

## اثرات سطوح مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر و برخی پایدارکننده‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست منجمد

مریم عباسعلی پور<sup>۱\*</sup>، رضا اسماعیل زاده کناری<sup>۲</sup>، پیمان آریایی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

### چکیده

در این پژوهش، اثر کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) در غلظت‌های ۱۳، ۱۶ و ۱۹ درصد همراه با برخی از پایدارکننده‌ها شامل کربوکسی متیل سلولز، پکتین و کیتوزان بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی نظیر اسیدیته، pH، ویسکوزیته، حجم‌افزایی و مقاومت به ذوب و همچنین خواص حسی مانند طعم، بافت و پذیرش کلی در محصول ماست منجمد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی ( $P < 0.01$ ) معنی‌دار بود. با افزایش غلظت WPC، درصد اسیدیته و میزان ویسکوزیته نمونه‌های حاوی هر سه نوع پایدارکننده افزایش ولی میزان pH، حجم‌افزایی و درصد مقاومت به ذوب نمونه‌های ماست منجمد تولیدی کاهش یافت. نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با کربوکسی متیل سلولز مقدار ویسکوزیته بالاتری را نسبت به نمونه‌های حاوی پکتین و کیتوزان نشان داد ولی حداکثر درصد حجم‌افزایی و مقاومت به ذوب در نمونه‌های حاوی پکتین مشاهده گردید. در ارزیابی ویژگی‌های حسی، ماست منجمد حاوی ۱۳٪ WPC و پکتین، بالاترین امتیاز را دارا بود. با توجه به نتایج حاصل از ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی نمونه‌های ماست منجمد، ترکیب کنسانتره پروتئین آب پنیر با غلظت ۱۳ درصد و پایدارکننده پکتین به عنوان تیمار برتر انتخاب گردید.

کلید واژگان: پایدارکننده، کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC)، ماست منجمد، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی

\*مسئول مکاتبات: m.abbasalipour@yahoo.com

## ۱- مقدمه

ماست منجمد یک نوع دسر لبنی است که دارای ویژگی‌های بافت بستنی همراه با مزه اسیدی ماست می‌باشد [۱]. مصرف ماست منجمد به طور پیوسته در حال افزایش است، به گونه‌ای که در سراسر دنیا به عنوان یکی از دسرهای منجمد مورد استفاده قرار می‌گیرد، به همین دلیل تولید کنندگان این محصول همواره به دنبال بررسی و یافتن مواد افزودنی دارای ارزش غذایی بالا در تولید ماست منجمد می‌باشند تا مصرف کنندگان بیشتری را جذب نمایند [۲]. برآورد ۱۶ ساله مصرف محصولات لبنی در ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که حدود ۵/۳، ۹/۹ و ۱۴/۳ درصد از بزرگسالان این کشور به ترتیب از ماست، ماست منجمد و بستنی استفاده می‌کنند که در این بین تمایل افراد با تحصیلات عالی و درآمد بالا به ماست و ماست منجمد بیشتر از بستنی است [۳].

کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC<sup>۱</sup>) یکی از محصولات آب پنیر است که به دلیل ویژگی‌های عملیاتی و تغذیه‌ای مانند حلالیت بالا، ایجاد ویسکوزیته، قابلیت تشکیل ژل، امولسیون کنندگی، قابلیت زدن و تشکیل کف، بهبود ظاهر، طعم و بافت محصول و همچنین کاهش آب‌اندازی محصول از ارزش غذایی بالایی برخوردار می‌باشد. این ماده جامد با داشتن ویژگی‌های مناسب و طعم شیرین منجر به خوش طعم ماندن بستنی و عدم پوشش طعم‌های مطلوب سایر افزودنی‌ها مانند کاکائو، وانیل و میوه‌ها می‌گردد [۴]. غنی‌سازی ماست با WPC یک روش مناسب برای کاهش آب‌اندازی جهت ایجاد بافت نرم ژله‌ای ماست [۵] و همچنین کاهش سینریزس و افزایش استحکام ماست [۶] می‌باشد. پایدارکننده‌ها که گاهی اوقات با عنوان هیدروکلوئید نیز معرفی می‌شوند دارای عملکردهایی نظیر اتصال آب و افزایش میزان ویسکوزیته در ماست می‌باشند، همچنین بافت یکی از مهمترین ویژگی‌های تعیین‌کننده کیفیت ماست می‌باشد که بر ظاهر ماست، احساس دهانی و پذیرش کلی آن اثر می‌گذارد [۷]. هیدروکلوئیدها به طور وسیعی به عنوان عوامل تشکیل ژل و پایدارکننده در صنعت مواد غذایی به کار برده می‌شوند [۸]. از پایدارکننده‌ها جهت بهبود ویژگی‌های حسی ماست، افزایش

سودآوری در تولید آن [۹]، بهبود قوام ماست، کمک به جذب آب، افزایش ویسکوزیته، تقویت و بهبود بافت ماست و حفظ ویژگی‌های ظاهری ماست در طی حمل و نقل و نگهداری [۱۰] استفاده می‌گردد. از پایدارکننده‌های قابل استفاده در تولید ماست منجمد می‌توان به پلی‌ساکاریدهایی مانند کربوکسی متیل سلولز، پکتین و کیتوزان اشاره کرد.

کربوکسی متیل سلولز (CMC<sup>۲</sup>) که در واقع یک فرم مختصری از کربوکسی متیل سلولز سدیم است سبب افزایش پایداری پروتئین به خصوص نزدیک به نقطه ایزوالکتریک آن می‌گردد [۱۱]. کربوکسی متیل سلولز یک افزودنی سودمند در ایجاد ویسکوزیته مناسب محصولات لبنی مانند ماست و بستنی است ولی گزارشات حاکی از آن است که مصرف آن موجب افزایش آب‌اندازی در ماست [۱۲] و جداسازی سرم در بستنی [۱۳] می‌شود.

پکتین یک پلی‌ساکارید مهم با کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، داروسازی و تعدادی از صنایع دیگر می‌باشد که به دلیل قابلیت تشکیل ژل در حضور یون‌های کلسیم یا محلول در pH پایین از اهمیت بالایی در بخش مواد غذایی برخوردار است [۱۴]. از کنسانتره پروتئین آب پنیر و پایدارکننده‌هایی نظیر پکتین برای ایجاد بافت مناسب ماست تولیدی از طریق افزایش محتوای ماده جامد شیر استفاده می‌شود [۱۲]. مصرف پکتین موجب افزایش قوام ماست، بهبود احساس دهانی و همچنین جلوگیری از جداسازی سرم می‌گردد [۱۵].

