساخت کشور سوئیس استفاده شد. دستگاه pH متر متناوبا توسط بافر های ۴ و ۷ کالیبره شد تا نتایج با کمترین خطا گزارش شود.

بررسی ریز ساختار ماست: عکس برداری توسط میکروسکوپ نوری مدل Olympus BX 41 ساخت ژاپن که مجهز به دوربین دیجیتال Olympus DP12، از لام های حاوی نمونه های تثبیت شده انجام شد (در بزرگنمایی $\times 450$).

۲-۳-۴- تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از بخش های مختلف تحقیق، جمع بندی ها و رسم چارت ها با استفاده از نرم افزارهای ۲۰۰۷ Microsoft Excell و Minitab نسخه ۱۶ در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آرایش فاکتوریل (۱۰ ترکیب و ۳ دوره ماندگاری) صورت پذیرفت. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD انجام و $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

وسپس شیر آماده سازی شده تحت حرارت ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. پس از اتمام فرایند حرارتی بطریهای حاوی شیر به سرعت تا دمای ۴۲ سانتیگراد باروش حمام آب یخ،خنک گردیده و سپس توسط استارترآماده سازی شده (به نسبت ۲/۵٪) تلقیح شدند. محتویات هر ظرف بعد از اختلاط کامل در ظروف ۱۰۰ گرمی تقسیم شده و به گرمخانه با دمای ۴۲ درجه سانتیگراد منتقل شدند. در زمان گرمخانه گذاری دمای گرمخانه مرتب کنترل شد. با رسیدن نمونه ها به $pH=4.6$ از گرمخانه خارج شده و به یخچال با دمای ۵ درجه سانتیگراد انتقال یافت.

۲-۳-۳- آزمونها

کلیه آزمونها درسه هفته (روز اول پس از تولید، روز هفتم و روز چهاردهم) انجام شد و نتایج به منظور تجزیه و تحلیل نهایی گزارش شدند.

۲-۳-۱- اندازه گیری ویژگیهای بافتی: به منظور سنجش ویژگی های بافتی از دستگاه بافت سنج Lloyd مدل RS 232 ساخت شرکت AMETEK آمریکا با load cell ۵ کیلوگرمی استفاده شد و فشرده سازی ۴۰ درصد در نظر گرفته شد. ترکیبی از روشهای Back extrusion و آنالیز پروفیل بافت برای تعیین پارامتر های بافتی بکار گرفته شد. نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب استوانه ای با قطر ۳۵ میلیمتر با سرعت ۱ میلیمتر برثانیه تا عمق ۳ سانتیمتر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد توسط دستگاه بافت سنج اشاره شده بر نمونه های ۱۰۰ گرمی داخل ظروف استوانه ای با قطر ۶ سانتیمتر اعمال گردید. از نتایج منحنی نیرو- زمان در دو سیکل بار گذاری مقادیر ویژگی های بافتی با استفاده از نرم افزار Nexygen به دست آمده شامل سفتی^۱ (برابر نیروی اعمال شده در پیک اولین سیکل فشرده سازی می باشد)، پیوستگی^۲ (برابر است با سطح زیر منحنی

3. Springiness
4. Adhesiveness
5. Consistency
6. Syneresis

1. Hardness
2. Cohesiveness

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ریز ساختار ماست با بکارگیری ترکیب

سقز/بیوپلیمر

ساختار ماست های حاوی ذرات رزین سقز در ترکیب با کازئینات سدیم (SCRY) و کنسانتره سرم پروتئینهای شیر (WPRY) در شکل ۱ (B و C)، نمونه های EGRY و INRY در شکل ۱ (A و D) و نمونه شاهد CLY در شکل ۱ (E) بترتیب نمایش داده شده اند. تفاوت های بارزی بین ساختار رزین براساس بیوپلیمر بکار رفته دیده می شود که این تفاوت ها بخوبی تفاوت مکانیسم دخیل در تشکیل ژل و قدرت برهمکنش رزین سقز با هر بیوپلیمر را منعکس می کند. ذرات رزین در هر ۴ مخلوط بیوپلیمری به خوبی در شیر مخلوط و پراکنده می شوند، اما در WPRY و SCRY با بکارگیری حرارت، ذرات ذوب شده، به هم چسپیده، فلوکوله^۱ می شوند و ذرات درشتی را تشکیل می دهند (شکل ۱ (B و C)). بویژه در SCRY از شبکه ژل خارج شده و فلوکوله شدن ذرات این پدیده تهی شدن^۲ را موجب می شود (شکل ۱ (B)). فلوکوله شدن ذرات در نمونه های EGRY و INRY مشاهده نشد.

در این نمونه ها حتی با حرارت دهی ذرات رزین ساختار کروی خود را حفظ کردند (شکل ۱ (A و D)). این پدیده نمایگر اینست که ذرات رزین بر خلاف در ترکیب با WPC و کازئینات سدیم، در ترکیب با بیوپلیمرهای سفیده تخم مرغ و اینولین بخوبی از فلوکوله شدن و بهم چسپیدن در طی حرارت دهی در فرآیند تهیه ماست حفظ شدند. همانطور که در شکل ۱ (A و D) مشاهده می شود بیوپلیمرهای اینولین و سفیده تخم مرغ جذب سطح ذرات رزین شده و بویژه سفیده تخم مرغ سطح ذرات رزین را پوشانده است که این به ویژگیهای ساختاری و احتمالا ایجاد پیوندهای جدید بین رزین و سفیده تخم مرغ می باشد. جذب اینولین به سطح غیر قطبی ذرات رزین اساسا بدلیل غلبه پیوندهای آب گریز به نیروی دافعه الکترواستاتیک می باشد در حالتیکه سطح ذره و بیوپلیمر دارای بارهای همنام می باشند [۹].

