مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر برخی جایگزین‌های چربی بر ویژگی های بافتی، فیزیکی و حسی بستنی بدون چربی

پریسا پورثانی[۱]، سید محمد علی رضوی[۲*]، مصطفی مظاهری تهرانی[۲]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۷ /۱۰/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۸

کلمات کلیدی:

بستنی بدون چربی،

جایگزین چربی،

صمغ دانه بالنگوی شیرازی،

کنسانتره پروتئین آب پنیر.

DOI: 10.52547/fsct.18.112.97

* مسئول مکاتبات:

s.razavi@um.ac.ir

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثر صمغ دانه بالنگوی شیرازی (۰/۳، ۰/٤ و ۰/۵ درصد) و کنسانتره پروتئین آب پنیر در سطوح مختلف (۰، ۲/۵ و ۵ درصد) به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های بافتی، فیزیکی و حسی بستنی بدون چربی (۰/٤ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد پرچرب (۱۰درصد) می‌باشد. تمامی نمونه‌ها رفتار شل-شونده با برش را نشان دادند. با افزایش غلظت جایگزین‌های چربی انتخاب شده، سختی (از ۳۰/۹۳ به ۹۸/٤۰ گرم)، احساس خامه‌ای بودن (از ۲/٦ به ٤/٦) و پذیرش حسی (از ٤/۳ به ۵/۸) افزایش، و سرعت ذوب (از ۰/٦۱ به ۱/۱۰ گرم در دقیقه) و زبری (از ۲/٦ به ٦/۳) کاهش یافت.

۱- مقدمه

درسال‌های اخیر، تقاضا برای محصولات کم‌چرب و بدون‌چربی به دلیل آگاهی مصرف‌کننده‌ها نسبت به خطرات ناشی از مصرف زیاد چربی، افزایش یافته است. بستنی یکی از محصولات لبنی با چربی بالا (تقریبا ۱۰٪ چربی) است، بنابراین ضروری است مقدار چربی آن کاهش داده شود؛ از طرف دیگر کاهش مقدار چربی بستنی بر خصوصیات حسی و فیزیکی محصول تاثیر منفی می‌گذارد. مهم‌ترین نقش چربی در بستنی پایدار کردن حباب‌های هواست، همچنین بر خواص حسی بستنی، رهایش طعم، کاهش سرعت ذوب شدن تاثیر زیادی دارد [۱].

بالنگو گیاهی با نام علمی Lallemantia royleana و عضو خانواده نعناعیان است. دانه بالنگو مقوی قلب بوده و در طب سنتی ایران، از جوشانده و دم کرده دانه بالنگوی شیرازی[1] برای درمان آسم، سرفه خشک، دل پیچه و اسهال خونی استفاده می‌شود. صمغ دانه بالنگو به طور متوسط دارای ۷۵/۸۷ درصد کربوهیدرات، ۲/۷۱ درصد پروتئین و ۸/۵۱ درصد رطوبت است [۲]. شرایط بهینه استخراج آن توسط محمدامینی و همکاران بررسی شد و دمای ۸۵ °C، pH=۸/۵ و نسبت آب به دانه، ۵۷ به ۱ تعیین گردید [۳]. صمغ دانه بالنگو مشابه صمغ‌های تجاری می‌تواند به عنوان قوام‌دهنده، پایدارکننده و نگهدارنده آب به کار برده شود.

تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ دانه بالنگو شیرازی بر خصوصیات بستنی خامه‌ای سخت، بررسی شده است. نتایج نشان داد که استفاده از صمغ بالنگو و اثر سینرژیستی آن همراه با سایر صمغ‌ها باعث کاهش اوروران، افزایش ویسکوزیته و بهبود خصوصیات حسی بستنی گردید [٤و٥]. عمادزاده از صمغ دانه‌های ریحان و بالنگو و همچنین گزانتان به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کره پسته کم‌چرب استفاده کرد [٦]. ژل صمغ دانه بالنگو ظرفیت نگهدارندگی آب بالایی داشت و طی سیکل‌های متوالی انجماد هیچگونه سینرسیسی برای آن مشاهده نگردید [۷و۸]. این صمغ ظرفیت کف‌کنندگی و پایدارکنندگی مطلوبی را نشان داد که متاثر از غلظت و عملیات انجماد بود. این نتایج نشان‌دهنده خصوصیات عملکردی مطلوب برای BSSG بود که می‌تواند برای غذاهای منجمد و به منظور کاستن تاثیر مخرب شرایط انجماد و جلوگیری از رشد کریستال یخ مورد استفاده قرار گیرد.

برخی خصوصیات عملکردی کازئین و پروتئین‌های آب پنیر مانند جذب آب، ژلاتینه شدن و ویسکوزیته، فعالیت سطحی، مقاومت در برابر حرارت و ارزش تغذیه‌ای بالا، استفاده از آنها را به عنوان جایگزین چربی در بستنی مناسب می‌سازد [۹]. کاربرد ٤ درصد اینولین و یا ایزوله پروتئین آب پنیر به عنوان جایگزین چربی در بستنی با چربی کاهش یافته (٦درصد) و کم چرب (۳درصد) و مقایسه با نوع معمولی (۱۰درصد) نشان داد استفاده از ایزوله پروتئین آب پنیر، فوایدی را در زمینه ساختمان و بافت این نمونه‌ها به وجود آورد [۱۰]. نتایج به دست آمده از تحقیقی که توسط مصطفوی انجام شد، حاکی از آن است که کنسانتره پروتئین شیر، خصوصیات بستنی‌های کم چرب و نیم چرب را به نوع معمولی نزدیک می‌کند [۱۱]. هاکو و جی اثر پروتئین آب پنیر را به منظور جایگزین مواد جامد بدون چربی شیر به مقدار ۲۰، ٦۰، ۸۰ و ۹۰٪ (وزنی/وزنی بر پایه مواد جامد)، در بستنی بدون چربی استفاده کردند. نتایج نشان داد، افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر[2]، pH آمیخته را کاهش داد و همچنین استفاده آن در سطح ٦۰٪ مقاومت به ذوب و همچنین پیکره و بافت را بهبود بخشید[۱۲]. اسدی‌نژاد و همکاران تاثیر جایگزینی کنسانتره پروتئین آب پنیر (در سطوح جایگزینی ۰، ۲۵ و ۵۰ ٪) به جای مواد جامد بدون چربی شیر را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی مورد مطالعه قرار دادند و عنوان کردند با افزایش جایگزینی WPC ضریب افزایش حجم، مقاومت به ذوب، pH و امتیاز تمامی خصوصیات حسی (به استثناء امتیاز عطر) نسبت به

1. Balangu Shirazi seed gum (BSSG)

2 .Whey Protein Concentrate (WPC)

نمونه شاهد کاهش و ویسکوزیته و وزن مخصوص افزایش یافت [۱۳].

با توجه به محبوبیت خاص بستنی و آگاهی مصرف کننده‌ها از خطرات ناشی ازمصرف زیاد چربی، و از سوی دیگر لزوم انجام تحقیقات در زمینه بررسی عملکرد هیدروکلوئیدها، تحقیق در زمینه حذف چربی و یافتن جایگزین مناسب آن ضروری است. با وجود اینکه تحقیقات انجام شده بر ارزش تغذیه‌ای و عملکرد مناسب کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر (WPC) به عنوان جایگزین چربی و نقش صمغ دانه بالنگوی شیرازی (BSSG) در بهبود بافت مواد غذایی و بستنی کم‌چرب به نظر می‌رسد تاکنون در زمینه به کارگیری WPC و BSSG به طور همزمان در بستنی بدون چربی، پژوهشی انجام نگرفته است. لذا هدف این پژوهش بررسی تاثیر همزمان WPC و BSSG به عنوان جایگزین چربی بر پایه پروتئین و کربوهیدرات بر خصوصیات بافتی، فیزیکی و حسی بستنی بدون چربی در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰٪ چربی) بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش، پودر شیر خشک بدون چربی از شرکت صنایع غذایی گلشاد، کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC70) از شرکت مولتی تهیه شد. دانه بالنگو، امولسیفایر، شکر و وانیل از فروشگاه خریداری گردید. صمغ دانه بالنگوی شیرازی بر اساس روش محمدامینی و همکاران در شرایط بهینه استخراج شد [۱٤].