افزودن کیتوزان به دسر لبنیات سبب تولید یک فرآورده غذایی کاربردی می‌گردد که در آن پلی‌ساکارید به صورت یک عامل تکنولوژیکی، ضد باکتری و قارچی عمل می‌کند. استفاده از کیتوزان به طور قابل توجهی برای کاهش هزینه‌های انرژی در فرآیندهای پروتئین شیر و مواد کربوهیدراتی خام مؤثر می‌باشد، بنابراین کاربرد آن در صنایع لبنی بسیار مفید و امیدوارکننده است، ولی به دلیل عدم انجام بررسی و تحقیقات کامل در مورد مکانیسم اثر آن با اجزای شیر، به ندرت به عنوان افزودنی مواد غذایی استفاده می‌شود [۱۶].

2. Carboxymethyl cellulose

1. Whey protein concentrate

ولی از طرفی منجر به کاهش ظرفیت نگهداری آب و افزایش آب‌اندازی (سینزیس) در مقایسه با شاهد گردید، در حالی که کاربرد ژلاتین موجب بهبود ساختار شبکه ژل، کاهش سینزیس، افزایش ظرفیت نگهداری آب همراه با ویسکوزیته و استحکام مناسب محصول تولیدی شد، بنابراین استفاده از ژلاتین برای تولید ماست مناسب‌تر از CMC می‌باشد [۱۲]. بررسی‌های به عمل توسط سایر محققان نشان داد که در بین سه نوع پایدارکننده کربوکسی متیل سلولز، پانیسول و مخلوط پایدارکننده/امولسیفایر، استفاده از کربوکسی متیل سلولز موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته ولی کاهش درصد اورران و امتیاز پایین بافت شد در نتیجه استفاده از این پایدارکننده برای تولید ماست منجمد، نامطلوب ارزیابی گردید [۲۳].

در این تحقیق از کنسانتره پروتئین آب پنیر به دلیل ارزش غذایی بالای آن به عنوان ماده خشک و جایگزین سایر مواد جامد افزودنی در فرآیند تولید ماست منجمد استفاده گردید، همچنین انواع مختلف پایدارکننده با توجه به ماهیت متفاوت آنها از منابع شیمیایی (کربوکسی متیل سلولز)، گیاهی (پکتین) و جانوری (کیتوزان) در نظر گرفته شدند. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات غلظت‌های مختلف WPC و برخی پایدارکننده‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست منجمد به منظور شناسایی مناسب‌ترین ترکیب انجام شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه پژوهش حاضر شامل شیر ۲/۵٪ چربی، خامه (۳۰٪ چربی)، شکر، کنسانتره پروتئین آب پنیر و برخی پایدارکننده‌ها شامل پکتین، کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان، وانیل، آغازگر ماست و آلفا مونوگلیسرید بودند. شیر و خامه از شرکت کاله آمل، شکر از نوع درجه ۱ و از شرکت کاترین، کنسانتره پروتئین آب پنیر از شرکت گلا آمل به صورت پودر آماده، پایدارکننده‌های پکتین، کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان از شرکت تجاری سیگما به صورت پودر، آغازگر ماست شامل باکتری‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس از شرکت هانسن دانمارک و آلفا مونوگلیسرید E471 به صورت

محققان با بررسی اثرات کنسانتره پروتئین آب پنیر بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی دوغ گزارش نمودند که با افزایش غلظت WPC از ۰/۵ تا ۳ درصد، pH محصول تولید شده کاهش ولی میزان ویسکوزیته آن به طور معنی‌داری افزایش یافت [۱۷]. بررسی‌های به عمل آمده توسط بربر و همکاران (Berber et al., 2015) نیز نشان داد که با مصرف کنسانتره پروتئین آب پنیر پرچرب، درجه سختی، میزان ویسکوزیته و ظرفیت نگهداری آب در مقایسه با کنسانتره پروتئین آب پنیر کم‌چرب و شاهد (عدم مصرف WPC) افزایش ولی از میزان pH کاسته گردید [۱۸]. برخی از محققان با بررسی غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵ و ۳ درصد پایدارکننده بر ماست منجمد گزارش دادند که ماست منجمد کم‌چرب حاوی ۰/۵ درصد پایدارکننده از نظر ویژگی‌های ارگانولپتیکی نظیر طعم و مزه، بافت، رنگ، ظاهر، پذیرش کلی و ویژگی‌های تغذیه‌ای مانند اسیدیته و pH برتر بود [۱۹]. معین‌فرد و همکاران (Moenfard et al., 2011) با بررسی اثرات سطوح مختلف ماده جامد بدون چربی (۸، ۱۳، ۱۶ و ۱۹ درصد) در تولید ماست منجمد گزارش دادند که سطح ۱۳ درصد ماده جامد به دلیل بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست منجمد به عنوان تیمار برتر معرفی گردید [۲۰]. گروهی دیگر از پژوهشگران بیان نمودند که از کمپلکس پروتئین آب پنیر و پکتین می‌توان به عنوان روشی جایگزین برای چربی در ماست کم‌چرب استفاده نمود [۲۱]. همچنین نتایج به دست آمده توسط ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2015) نشان داد که نمونه‌های حاوی ترکیب پکتین + WPC از درصد ماده جامد کل و پروتئین بیشتری نسبت به نمونه‌های ماست غنی شده با پکتین خالی برخوردار بودند [۱۵]. از طرفی آراچی و همکاران (Arachchi et al., 2014) با بررسی اثرات پایدارکننده‌های مختلف نظیر CMC، ژلاتین، صمغ گوار، صمغ زانتان و کاراگینان بر خصوصیات بافتی بستنی اظهار داشتند که کاربرد ترکیبی پایدارکننده‌های مورد استفاده منجر به بهبود کیفیت بستنی گردید که از نظر اقتصادی مناسب‌تر از نمونه‌های تجاری آن می‌باشد [۲۲]. آندیک و همکاران (Andic et al., 2013) نیز با بررسی دو نوع پایدارکننده کربوکسی متیل سلولز و ژلاتین بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، حسی و بافت ماست عنوان نمودند که افزودن CMC سبب ایجاد ویسکوزیته و استحکام بیشتر نسبت به شاهد

**۲-۴-۱- ویسکوزیته**

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد مدل DVII ساخت آمریکا استفاده شد که این دستگاه توسط اسپیندل شماره ۶ در میزان دور ۳۰ rpm تنظیم گردید.