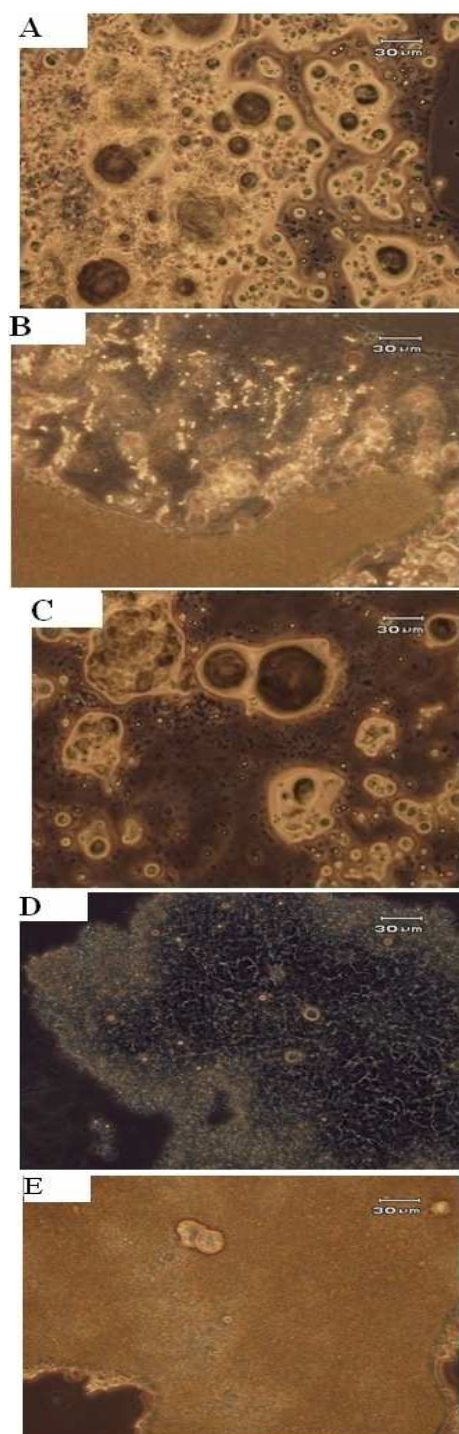


Fig1 Optical microscopic images of saqez resin-biopolymer composite incorporation in yogurt samples (EGRY (A), SCRY (B), WPRY (C), INRY (D) and (E) CLY). For yogurt codes see Table 2.

1. Flocculation
2. Depletion phenomena

۲-۳- آب اندازی

آب اندازی به میزان آب پنی^۱ خارج شده از ماست گفته می شود. اثرات برهمکنش رزین سقز × بیوپلیمر روی میزان آب اندازی در جدول ۳ نشان داده شده است. نمونه های ساخته شده با اینولین، کنسانتره پروتئینی آب پنی^۱ و سفیده تخم مرغ به تنهایی (بترتیب WPY، INY و EGY) به طور معنی داری ($P < 0.05$) مقادیر آب اندازی پایینتری نسبت به نمونه شاهد داشتند در صورتیکه نمونه SCY تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشت و می تواند به خاطر این حقیقت باشد که اینولین، WPC و سفیده تخم مرغ دارای ظرفیت نگهداری آب بهتری هستند. دیس^۲ [۲۰۱۱] گزارش کرد که اینولین دارای ظرفیت نگهداری آب بالایی است. مشابه نتایج این تحقیق، دیگر تحقیقات [۱۶ و ۱۷] همچنین گزارش کرده اند که ماست غنی شده با WPC آب اندازی کمتری نسبت به نمونه ی شاهد دارند که این نتیجه ی افزایش پیوند پروتئینهای دنا توره با آب می باشد، اما برخلاف نتایج حاصله در این تحقیق این مطالعات بیان کرده بودند که افزودن کازئینات سدیم موجب کاهش معنی داری در آب اندازی شده است.

نتایج اندازه گیری مقادیر آب اندازی تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) بین نمونه های حاوی رزین سقز با نمونه های بدون رزین نشان داد (جدول ۳). به طور کلی در نمونه های دارای رزین آب اندازی به طور معنی داری کاهش یافت (برای مثال در نمونه INY آب اندازی ۶٪ کاهش یافت ولی در نمونه ی INRY ۸٪ کاهش نشان داد) به استثناء نمونه های SCRY و WPRY که افزودن رزین سقز موجب افزایش آب اندازی شد که به دلیل عدم برهمکنش رزین با این دو بیوپلیمر و فلوکوله شدن رزین در شبکه حاصل از ترکیب با این بیوپلیمرها میباشد و رزین در ترکیب با این دو بیوپلیمر به صورت پرکن غیر فعال^۳ عمل نموده است. بررسی اثر کلی برهمکنش رزین سقز و زمان ماندگاری (جدول ۴) نشان داد که با افزایش زمان آب اندازی تغییر معنی داری از خود نشان نداد ($P > 0.1$) و افزودن رزین سقز (SR)^۴ مانع از افزایش معنی دار آب اندازی در زمان

ماندگاری گردید در صورتیکه در نمونه های بدون SR آب اندازی به طور معنی داری افزایش یافت. اطلاعات حاصله پیشنهاد می کند که رزین سقز می تواند اثر پرکنندگی گلبول چربی را در شبکه ژل ماست شبیه سازی کرده و مانع از جمع شدگی و انقباض شبکه ژل و تبدیل آن به یک شبکه فشرده شود و در نتیجه از خروج بیشتر آب پنی^۱ جلوگیری به عمل می آورد [۱۸].

نقش سقز در EGRY، RY، INRY و EGY در کاهش آب اندازی ممکن است بدلیل هر دو اثرات فیزیکی و شیمیایی آن باشد. آب آزاد با افزایش دانسیته شبکه با حضور سقز به صورت فیزیکی دام افتاده و محدود شده و طبیعت آب دوست حالت ترکیبی سقز-بیوپلیمر پیوند با مولکولهای آب را تسهیل کرده و ظرفیت پیوند با آب^۵ (WBC) را در ژل ماست افزایش می دهد [۱۹].

۳-۳- روند تغییرات pH

زمان گرمخانه گذاری لازم برای رسیدن به pH ۴٫۶ بین ۳ ساعت و ۵ دقیقه تا ۳ ساعت و ۳۵ دقیقه بود. مقادیر میانگین pH همه نمونه ها که در جدول ۳ ذکر شده است در محدوده ۴٫۰۸ تا ۴٫۱۵۲ می باشد. زمان گرمخانه گذاری برای نمونه های حاوی سقز تا حد اندکی طولانی تر بود. بعد از ۱۴ روز نگهداری در ۵°C میانگین کلی pH نمونه های دارای سقز ۴٫۰۷۹^۵ و نمونه های بدون سقز ۴٫۰۴۷^۶ بود که بطور معنی داری ($P < 0.05$) pH در نمونه های دارای سقز بالاتر بود. در میان نمونه های ماست ساخته شده با بیوپلیمرهای مختلف (جدول ۳) کاهش معنی داری ($P < 0.05$) در pH نمونه های حاوی WPC وجود دارد. ایلتن و کاراگل^۷ [۲۰] نیز بیان کردند که در ماست حاوی WPI کاهش معنی داری در pH آن نسبت به سایر نمونه ها در طی ۱۲ روز ماندگاری مشاهده شد، همچنین بیان داشتند که نمونه های حاوی کازئینات سدیم دارای مقادیر pH بالاتر نسبت به نمونه شاهد و نمونه های حاوی WPI^۷ می باشند، این یافته با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت که نمونه های حاوی کازئینات دارای بالاترین مقادیر pH بودند ($P < 0.05$) و این خاصیت بافری این ترکیب بر می گردد. کازئین بیان شده که ۳۶٪ از خاصیت بافری شیر را تامین می کند، در صورتیکه سرم پروتئینها تنها ۵٫۴٪ را تامین می کنند [۲۱].

5. Water binding capacity
6. Isleten and Karagul-Yuceer
7. Whey protein isolate

1. Whey
2. Deis
3. Inactive filler
4. Saqez resin

Table 3 Physicochemical characteristics of various yogurts (R× Biopolymer interaction effect)

pH	Syneresis	Cohesiveness (ratio, $\times 10^{-1}$)	Springiness (m, $\times 10^{-2}$)	Adhesiveness (Nm, $\times 10^{-4}$)	Consistency (Nm, $\times 10^{-2}$)	Hardness (N)	Sample code
4.120 ^b	14.71 ^b	4.376 ^c	14.02 ^c	35.43 ^c	4.163 ^f	3.547 ^f	CLY
4.152 ^a	14.34 ^c	4.661 ^{bc}	14.42 ^{bc}	33.80 ^c	3.841 ^g	3.381 ^f	RY
4.038 ^{ef}	14.75 ^b	4.761 ^b	15.23 ^a	21.15 ^c	3.308 ^h	2.989 ^g	SCY
4.093 ^{bc}	15.11 ^a	5.125 ^a	14.86 ^{ab}	23.06 ^c	2.749 ⁱ	2.461 ^h	SCRY
4.008 ^g	13.81 ^d	4.579 ^{bc}	14.02 ^c	24.87 ^c	5.573 ^{cd}	4.793 ^c	WPY
4.026 ^{efg}	14.35 ^c	4.527 ^{bc}	14.31 ^{bc}	33.80 ^c	4.619 ^e	3.915 ^e	WPRY
4.053 ^{de}	10.83 ^g	3.981 ^d	14.21 ^{bc}	68.75 ^{ab}	7.098 ^b	5.693 ^b	EGY
4.054 ^{de}	10.44 ^h	3.917 ^d	13.89 ^c	86.02 ^a	7.558 ^a	6.009 ^a	EGRY
4.016 ^{fg}	12.79 ^e	4.617 ^{bc}	14.01 ^c	46.72 ^{bc}	5.307 ^d	4.412 ^d	INY
4.070 ^{cd}	12.39 ^f	4.682 ^{bc}	14.35 ^{bc}	37.70 ^c	5.721 ^c	4.895 ^c	INRY

Means in a column followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$). For yogurt codes see Table 2.