**۲-۴-۲- حجم‌افزایی (اورران)**

حجم‌افزایی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۵۰ اندازه‌گیری شد.

**۲-۴-۳- مقاومت به ذوب**

برای اندازه‌گیری مقاومت به ذوب، مقدار ۳۰ گرم نمونه روی یک صافی سیمی که روی یک ارلن قرار داشت گذاشته شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. سپس وزن ماست منجمد ذوب شده به صورت درصدی از وزن اولیه به عنوان مقاومت به ذوب اندازه‌گیری گردید.

**۲-۵- آزمون حسی**

ارزیابی خواص حسی نمونه‌های ماست منجمد (طعم، بافت و پذیرش کلی) مطابق جدول استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۵ توسط ۵ نفر ارزیاب و بر اساس روش مقیاس پنج نقطه‌ای هدونیک انجام شد (۱= خیلی ضعیف، ۲= ضعیف، ۳= متوسط، ۴= خوب و ۵= خیلی خوب).

**۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری**

این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید و تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

**۳- نتایج و بحث****۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی****درصد اسیدیته و pH ماست منجمد**

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان داد که اثر متقابل نوع پایدارکننده‌های مورد استفاده و غلظت‌های

آماده از شرکت فودپار خریداری گردید. وانیل نیز از فروشگاه‌های سطح شهر آمل تهیه شد.

**۲-۲- تولید ماست منجمد**

ابتدا شیر پاستوریزه شده  $2/5\%$  چربی که دارای بریکس ۷ بود را در ظروف جداگانه به غلظت‌های WPC مورد نظر (۱۳، ۱۶ و ۱۹ درصد) رسانده و سپس در دمای  $15^{\circ}\text{C}$  به مدت ۵ دقیقه حرارت داده شد. برای کنترل بریکس‌های مورد نظر از رفاکتومتر رومیزی مدل DR-A1 ساخت آتاگو ژاپن استفاده گردید. به میزان  $70\%$  از شیر استاندارد شده برای تهیه ماست با دمای  $2^{\circ}\text{C} \pm 43$  سرد گردید و سپس استارتر هانسن آماده شده به میزان  $0/2\%$  به آن اضافه و تا رسیدن به نقطه ایزوالکتریکی ( $\text{pH}=4/6$ ) گرمخانه گذاری گردید. بعد از مدت زمان طی شده در گرمخانه، ظروف ماست از گرمخانه خارج و در یخچال با دمای  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد. مقدار  $30\%$  از شیر استاندارد شده باقیمانده در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  با خامه  $30\%$  مخلوط گردید. در تهیه مخلوط جامد بستنی از شکر  $14\%$ ، پایدارکننده‌های پکتین، کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان در غلظت  $0/3\%$  و آلفا مونوگلیسرید  $0/1\%$  استفاده گردید. در آخر به آن  $0/1\%$  وانیل نیز جهت بهبود عطر و طعم اضافه گردید. مخلوط بستنی مورد نظر در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۶ ثانیه پاستوریزه و بلافاصله با رساندن به دمای  $30-25^{\circ}\text{C}$  سرد شد. در این مرحله ماست به آرامی به مخلوط پاستوریزه و سرد شده اضافه گردید و دمای مخلوط توسط آب و یخ به زیر  $10^{\circ}\text{C}$  کاهش یافت. سپس برای طی کردن پروسه به مدت ۱۵-۱۴ ساعت در یخچال فیلور در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. پس از اتمام این مرحله، مخلوط ماست و بستنی در دستگاه بستنی ساز خانگی الگانت به مدت ۲۰-۱۸ دقیقه منجمد و سپس در ظروف پلاستیکی کد گذاری و در فریزر در دمای  $18^{\circ}\text{C}$  قرار داده شدند.

**۲-۳- آزمون‌های شیمیایی**

اسیدیته و pH: اندازه‌گیری اسیدیته و pH (pH متر Methrom مدل ۸۲۷ ساخت سوئیس) نمونه‌های ماست منجمد مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۵۰ انجام گرفت [۲۴].

**۲-۴- آزمون‌های فیزیکی**

همچنین تأثیرگذاری آن‌ها در محدوده pH معمولی محصول (۴-۶) در تولید محصولات لبنی مانند ماست از اهمیت بالایی برخوردار است [۲۶]. بیرقی طوسی و همکاران (Beiraghi-Toosi et al., 2007) عنوان نمودند که با کاربرد WPC، میزان pH نمونه‌های ماست به طور معنی‌داری کاهش یافت [۲۷]. کاهش pH با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر در سایر محصولات لبنی نظیر دوغ نیز گزارش شده است [۱۷]. نتایج به‌دست آمده توسط سایر محققان نیز نشان داد که با افزایش سطوح WPC از صفر به ۷۵ درصد، میزان pH کیک حدود ۳/۵۷ درصد کاهش یافت [۲۸]. از طرفی معین‌فرد و مظاهری تهرانی (Moeenfarid and Mazaheri Tehrani, 2010) با بررسی اثرات نوع و مقادیر برخی از پایدارکننده‌ها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماست منجمد بیان نمودند که نمونه‌های ماست منجمد مورد بررسی در آزمایش از نظر pH دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نبودند [۲۳].

مختلف WPC اثر معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) بر میزان اسیدیته و pH مخلوط داشتند (جدول ۱). بیشترین درصد اسیدیته در نمونه‌های حاوی ۱۹٪ WPC با پکتین و کمترین آن در نمونه‌های ماست منجمد تولیدی با ترکیب ۱۳٪ WPC همراه با کربوکسی متیل سلولز به‌دست آمد. نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۱۳٪ WPC دارای بیشترین مقدار pH بود. کمترین میزان pH در نمونه‌های مخلوط حاوی پکتین گیاهی در غلظت ۱۹٪ WPC حاصل گردید. این نتیجه نشان داد که افزایش غلظت WPC در تمام پایدارکننده‌های مورد استفاده به طور معنی‌داری موجب افزایش درصد اسیدیته و کاهش میزان pH ماست منجمد شد. مقادیر پایین pH به دلیل کاهش استحکام ژل منجر به تخریب بافت محصول ماست می‌گردد [۲۵]. در تمام غلظت‌های WPC مورد بررسی، نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با کربوکسی متیل سلولز و پکتین به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار pH بودند. عدم پوشش عطر و طعم طبیعی محصول توسط هیدروکلوئیدها و