سفتی، چسبندگی، خاصیت ارتجاعی و پیوستگی ماست نداشت ولی موجب افت معناداری ($P < 0.05$) در قوام شده است که احتمالاً بدلیل فلوکوله و توده ای شدن رزین موجب تخریب و تضعیف شبکه ژلی می باشد.

در نتیجه این نشان می دهد که شبکه پروتئینی ماست به تنهایی با رزین برهمکنش مثبتی نداشته و شبکه ماست به تنهایی نمی تواند از فلوکوله شدن آن جلوگیری به عمل آورد. در بکار گیری تک اینولین INY، (جدول ۳) سفتی بطور معناداری ($P < 0.05$) روند افزایشی داشت همانند مطالعات (برینان^۲ ۲۰۰۸) [۱۸] (گاگیس برگ^۳ ۲۰۰۹) [۲۳] (مارتین-دایانا^۴ ۱۹۹۹) [۲۴] و (الیویرا^۵ ۲۰۰۱) [۲۵] و سفتی نسبت به نمونه شاهد ۰.۸ نیوتن و ۲۴٪ افزایش داشت که در ترکیب با رزین INRY این مقدار به حدود ۱.۳ رسید و ۳۷٪، همچنین قوام با افزودن اینولین بطور معناداری ($P < 0.05$) روند افزایشی داشت همانند مطالعات (برینان ۲۰۰۸) [۱۸] (گوون^۶ ۲۰۰۵) [۲۶] و با افزایش ۲۷ درصدی از ۴.۱۶ به ۵.۳ Nm رسید، اما در ترکیب با رزین افزایش ۳۷ درصدی قوام مواجه شدیم (جدول ۳)،

تغییرات pH در طی دوره ماندگاری در یخچال در جدول ۴ نمایش داده شده است (اثر کلی برهمکنش افزودن رزین سقز × زمان ماندگاری). نتایج نشان داد مقادیر pH در نمونه های حاوی سقز در دوره ماندگاری ثابت و بدون تغییر معنی دار بوده و بالاتر از نمونه های فاقد رزین باقی مانده است ($P < 0.01$)، زیرا اثر ممانعتی محدود ترکیبات موجود در سقز بر فعالیت باکتریها، احتمالاً فعالیت باکتریها را محدود و از اسیدی شدن ثانویه^۱ جلوگیری کرده است. اسیدی شدن کمتر و ثبات pH در نمونه های حاوی سقز در مقایسه با شاهد این حقیقت را بیان می کند که افزودن رزین سقز می تواند موجب افزایش دوره ماندگاری ماست کم چرب شود زیرا مدت ماندگاری ماست اغلب بدلیل اسیدی شدن و ترش شدن بیش از حد ماست محدود می شود [۲۲].

۳-۴- ویژگیهای بافتی

اثر برهمکنش رزین سقز× بیوپلیمر بر ویژگیهای بافتی در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاصله نشان داد، استفاده ی تک از رزین بنه در تولید ماست در نمونه RY، تاثیر معنا داری ($P > 0.05$) بر

2. Brennan
3. Guggisberg
4. Martin-Diana
5. Oliveira
6. Guven

1. Post acidification

Table 4 Physicochemical characteristics of various yogurts (R×day interaction effect)

Ingredient type	With R yogurts			Without R yogurts		
Storage day (s)	1	7	14	1	7	14
Hardness (N)	4.064 ^c	4.234 ^{abc}	4.100 ^c	4.184 ^{bc}	4.391 ^a	4.285 ^{ab}
Consistency (Nm, ×10 ⁻²)	4.823 ^c	4.999 ^{bc}	4.871 ^{bc}	5.029 ^{ab}	5.205 ^a	5.034 ^{ab}
Adhesiveness (Nm, ×10 ⁻⁴)	40.42 ^a	38.18 ^a	44.49 ^a	43.40 ^a	40.70 ^a	34.04 ^a
Springiness (m, ×10 ⁻²)	14.43 ^a	14.24 ^a	14.43 ^a	14.46 ^a	14.28 ^a	14.13 ^a
Cohesiveness (ratio, ×10 ⁻¹)	4.653 ^a	4.573 ^{ab}	4.521 ^{ab}	4.547 ^{ab}	4.385 ^b	4.458 ^{ab}
Syneresis	13.25 ^b	13.44 ^{ab}	13.53 ^{ab}	12.84 ^c	13.65 ^a	13.63 ^{ab}
pH	4.088 ^a	4.078 ^{ab}	4.072 ^{ab}	4.058 ^{bc}	4.047 ^{cd}	4.036 ^d

Means in a row followed by different letters are significantly different ($P < 0.1$). R=Sagez resin.

در دو نمونه INY و INRY در مقایسه با یکدیگر و در مقایسه با نمونه شاهد (جدول ۳) هیچ تفاوت معنی داری ($P > 0.05$) در چسبندگی، پیوستگی و خاصیت ارتجاعی مشاهده نشد. البته ثابت ماندن پیوستگی و چسبندگی در ماستهای همزده پدیده ای مثبت ارزیابی می شود [۲۹].

در بکارگیری تک سفیده ی تخم مرغ EGY، سفتی بافت ۲،۱۴ نیوتن بطور معناداری ($P < 0.05$) افزایش یافت و در ترکیب با رزین ۲،۴۴ ($P < 0.05$) افزایش داشت (جدول ۳)، سفیده ی تخم مرغ سینرزیس را حدود ۱۵٪ کاهش داد ($P < 0.05$) و در ترکیب با رزین EGRY حدود ۱۷٪ ($P < 0.05$) کاهش داد و قوام را به صورت تک ۷۰ درصد و در ترکیب با رزین ۸۲ افزایش داد ($P < 0.05$).

این بهبود چشمگیر در خواص ماست با افزودن تک سفیده ی تخم مرغ احتمالاً به این بر می گردد که بیشتر از ۷۰٪ پروتئینهای سفیده ی تخم مرغ از جنس آلبومینها هستند که به مانند سرم پروتئینهای شیر کروی بوده، تشابه ترکیبی داشته و دمای دناتوراسیون نزدیک به دمای دناتوراسیون سرم پروتئینهای شیر (حدود ۸۰ درجه سانتی گراد) داشته و همزمان با آنها دناتوره شده و احتمالاً برهمکنش خوبی با سرم پروتئین ها و کاپاکازین داشته و در نتیجه موجب بهبود چشمگیر قدرت ژل ماست شده است و بر طبق نظر (جاست ۲۰۱۲) [۳۰] خواصی نزدیک به WPC دارد.

در EGRY ذرات رزین به صورت پرکن فعال عمل کردند و سفتی و قوام را افزایش دادند. زیرا حضور یک لایه از مولکولهای بیوپلیمر در سطح ذرات پرکن احتمالاً می تواند در جلوگیری از فولیکوله شدن بواسطه ی برهمکنش های دفع کننده ی اتمی ناشی از بخش های دنباله و حلقه ای پروتئینی جذب

افزایش سفتی و قوام بافت منجر به افزایش قدرت ژل ماست شده و قابلیت نوآرایی مجدد داخل شبکه افت کرده و در نتیجه کاهش فشرده سازی شبکه ی کازئینی موجب کاهش سینرزیس می شود [۱۸] در نتیجه وجود رزین با توسعه شبکه و جلوگیری از فشرده شدن، نقش توسعه شبکه و پرکنندگی چربی را در شبکه ژلی ماست به خوبی شبیه سازی کرده است. همچنین این خواص در طول دوره نگهداری دارای ثبات بودند که ثبات خواص بافتی در طول دوره ی نگهداری به جهت حفظ ویژگی های کیفی محصول حائز اهمیت می باشد زیرا ماست در انتهای تاریخ انقضا کیفیتی مشابه ماست تازه دارد [۲۷].

البته در طول دوره ی نگهداری سفتی بافت به طور جزئی افزایش یافت که به پدیده ی تحکیم ژل مربوط به نگهداری نمونه ها در دمای پایین بر می گردد [۲۵]. بررسی ها نشان داده افزودن ترکیبی اینولین با رزین موجب افزایش ظرفیت WBC شده و این افزایش ظرفیت WBC موجب افزایش الاستیسیته، سفتی بافت و کاهش سینرزیس می شود به دلایل: افزایش دانسیته ی شبکه، جلوگیری از خروج آب، افزایش پیوندها و در نتیجه کاهش سیالیت بافت با کاهش آب آزاد [۱۹].

در مطالعه ی (برینان ۲۰۰۸) [۱۸] بکارگیری اینولین در ماست همزده بدون چربی، باعث افزایش سفتی در حدود ۰،۳۵ نیوتن (۲۵٪) شده و قوام را نیز حدود ۱۵٪ افزایش داده است و در بررسی اثر اینولین به عنوان پریبیوتیک بر ماست [۲۸]، افزودن اینولین موجب افزایش ۱۳٪ در سفتی بافت ماست شد، که این به افزایش برهمکنش بین پلی ساکاریدها و پروتئین های شیر و افزایش تولید آگزوپلی ساکارید توسط باکتریها بر می گردد و نهایتاً موجب افزایش ویسکوزیته و سفتی بافت می شود.

شده بر روی ذرات مجاور که در فاصله ی بسیار کمی از یکدیگر قرار دارند، موثر باشد [۹].

همانطور که قبلا بیان شد سفیده ی تخم مرغ مخلوطی از پروتئین های کروی می باشد. عمده پروتئین های اصلی تشکیل عامل ژل در سفیده ی تخم مرغ از نوع آلبومین ها می باشند. ذرات SR یا رزین بنه^۱ اثر تقویت کنندگی روی ساختار ژلهای سفیده ی تخم مرغ نشان دادند. در مورد ژل سفیده ی تخم مرغ ذرات رزین موجب افزایش نیروی شکست و سفتی ژل شدند همانند آنچه ماوراکیس^۲ ۲۰۰۸ [۹] گزارش کرد، که این نشانگر آن است که ذرات رزین در آن به صورت پرکن فعال عمل کرده اند و ساختار ژل را تقویت کرده اند.