**Table 1** The effect of different concentrations of WPC and type of stabilizers on acidity, pH, viscosity, overrun and melting resistance of frozen yogurt

Type of stabilizers	WPC concentration (%)	Acidity (%)	pH	Viscosity (cp)	Overrun (%)	Melting resistance (%)
P	W1	0.89 <sup>bc</sup>	4.78 <sup>cd</sup>	957.5 <sup>e</sup>	35.06 <sup>a</sup>	79.89 <sup>a</sup>
P	W2	0.92 <sup>b</sup>	4.69 <sup>d</sup>	1285 <sup>de</sup>	30.20 <sup>b</sup>	74.25 <sup>a</sup>
P	W3	1.06 <sup>a</sup>	4.58 <sup>e</sup>	1634 <sup>cd</sup>	25.73 <sup>c</sup>	60.44 <sup>bc</sup>
S	W1	0.71 <sup>d</sup>	5.09 <sup>a</sup>	2747 <sup>ab</sup>	31.62 <sup>b</sup>	64.40 <sup>b</sup>
S	W2	0.79 <sup>cd</sup>	4.94 <sup>b</sup>	2736 <sup>ab</sup>	25.94 <sup>c</sup>	61.02 <sup>bc</sup>
S	W3	0.89 <sup>bc</sup>	4.93 <sup>b</sup>	3094 <sup>a</sup>	19.33 <sup>d</sup>	58.12 <sup>bc</sup>
C	W1	0.85 <sup>bc</sup>	4.86 <sup>bc</sup>	1295 <sup>de</sup>	26.65 <sup>c</sup>	61.83 <sup>bc</sup>
C	W2	0.88 <sup>bc</sup>	4.81 <sup>c</sup>	1793 <sup>c</sup>	23.43 <sup>c</sup>	59.36 <sup>bc</sup>
C	W3	0.88 <sup>bc</sup>	4.76 <sup>cd</sup>	2370 <sup>b</sup>	15.37 <sup>e</sup>	55.53

Means with different superscript letters in the same column differ significantly ( $p < 0.05$ )

Type of stabilizers: P: pectin, S: carboxymethyl cellulose and C: chitosan

WPC concentration (%): W1: 13, W2: 16 and W3: 19

سایر محققان نیز مؤید این مطلب می‌باشد که با تغییر نوع پایدارکننده، اختلاف معنی‌داری در میزان ویسکوزیته ماست منجمد ایجاد گردید [۲۹]. نمونه‌های حاوی هر سه نوع پایدارکننده با غلظت ۱۹٪ WPC دارای بیشترین و با غلظت ۱۳٪ WPC دارای کمترین میزان ویسکوزیته بودند. با توجه به نتایج حاصله بیشترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی ۱۹٪ WPC و کربوکسی متیل سلولز و کمترین آن در نمونه‌های

### ۳-۲- ویژگی‌های فیزیکی

#### ۳-۲-۱- ویسکوزیته ماست منجمد

اثر متقابل پایدارکننده‌ها و غلظت‌های مختلف WPC بر میزان ویسکوزیته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که ویسکوزیته ایجاد شده به وسیله کربوکسی متیل سلولز به طور معنی‌داری بیشتر از پکتین و کیتوزان بود. نتایج

استفاده در این آزمون یکسان در نظر گرفته شده بودند در نتیجه افزایش ویسکوزیته را می‌توان به افزایش میزان ماده جامد در واحد حجم (افزایش غلظت WPC) نسبت داد. سایر محققان در نتایج خود بیان نمودند که ممکن است در اثر حرارت مرحله پاستوریزاسیون مخلوط، پروتئین‌های موجود در کنسانتره پروتئین دناتوره شده، ظرفیت اتصال با آب آن‌ها افزایش یافته و در نتیجه در نسبت‌های بالاتر جایگزینی WPC، ویسکوزیته مخلوط نیز افزایش یافته است [۳۱]. همچنین گاف و کینسلا (Guff and Kinsela, 1989) با بررسی تأثیر ترکیبات مختلف پروتئین آب پنیر نظیر WPI و WPC بر ثبات امولسیون بستنی نشان دادند که با افزایش غلظت پروتئین‌های آب پنیر در سطح گلبول‌های چربی به دلیل هموزنی‌اسیون و یا افزودن WPC به مخلوط، کشش بین سطحی فازهای چربی و سرم کاهش و فولیکول‌سازی چربی و ویسکوزیته مخلوط افزایش می‌یابد [۳۲]. گزارشات نیز حاکی از آن است که با افزایش سطوح WPC از ۱۰ به ۳۰ درصد، میزان ویسکوزیته نیز افزایش یافت [۳۳]. آذری و نصیرپور (Azary and Nasirpour, 2018) در نتایج خود بیان نمودند که بین کنسانتره پروتئین آب پنیر و ویسکوزیته یک رابطه مستقیمی وجود دارد به گونه‌ای که با افزایش غلظت WPC، ویسکوزیته دوغ تولیدی نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت [۱۷].

حاوی ۱۳٪ WPC همراه با پکتین مشاهده گردید. آندیک و همکاران (Andic et al., 2013) در نتایج خود عنوان نمودند که اگرچه کربوکسی متیل سلولز به عنوان افزاینده ویسکوزیته در ماست مناسب است ولی غلظت‌های بالای آن موجب آسیب به ساختار شبکه ماست و در نتیجه ویژگی‌های حسی آن می‌رساند، بنابراین استفاده از پایدارکننده ژلاتین را به دلیل بهبود خواص بافتی ماست و همچنین افزایش ظرفیت نگهداری آب به عنوان یک ماده غذایی مناسب در محصولات تخمیری شیر به خصوص ماست پیشنهاد کردند [۱۲]. گزارش شده که میزان ویسکوزیته ماست غنی شده با نشاسته اختلاف معنی‌داری با شاهد (ماست بدون پایدارکننده) نداشت ولی کاربرد پکتین و بتا-گلوکان سبب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته گردید، اگرچه با مصرف بتا-گلوکان بیشترین مقدار ویسکوزیته حاصل شد [۳۰]. با افزایش سطوح WPC از ۱۳ به ۱۹ درصد، شاهد افزایش میزان ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی هر سه نوع پایدارکننده بودیم، به گونه‌ای که این میزان افزایش با مصرف پکتین، کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان به ترتیب حدود ۴۱/۴، ۱۱/۲ و ۴۵/۳ درصد بود، اگرچه اختلاف بین غلظت‌های مختلف WPC با مصرف کربوکسی متیل سلولز معنی‌دار نبود. ویسکوزیته امولسیون‌های مختلف ارتباط مستقیمی با مقدار چربی موجود در آن‌ها دارد اما با توجه به اینکه میزان چربی، مدت زمان رسانیدن و غلظت تمامی پایدارکننده‌های مورد