از آنجا که حرارت دادن سفیده ی تخم مرغ در دماهای بالاتر از دمای دنا توره شدن پروتئین موجب باز شدن شبکه ی پروتئینی و تشکیل ژل می شود، شبکه ی حاصل از سفیده ی تخم مرغ غیر شفاف و مات می باشد، این نماد بر همکنش بین پروتئین های دنا توره می باشد که در سفیده تخم مرغ پروتئین ها به صورت نا منظمی دنا توره شده اند و به حالتی نخ مانند دیده می شوند و تشکیل شبکه ی ژلی غیر هموزنی را می دهد که در برخی مناطق آن غلظت بالای پلیمر پروتئینی را شاهد هستیم و در برخی مناطق خالی از پلیمر می باشد، که ذرات رزین سقر در این مناطق بدون پلیمر تمایل به تجمع دارند که با تجمع خود در آن ساختار اولیه نخ مانند ژل سفیده ی تخم مرغ، ساختار ثانویه ای (شکل ۱ A) و را بوجود می آورند و با ایجاد این ساختار ثانویه موجب انتقال فشار از ساختار اولیه به سطوح دارای بر همکنش بین ذرات رزین و شبکه ی ژل می شود، این پدیده برای اینکه ذرات جاسازی شده در شبکه به عنوان ذرات پرکن فعال در ساختار ژل عمل کنند یک پیش نیاز می باشد. همچنین با توجه به پیوندهای دی سولفیدی موجود در ساختار پروتئینهای سفیده ی تخم مرغ باز شدن ساختار پروتئین بر روی سطح ذره ی پرکن تا حد محدودی انجام می شود، بر خلاف ژلاتین که بصورت کاملا باز و انعطاف پذیری روی ذره ی پرکن را می پوشاند [۸] و دیگر اینکه پروتئین های سفیده ی تخم مرغ از قبیل البومین ها، که دنا توره شده اند و تجمع آنها در اطراف ذره پرکن میزان جذب

پروتئین را بر واحد سطح ذره ی پرکن بطور چشمگیری نسبت به پروتئین های دارای ساختار مارپیچی مثل ژلاتین افزایش می دهد [۳۱].

نمونه های EGRY و EGY در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی داری در چسبندگی، خاصیت ارتجاعی و پیوستگی نداشتند ولی در مقایسه با نمونه شاهد در هردو افزایش معنی داری در چسبندگی مشاهده شد ($P < 0.05$)، این نشان دهنده تمایل این نمونه ها به اینکه به حات رشته ای و نخ مانند کشیده بشوند و چسبندگی بیشتری در دهان ایجاد بکنند و در بافت ماست هو نزده یا قالبی اثر منفی به حساب می آید [۲۹]. خاصیت ارتجاعی این نمونه ها در مقایسه با شاهد تغییر معنی داری نداشت ولی پیوستگی به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$).

نهایتا در مورد ژلهای کازئینات و WPC (نمونه های WPRY و SCRY) نتایج نشان داد (جدول ۳) ذرات رزین موجب تخریب شبکه ژلی شده و ذرات رزین بکارگرفته شده بطور معناداری ($P < 0.05$) با افت قدرت مکانیکی شبکه همبستگی مستقیمی دارد. بکارگیری تک WPC در ماست در نمونه WPY، موجب افزایش سفتی بافت (۳۵٪)، قوام (۳۳٪) ماست شد ($P < 0.05$)، اونا^۳ ۲۰۱۳ [۱۶] و کاستیلا^۴ ۲۰۰۴ [۱۳] نیز این نتیجه را تایید کرده اند. افزایش سفتی بافت با افزایش مقادیر WPC، به افزایش پروتئین های دنا توره شده ی حاصل از این پروتئین، افزایش پیوند پروتئین با آب [۲۴] و همچنین افزایش پیوندهای دی سولفیدی بین WPC با میسلهای کازئین نسبت داده می شود [۳۲]. اما نتایج حاصله از کازئینات (نمونه های SCY و SCRY) هم بکارگیری تک و هم با رزین کاهش قدرت ژل (کاهش سفتی و قوام) را به همراه داشت که این افت قدرت شبکه همراه با رزین سقر شدت بیشتری نشان داد ($P < 0.05$). علت افت خواص مکانیکی ژل ماست در نمونه های SCRY و WPRY با توجه به شکل ۱ (B و C) عدم بر همکنش مناسب این بیوپلیمرها با ذرات رزین و فلوکوله شدن، تجمع ذرات رزین، تشکیل ذرات بزرگ و تضعیف شبکه ژلی می باشد. بویژه در SCRY (شکل ۱ B) ذرات رزین به دلیل عدم برهمکنش با شبکه

³ Unal

⁴ Castilla

¹ Mastic resin

² Mavrakis

فیزیکوشیمیایی و بافتی شده است که این تفاوت ها وابسته به نوع بیوپلیمر بکار رفته می باشد. بر طبق نتایج حاصله در ترکیب با اینولین و سفیده تخم مرغ بطور فعال عمل نموده و تاثیر کاملاً معناداری ($P < 0.05$) در افزایش سفتی بافت، افزایش قوام ماست و کاهش سینریزس به همراه داشته است که نشانگر ایجاد برهمکنش با این دو ماده است و در حضور این دو ماده به صورت پرکن فعال^۳ در داخل شبکه ی ایجاد شده توسط این دو ماده عمل کرده است. در ترکیب با کازئینات سدیم و WPC، در هر دو مورد به طور معناداری باعث کاهش سفتی بافت، افزایش سینریزس و کاهش قوام ماست شده است که این اثر منفی بدلیل فلوکوله شدن ذرات و پدیده تخلیه می باشد. در نتیجه با توجه به نتایج، رزین پسته این قابلیت را دارد که در صورتیکه با بیوپلیمر سازگار با خود همراه شود، به عنوان یک بهبود دهنده ی بافتی در فرآورده های غذایی نیمه جامد نظیر ماست عمل کند همچنین می تواند موجب افزایش زمان ماندگاری ماست شود.