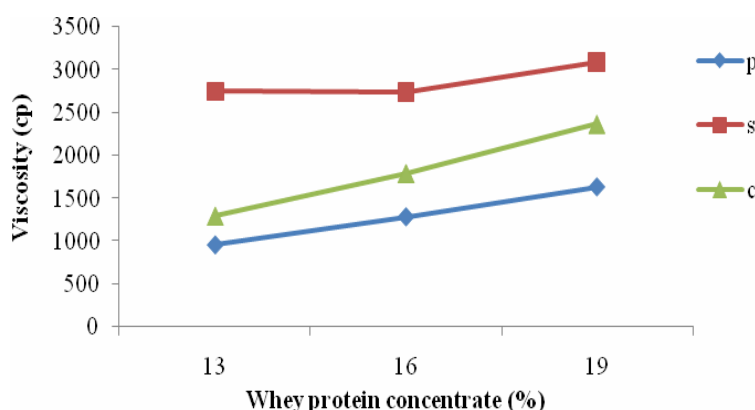


Fig 1 The effect of different concentrations of WPC and type of stabilizer on viscosity of frozen yogurt samples

اورران به دلیل اثرگذاری بر بافت و قیمت محصولات یکی از مهمترین ویژگی‌های کیفی دسرهای منجمد محسوب می‌شود [۱].

۳-۲-۲- حجم‌افزایی (اورران) ماست منجمد

متیل سلولز و کیتوزان بود. معین فرد و مظاهری تهرانی (Moeenfarid and Mazaheri Tehrani, 2010) در نتایج خود بیان نمودند که بین نوع پایدارکننده‌های مورد استفاده در آزمایش از نظر حجم افزایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت و در این بین، افزایش حجم نمونه‌های حاوی پانیسول ex به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های دارای مخلوط پایدارکننده/امولسیفایر و کربوکسی متیل سلولز بود [۲۳]. با توجه به افزایش میزان ویسکوزیته ناشی از افزایش غلظت WPC حاوی پایدارکننده‌ها، می‌توان کاهش حجم نمونه‌ها را به روابط بین ویسکوزیته و اورران نسبت داد، به گونه‌ای که به دلیل افزایش غلظت WPC بر میزان ویسکوزیته افزوده و در اثر ویسکوزیته بیش از حد در حین فرآیند هم‌زدن و انجماد، هوا به طور مطلوبی وارد بافت نشده و این مقادیر کم هوا سبب سنگینی بافت و در نتیجه کاهش حجم نمونه‌ها گردیده است [۳۴]. نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر با یافته‌های سایر پژوهشگران مبنی بر کاهش حجم افزایشی با افزایش ویسکوزیته حاصل از افزایش نسبت‌های جایگزینی پروتئین‌های آب پنیر کاملاً مطابقت دارد [۳۳].

در این تحقیق، حجم افزایشی یا اورران تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه شامل نوع پایدارکننده و غلظت‌های مختلف WPC قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۱). نتایج نشان داد که اورران ایجاد شده نمونه‌های ماست منجمد توسط سه نوع پایدارکننده در تمام سطوح WPC به جز دو سطح ۱۳ و ۱۶ درصد حاوی کیتوزان دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند. با افزایش سطوح WPC، حجم نمونه‌های حاوی هر سه نوع پایدارکننده به طور معنی‌داری کاهش یافت. گزارشات حاکی از آن است که استفاده از ماده جامد بدون چربی شیر با غلظت‌های بالا (۱۶ و ۱۹ درصد) به دلیل ویسکوزیته زیاد موجب کاهش حجم افزایشی نمونه‌های ماست تولیدی می‌گردد [۲۰]. نتایج حاصله توسط سایر محققان نشان داد که ماست غنی شده با شیر خشک + WPC (غلظت ۲ درصد) سبب ایجاد پیوندهای بیشتر، کمپلکس‌های پروتئینی بیشتر در ساختار پروتئین، ظرفیت نگهداری آب بالاتر و استحکام بیشتر ژل نسبت به ماست تولید شده با شیر خشک خالی و بدون حضور WPC گردید [۶]. در بین پایدارکننده‌های مورد آزمون، درصد اورران نمونه‌های حاوی پکتین به طور معنی‌داری بیشتر از افزایش حجم نمونه‌های حاوی کربوکسی

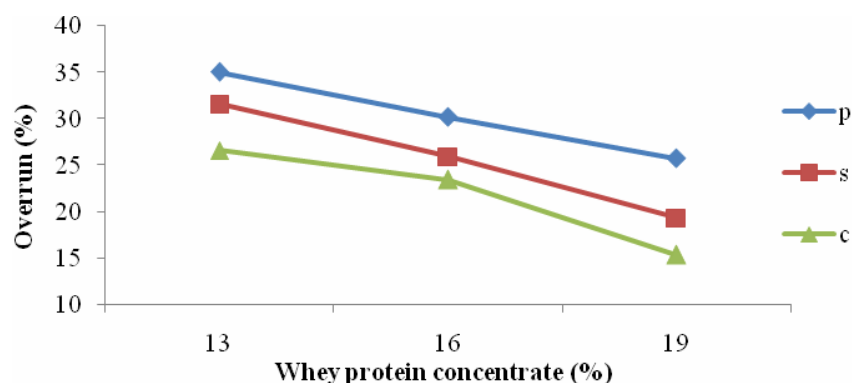


Fig 2 The effect of different concentrations of WPC and type of stabilizer on overrun of frozen yogurt samples

نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با پایدارکننده‌های آزمایش به طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین درصد مقاومت به ذوب در نمونه‌های حاوی غلظت ۱۳٪ WPC همراه با پکتین و کمترین آن در نمونه‌های حاوی غلظت ۱۹٪ WPC با کیتوزان مشاهده شد. بین سه نوع پایدارکننده مورد استفاده در این آزمون اختلاف معنی‌داری از نظر درصد مقاومت به ذوب وجود داشت، به

### ۳-۲-۳- درصد مقاومت به ذوب ماست منجمد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات نوع پایدارکننده و سطوح مختلف WPC بر درصد مقاومت به ذوب نمونه‌های ماست منجمد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر، مقاومت به ذوب

بنابراین کاهش مقاومت به ذوب نیز دور از انتظار نیست. سایر محققان در نتایج خود عنوان نمودند که با افزایش نسبت جایگزینی مواد جامد آب پنیر در مخلوط، زمان لازم برای ذوب کاهش می‌یابد [۳۵]. گای (Guy, 1980) نیز گزارش نمود که هر چند افزایش سطوح جایگزینی باعث کاهش مقاومت به ذوب نمونه‌ها گردید ولی این اختلاف معنی‌دار نبود [۳۶]. سایر محققان بیان نمودند که با افزایش درصد ماده جامد در ماست منجمد، درصد مقاومت به ذوب به طور معنی‌داری کاهش یافت [۲۰]، که با نتایج حاصل از این آزمایش کاملاً مطابقت دارد.

گونه‌ای که مقاومت به ذوب نمونه‌های حاوی پکتین بیشتر از نمونه‌های دارای کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان بود ولی در بین غلظت‌های WPC حاوی هر یک از پایدارکننده‌ها به جز بین سطح سوم WPC حاوی پکتین و دو سطح اول و دوم آن اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. گزارش شده که در بین پایدارکننده‌های مورد بررسی، نمونه‌های حاوی کربوکسی متیل سلولز دارای کمترین درصد مقاومت به ذوب بودند [۲۳]. در این مطالعه با افزایش سطوح WPC، میزان pH نمونه‌های ماست منجمد کاهش یافت و از آنجا که تغییر pH در برهم خوردن ثبات امولسیون و فاز کلونیدی بسیار حائز اهمیت می‌باشد

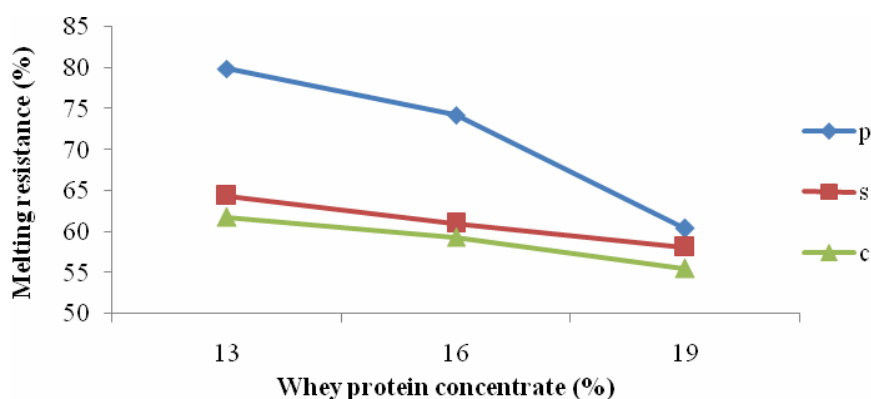


Fig 3 The effect of different concentrations of WPC and type of stabilizer on melting resistance of frozen yogurt samples

بالا در تحقیق حاضر کاملاً مشهود بود. این نتیجه با یافته‌های به دست آمده توسط معین‌فرد و همکاران (Moeinfard *et al.*, 2011) هم‌راستا می‌باشد [۲۰]. همچنین در بین پایدارکننده‌های مورد بررسی، بیشترین امتیاز طعم، بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها با مصرف پکتین گیاهی حاصل گردید و کمترین امتیاز با کاربرد نمونه‌های حاوی پایدارکننده کیتوزان به دست آمد. با استفاده از ترکیب کنسانتره پروتئین آب پنیر و پایدارکننده پکتین می‌توان بافت مناسبی در محصول ماست تولیدی ایجاد نمود [۱۲]. یک پایدارکننده خوب ویژگی‌هایی نظیر قابلیت حل آسان در مخلوط تولیدی، مقرون به صرفه بودن، عدم افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته و همچنین عدم پوشش عطر و طعم طبیعی ترکیب را دارا می‌باشد [۳۷]. پروتئین‌های آب پنیر دارای خصوصیات

### ۳-۳- ویژگی‌های حسی ماست منجمد

نتایج نشان داد که اثرات نوع پایدارکننده و سطوح مختلف WPC بر طعم، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های ماست منجمد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۴). با افزایش سطوح WPC، از امتیاز طعم، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی هر سه نوع پایدارکننده کاسته گردید، به گونه‌ای که بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی در نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با ۱۳٪ WPC و کمترین آن در نمونه‌های حاوی ۱۹٪ WPC مشاهده گردید. افزایش سطوح WPC و متعاقب آن افزایش ویسکوزیته و کاهش حجم‌افزایی موجب سنگینی بافت ایجاد شده و نهایتاً منجر به کاهش امتیاز بافت گردید که در نمونه‌های حاوی پایدارکننده کربوکسی متیل سلولز با ویسکوزیته



پروتئین آب پنیر در ماست سبب افزایش ظرفیت بافری محصول شده و بر ویژگی‌های عطر و طعم آن نیز تأثیر می‌گذارد [۳۸].

تغذیه‌ای مناسبی بوده و زمانی که به عنوان ماده خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند منجر به بهبود ویژگی‌های بافتی مواد غذایی می‌شوند [۱۸]. محققان گزارش نمودند که غلظت‌های بیشتر

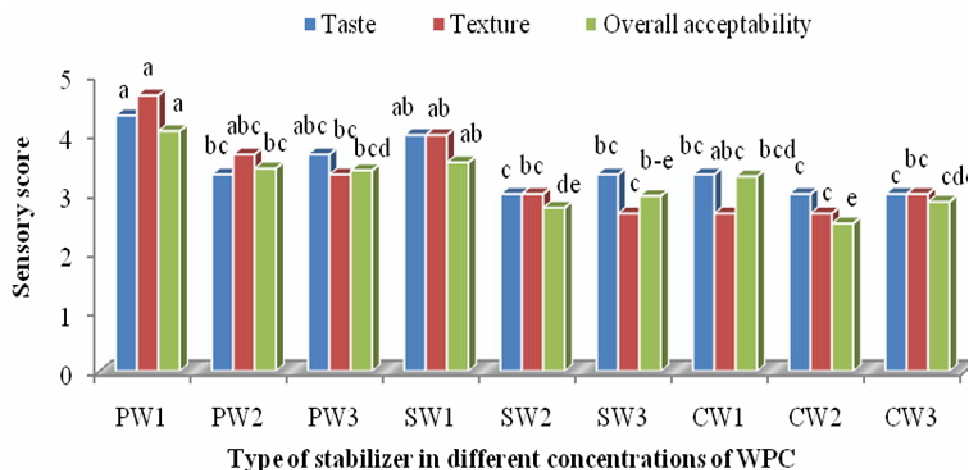


Fig 4 The effect of different concentrations of WPC and type of stabilizer on sensory properties of frozen yogurt samples

معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد بین میزان ویسکوزیته و حجم‌افزایی رابطه معکوسی برقرار باشد به گونه‌ای که در این مطالعه با افزایش ویسکوزیته، درصد حجم‌افزایی به طور معنی‌داری کاهش یافت، که احتمالاً به دلیل کاهش مطلوب ورود هوا به داخل بافت نمونه‌های ماست منجمد بوده است. در ارزیابی‌های حسی نیز نمونه‌های حاوی پکتین گیاهی + ۱۳٪ WPC، بالاترین امتیاز طعم، بافت و پذیرش کلی را به خود اختصاص دادند. بنابراین با توجه بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با پکتین + ۱۳٪ WPC در این پژوهش و همچنین ماهیت پایدارکننده پکتین به جهت گیاهی بودن و اثرات مفید آن بر سلامت انسان، این ترکیب به عنوان تیمار برتر در فرمولاسیون ماست منجمد پیشنهاد می‌شود.

#### ۵- منابع

[1] Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W. (2003). Ice Cream. 6<sup>th</sup> Edition, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, N.Y.

#### ۴- نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر متقابل غلظت‌های مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر و نوع پایدارکننده بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست منجمد معنی‌دار بود. افزایش غلظت‌های WPC از ۱۳ به ۱۹ درصد موجب افزایش درصد اسیدیته و ویسکوزیته و همچنین کاهش pH، درصد حجم‌افزایی و مقاومت به ذوب در نمونه‌های ماست منجمد حاوی تمام پایدارکننده‌های مورد بررسی در این آزمایش گردید. مصرف پکتین همراه با ۱۹٪ WPC منجر به افزایش معنی‌دار درصد اسیدیته نمونه‌های مخلوط و از طرفی کاربرد کربوکسی متیل سلولز + ۱۳٪ WPC سبب افزایش میزان pH نمونه‌های تولیدی در مقایسه با کاربرد سایر تیمارها شد. بیشترین میزان ویسکوزیته در نمونه‌های ماست منجمد غنی شده با کربوکسی متیل سلولز + ۱۹٪ WPC حاصل شد که با سایر سطوح WPC اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. حداکثر درصد حجم‌افزایی و مقاومت به ذوب در نمونه‌های حاوی پکتین گیاهی + ۱۳٪ WPC به دست آمد، اگرچه بین دو سطح اول WPC نمونه‌های غنی شده با پکتین از نظر درصد مقاومت به ذوب اختلاف

- Technology-New York-MARcel Dekker. 95-156.
- [12] Andic, S., Boran, G. and Tunçturk, Y. (2013). Effects of carboxyl methyl cellulose and edible cow gelatin on physico-chemical, textural and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15: 245-251.
- [13] Bahramparvar, M., Haddad Khodaparast, M.H. and Mohammad Amini, A. (2008). Effect of substitution of carboxymethyl cellulose and salep gums with *Lallemantia royleana* hydrocolloid on ice cream properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 4(1): 37-47.
- [14] Thakur, B.R., Singh, R.K. and Handa, A.K. (1997). Chemistry and uses of pectin-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(1): 47-73.
- [15] Zhang, T., McCarthy, J., Wang, G., Liu, Y. and Guo, M. (2015). Physicochemical properties, microstructure, and probiotic survivability of nonfat goats' milk yogurt using heat-treated whey protein concentrate as fat replacer. *Journal of Food Science*, 80(4): 788-794.
- [16] Evdokimov, I.A., Alieva, L.R., Varlamov, V.P., Kharitonov, V.D., Butkevich, T.V. and Kurchenko, V.P. (2015). Usage of chitosan in dairy products production. *Foods and Raw Materials*, 3(2): 29-39.
- [17] Azary, Z. and Nasirpour, A. (2018). Effect of whey protein concentrate, pH and salt on colloidal stability of acid dairy drink (Doogh). *International Journal of Dairy Technology*, 71(1): 198-207.
- [18] Berber, M., Gonzalez-Quijano, G.K. and Alvarez, V.B. (2015). Whey protein concentrate as a substitute for non-fat dry milk in yogurt. *Journal of Food Processing and Technology*, 6(12): 1-6.
- [19] Agarwal, S. and Prasad, R. (2013). Effect of stabilizer on sensory characteristics and microbial analysis of low-fat frozen yoghurt incorporated with carrot pulp. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(8): 797-806.
- [20] Moeenfarid, M., Purazarang, H. and Mazaheri Tehrani, M. (2011). Effects of milk solids-non-fat content on physical, chemical and sensory properties of frozen yogurt.
- [2] Allgeyer, L., Miller, M. and Lee, S. (2010). Sensory and microbiological quality of yogurt drinks with prebiotics and probiotics. *Journal of Dairy Science*, 93: 4471-4479.
- [3] An, R. and Jiang, N. (2017). Frozen yogurt and ice cream were less healthy than yogurt, and adding toppings reduced their nutrition value: Evidence from 1999–2014 National Health and Nutrition Examination Survey. *Nutrition Research*, 42: 64-70.
- [4] Abdi, S., Mir, N. and Dehghan, M. (2013). Improvement of physical and sensory properties of dairy products using functional valuability of whey proteins. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 7(5): 897-908.
- [5] Delikanli, B. and Ozcan, T. (2014). Effects of various whey proteins on the physicochemical and textural properties of set type nonfat yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 67(4): 495–503.
- [6] Sultan Mahomud, Md., Katsuno, N. and Nishizu, T. (2017). Formation of soluble protein complexes and yoghurt properties influenced by the addition of whey protein concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44:173-180.
- [7] Ibrahim, A.H. and Khalifa, SA. (2015). The effects of various stabilizers on physicochemical properties of camel's milk yoghurt. *Journal of American Science*, 11(1): 15-24.
- [8] Abbastabar, B., Azizi, M.H., Adnani, A. and Abbasi, S. (2014). Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. *Food Hydrocolloids*, 1-6.
- [9] Olorunnisomo, O.A., Ososanya, T.O. and Adedeji, A.Y. (2015). Influence of stabilizers on composition, sensory properties and microbial load of yoghurt made from zebu milk. *International Journal of Dairy Science*, 10(5): 243-248.
- [10] Mathias, T., Carvalho, J.R., Carvalho, C. and Sérvulo, E.F.C. (2012). Rheological characterization of coffee-flavored yogurt with different types of thickener. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 22(4): 521-529.
- [11] Walstra, P. (1996). Dispersed systems: basic considerations. *Food Science and*