۵- منابع

- [1] Koh, L. W., Kasapis, S. (2011). Orientation of short microcrystalline cellulose fibers in a gelatin matrix. *Food Hydrocolloids*, 25, 1402-1405.
- [2] Bica, C. I. D., Borsali, R., Rochas, C., & Geissler, E. (2006). Dynamics of Cellulose whiskers trapped in agarose hydrogel. *Macromolecules*, 39, 3622-3627.
- [3] Richardson, R. K., Robinson, G., Ross-Murphy, S. B., & Todd, S. (1981). Mechanical Spectroscopy of Filled Gelatin Gels. *Polymer Bulletin*, 4, 541-546.
- [4] Langley K. R., Martin. A., Ogini S. L. (1994) The effect of filler volume Fraction on the fracture toughness of a model food composite. *Composites Science and Technology*, 50, 259-264.
- [5] El-Sakhawy, M., & Hassan, M. L. (2007). Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues. *Carbohydrate Polymers*, 67, 1-10.

³ Active filler

از شبکه تخلیه^۱ و موجب تضعیف بیشتر شبکه شدند طبق مطالعه دمین^۲ (۲۰۰۹) [۳۳] بکارگیری هردو بیوپلیمر کازئینات سدیم و WPC موجب افزایش سفتی بافت شده اند که به جلوگیری از فلوکوله شدن فاز پرکن در امولسیونها توسط این دو بیوپلیمر نسبت داده شده است.

در ویژگیهای چسبندگی، پیوستگی و خاصیت ارتجاعی نمونه های WPY و WPRY تفاوت معنی داری ($P > 0.05$) با یکدیگر و نمونه شاهد نداشتند (جدول ۳).

در بین خواص بافتی نمونه های SCY و SCRY در مقایسه با یکدیگر فقط پیوستگی تفاوت معنی دار نشان داد و SCRY افزایش معنی داری داشت ($P < 0.05$) و در مقایسه با نمونه شاهد، در هر دو پیوستگی و خاصیت ارتجاعی افزایش معنی دار نشان داد و چسبندگی ثابت ماند (جدول ۳). افزایش در میزان پیوستگی و خاصیت ارتجاعی در بافت این دو نمونه نشانگر این است که با افزایش میزان پروتئین در ترکیب ماست در این فرمولها، تعداد بیشتری از پیوندهای کازئین-کازئین که در اثر فشار اعمال شده شکسته بود، با برداشتن فشار احیا و مجدد تشکیل می شوند [۱۳].

در بررسی اثر برهمکنش رزین سقز* زمان ماندگاری بر ویژگیهای بافتی (جدول ۴) نتایج نشان داد خاصیت ارتجاعی، چسبندگی و پیوستگی در هردو نمونه های دارای رزین و بدون رزین بدون تغییر معنی دار باقی ماندند، اما سفتی قوام و آب اندازی در نمونه های بدون رزین به طور معنی داری تغییر کردند ولی در نمونه های دارای رزین این ۳ ویژگی ثابت و بدون تغییر معنی دار باقی ماندند، که این ثابت ویژگیهای بافتی در طی دوره ماندگاری مطلوب می باشد زیرا وقتی این ویژگیها ثابت بمانند، یک محصولی که چند هفته از عمر تولیدش گذشته کیفیتی به مانند ماست تازه تولید شده دارد [۲۷].

۴- نتیجه کلی

بکارگیری ذرات رزین درخت پسته ی بنه حتی در غلظت پایین در شبکه های ژلی ترکیبی باعث بروز خواص متفاوت