- [29] Moeenfarid, M. and Mazaheri Tehrani, M. (2008). Effect of Some Stabilizers on the Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Type Frozen Yogurt. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(5): 584-589.
- [30] Rinaldi, L., Rioux, L.E., Britten, M. and Turgeon, S.L. (2014). In vitro bioaccessibility of peptides and amino acids from yogurt made with starch, pectin, or  $\beta$ -glucan. *International Dairy Journal*, xxx: 1-7.
- [31] Ruger, P.R., Baer, R.J. and Kasperson, K.M. (2002). Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 85(7): 1684-1692.
- [32] Guff, H.D. and Kinsela, J.E. (1989). Influence of various milk protein isolates on ice cream emulsion stability. *Journal of Dairy Science*, 72(2): 385-397.
- [33] Thompson, L.U., Reniers, D.J., Baker, L.M. and Sui, M. (1983). Succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings. *Journal of Dairy Science*, 66(8): 1630-1637.
- [34] Gohari Ardabili, A., Habibi Najafi, M.B. and Haddad Khodaparast, M.H. (2005). Effect of date syrup as a substitute for sugar on the physicochemical and sensory properties of soft ice cream. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 1(2): 23-32.
- [35] Khalafa, S.M. and Mahran, G.A. (1975). The use of whey solids in ice cream. *Journal of Dairy Science*, CI.3:43-50.
- [36] Guy, E.J. (1980). Partial replacement of nonfat milk solids and cane sugar in ice cream with lactose hydrolyzed sweet whey solids. *Journal of Food Science*, 45(1): 129-133.
- [37] Kilara, A. and Chandan, R.C. (2008). Ice cream and frozen desserts. In *Dairy Processing and Quality Assurance*, Chandan, R.C., Kilara, A. and Shah, N. Eds, Wiley-Blackwell: New Delhi, India, 364-365.
- [38] Kelly, M., Vardhanabhuti, B., Luck, P., Drake, M.A., Osborne, J. and Foegeding, E.A. (2010). Role of protein concentration and protein-saliva interactions in the astringency of whey proteins at low pH. *Journal of Dairy Science*, 93(5): 1900-1909.
- Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 6(4): 33-40.
- [21] Krzeminski, A., Prell, K.A., Busch-Stockfisch, M., Weiss, J. and Hinrichs, J. (2014). Whey protein-pectin complexes as new texturising elements in fat-reduced yoghurt systems. *International Dairy Journal*, 36: 118-127.
- [22] Arachchi, M.A.I.M.M., Brasathe, J. and Weerakoon, A. (2014). Effect of different stabilizers on melting property of vanilla ice cream. *Proceedings of the Faculty of Agriculture Undergraduate Research Symposium*, 23<sup>rd</sup> December 2014.
- [23] Moeenfarid, M. and Mazaheri Tehrani. (2010). Effects of some stabilizers on physicochemical and sensory properties of frozen yogurt. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 5 (2): 1-8.
- [24] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2007). Specifications and test methods for ice cream. 2<sup>nd</sup> revision, 2<sup>nd</sup> Edition, ISIRI No. 2450.
- [25] Vardhanabhuti, B., Kelly, M.A., Luck, P.J., Drake, M.A. and Foegeding, E.A. (2010). Roles of charge interactions on astringency of whey proteins at low pH. *Journal of Dairy Science*, 93(5): 1890-1899.
- [26] Abdelmoneim, A.H., Sherif, A.M. and Sameh, K.A. (2016). Rheological properties of yoghurt manufactured by using different types of hydrocolloids. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2): 1-6.
- [27] Beiraghi-Toosi, S., Shakeri, M. and Mortazavi, A. (2007). Effect of whey protein concentrate and casein hydrolysate supplementations on physicochemical and sensory properties of yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 3(4): 65-74.
- [28] Ayoubi, A., Habibi Najafi, M.B. and Karimi, M. (2011). Effect of different levels of whey protein concentrate on the physicochemical and sensory properties of muffin cake. *Journal of Food Science and Technology*, 8(29): 81-88.

## Effect of different levels of whey protein concentrate and some stabilizers on the physicochemical and sensory properties of frozen yogurt

Abbasalipour, M.<sup>1\*</sup>, Esmailzadeh Kenari, R.<sup>2</sup>, Ariaei, P.<sup>3</sup>

1. M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

(Received: 2018/05/27 Accepted: 2019/01/29)

In this research, the effect of whey protein concentrate (WPC) in the concentrations of 13, 16 and 19 percent with some of stabilizers including carboxymethyl cellulose (CMC), pectin and chitosan on the physicochemical properties such as acidity, pH, viscosity, overrun and melting resistance, as well as sensory properties such as taste, texture and overall acceptability in frozen yogurt were investigated. The results of statistical analysis showed that the effect of experimental treatments was significant ( $P < 0.01$ ) on all characteristics evaluated. By increasing the concentrations of WPC, increased the acidity and viscosity of the samples containing all three types of stabilizers, but decreased the pH, overrun and melting resistance percentage of frozen yogurt samples. The samples of frozen yogurt that enriched with carboxymethyl cellulose showed higher viscosity value than samples containing pectin and chitosan, but maximum percentage of overrun and melting resistance was observed in samples containing pectin. In evaluating the sensory characteristics, frozen yogurt containing 13% WPC and pectin had the highest score. According to the results of the physicochemical and sensory properties of frozen yogurt samples, the combination of whey protein concentrate with a concentration of 13% and pectin stabilizer was selected as the superior treatment.

**Key words:** Frozen yogurt, Physicochemical properties, Stabilizers, Whey protein concentrate

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: m.abbasalipour@yahoo.com