¹ Depletion phenomena

² Damin

- [15] Deis RC. (2001). Dietary fiber: a new beginning? Food Prod Des. (Dec.). Available from: <http://www.foodproductdesign.com/archive/2001/1201AP.html>. Accessed Jan 13, 2006.
- [16] Unal.G, Akalin.A.S .(2013). Influence of fortification with sodium–calcium caseinate and whey protein concentrate on microbiological, textural and sensory properties of set-type yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, Vol 66, No 2, 264-272
- [17] Supavititpatana.P, Wirjantoro.T.I and Raviyan.P. (2009). Effect of Sodium Caseinate and Whey Protein Isolate Fortification on the Physical Properties and Microstructure of Corn Milk Yogurt. *CMU. J. Nat. Sci*, Vol. 8(2), 247-263
- [18] Brennan.C.S, Tudorica.C.M. (2008). Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin, *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 824–833
- [19] Bahrami.M, Ahmadi.D, Alizadeh.M, Hosseini.F.(2013). Physicochemical and Sensorial Properties of Probiotic Yogurt as Affected by Additions of Different Types of Hydrocolloid. *Korean J. Food Sci. An*. Vol. 33, No. 3, 363-368.
- [20] Isleten M and Karagul-Yuceer Y (2008) Effects of functional dairy based proteins on nonfat yogurt quality. *Journal of Food Quality* 31 265– 280.
- [21] Srilaorkul S, Ozimek L, Wolfe F and Dziuba J .(1989). The effect of ultrafiltration on physicochemical properties of retentate. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 22 56–62.
- [22] Akalin. A. S, Gonç.G, Unal. G , Fenderya. S. (2007). Effects of fructooligosaccharide and whey protein concentrate on the viability of starter culture in reduced-fat probiotic yogurt during storage. *Journal of Food Science* 72, 222–227.
- [23] Guggisberg.D, Cuthbert-Steven. J, Piccinalli. P, tikofer. U. B and Eberhard. P (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin
- [6] Kasapis, S. (1999). The elastic moduli of the microcrystalline cellulose— Gelatin blends. *Food Hydrocolloids*, 13, 543-546.
- [7] Anton, M., Le Denmat, M., Beaumal, V., & Pilet, P. (2001). Filler effects of oil droplets on the rheology of heat-set emulsion gels prepared with egg yolk and egg yolk fractions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 21, 137–147.
- [8] Thoufeek A, N., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., Kale, D. D., & Palb, M. (1996). Studies on Chenopodium quinoa and Amaranthus paniculatas starch as biodegradable fillers in LDPE films. *Carbohydrate Polymers*, 31, 157–160.
- [9] Mavrakis .C, Kiosseoglou .V.(2008). The structural characteristics and mechanical properties of biopolymer/mastic gum micro-sized particles composites, *Food Hydrocolloids*, 22, 854-861.
- [10] Pourreza .M, Shaw. J.D & Zangeneh. H.(2008). Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagros forests, Iran, *Forest Ecology and Management*, 255 , 3667–3671.
- [11] Paraschos S, Magiatis P, Gousia P, Economou V, Sakkas H, Papadopoulou C and Skaltsounis A.L. (2011). Chemical investigation and antimicrobial properties of mastic water and its major constituents. *Food Chemistry* Volume 129, Issue 3, 1, Pages 907–911.
- [12] Daifas.D.P, Smith.J.P, Blanchfield.B, Sanders.G, Austin.J.W, Koukoutsis.J. (2004). Effects of mastic resin and its essential oil on the growth of proteolytic *Clostridium botulinum*. *International Journal of Food Microbiology*, 94 , 313– 322
- [13] Castilla.O.S, Calleros C. L, Mandujano.E.A,Carter. E.J. V.(2004). Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal* ,14, 151-159.
- [14] Srisuvor.N, Chinprahast.N, Prakitchaiwattana. C, Subhimaros.S .(2013). Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana purée. *LWT - Food Science and Technology* 51 30-36

- prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness, *Journal of Food Engineering*, 107 36–40.
- [29] Kailasapathy K. (2006). Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. *Food Science and Technology*, 39, 1221–1227.
- [30] Jost.R. (2012). Milk and Dairy Products, Nestle Product Technology Center, Konolfingen, Switzerland, DOI: 10.1002/14356007.a16_589.pub3.
- [31] Hagolle, N., Launay, B., & Relkin, P. (1998). Impact of structural changes and aggregation on adsorption kinetics of ovalbumin at the water/air interface. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 10, 191–198.
- [32] Herrero A M and Requena T (2006) The effect of supplementing goats milk with whey protein concentrate on textural properties of set-type yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology* 41, 87–92.
- [33] Damin M R, Alc^antara M R, Nunes A P and Oliveira M N (2009) Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT-Food Science and Technology* 42, 1744–1750.
- addition, *International Dairy Journal* 19, 107–115.
- [24] Martin-Diana A B, Janer C, Pel_aez C and Requena T (2004) Effect of milk fat replacement by polyunsaturated fatty acids on the microbiological, rheological and sensorial properties of fermented milks. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84 1599–1605.
- [25] Oliveira, M.N., Sodini, I., Remeuf, F. and Corrieu, G. (2001). Effect of milk supplementation and culture composition on acidification, textural properties and microbiological stability of fermented milks containing probiotic bacteria. *Int. Dairy J.* 11, 935–942.
- [26] Guven. M, Yasar. K, Karaca. O.B and Hayaloglu. A. A, (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture, *International Journal of Dairy Technology*, Vol 58, No 3, 180–184.
- [27] Pimentel.T.C, Garcia.S, Prudencio.S.H. (2012). Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, Vol 65, No 1, p104–110.
- [28] Oliveira, R.P.S., Perego, P., Oliveira, M.N., Converti, A, (2011). Effect of inulin as

The impact of biopolymer/saqez resin composites on physicochemical properties of low fat yogurt

Nickfar, F. ¹, Habibi, M. B. ^{2*}, Haddad Khodaparast, M. H. ², Razavi, S. M. A. ²

1. Ph.D student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

2. Full Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

(Received: 2014/09/30 Accepted: 2015/04/21)

In this study the effect of Biopolymer/Saqez resin (SR) particle composites which were prepared by incorporating micronized SR particles alone and in combination with egg white, inulin, WPC and sodium caseinate biopolymers in yogurt gel matrices was evaluated. Microscopic observations were conducted to determine the structural features of the SR composites. The findings were combined with data on textural properties, syneresis and pH values to discuss the physicochemical properties of the yogurt gels, which differed substantially depending on the type of biopolymer involved in gel network structure development. A mechanism is put forward to explain the role of SR particles as filler materials of biopolymer gel matrices that can improve physicochemical properties of yogurt and its stability during storage time if incorporated with adapted biopolymers and if applied alone doesn't have good interaction with yogurt network. Among all used biopolymers Inulin and Egg white biopolymers have best interactions with saqez resin and inhibited from flocculation of resin, in comparison with control samples (INY & EGY) they increased hardness and consistency at least 10 and 13 % respectively, decreased syneresis at least 2% and pH maintained constant in storage time.

Keywords: Saqez, Composite gel, Filler effects, Biopolymer, Yogurt

* Corresponding Author E-Mail Address: habibi@um.ac.ir