۲-۲- تهیه بستنی

مقدار ترکیبات موجود در نمونه معمولی (شاهد پرچرب) بر اساس بررسی منابع اولیه تعیین شد، به طوری که شامل ۱۰ درصد چربی، ۱۵ درصد شکر، ۱۱ درصد ماده جامد بدون چربی شیر، ۰/۳ درصد پایدارکننده، ۰/۱ درصد وانیل و ۰/۱۵ درصد امولسیفایر بود. سپس با توجه به تعاریف موجود برای بستنی بدون چربی شامل ۰/٤ درصد چربی، ۱۵ درصد شکر، ۳۲ درصد ماده جامد بدون چربی شیر، ۰/۵-۰/۳ درصد پایدارکننده، ۰/۱ درصد وانیل تهیه شد. در این رابطه، تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از: مقدار کنسانتره پودر آب پنیر (در سه سطح صفر ، ۲/۵ و ۵ درصد) و غلظت صمغ دانه بالنگو (در سه سطح ۰/۳، ۰/٤ و ۰/۵ درصد) جهت مقایسه با نمونه شاهد (۱۰ درصد چربی).

پس از توزین اجزاء لازم بر اساس درصد ترکیبات فرمول، ابتدا پودر شیر پس چرخ و کنسانتره پروتئین آب پنیر در آب مقطر حل شده و بعد محلول (۱٤٪ w/w) حاصل در دمای ۷۸ °C به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده می‌شود. حرارت دادن اولیه باعث دناتوره شدن پروتئین‌های آب پنیر و افزایش ویسکوزیته آمیخته بستنی شد. سپس توسط هموژنایزر (Ultra Turrax T25D IKA, Germany) با دور ۱۰۰۰۰ RPM به مدت ۱ دقیقه هموژن گردید. پس از آن، مخلوط مواد جامد شامل شکر، وانیل و BSSG به مایع حرارت دیده اضافه و پس از حل شدن به وسیله همزن (Sunny, Model SM-65, Germany) به مدت ۲ دقیقه، کاملاً مخلوط گردید. مخلوط حاصل در دمای 80 °C به مدت ۵ دقیقه پاستوریزه و توسط هموژنایزر به مدت ۲ دقیقه در دور ۲۰۰۰۰ RPM همگن شد. بلافاصله به کمک حمام آب، یخ و نمک تا دمای ۵ °C سرد گردید. پس از آن، مرحله رسیدن آمیخته بستنی به مدت ٤۸ ساعت در یخچال (دمای ۵ °C) انجام شد. آمیخته تهیه شده برای طی مرحله انجماد، به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه بستنی‌ساز غیر مداوم دلونگی (Model ICK5000, Delonghi, Italian) قرار گرفت. در پایان، نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته و کدگذاری شدند و حداقل به مدت ۲٤ ساعت در فریزر ۱۸- °C قرار گرفتند.

pH -۳-۲

pH آمیخته بستنی پس از مرحله رسیدن آمیخته بستنی‌ها توسط pH متر (pH meter 86505 AZ Instrument, model AZ86P3) اندازه‌گیری شد [۱۵].

۲-٤- ماده خشک

ماده خشک آمیخته بستنی پس از مرحله رسیدن، به روش وزنی و خشک کردن در آون ۱۰۰ °C به مدت ۳/۵ ساعت تعیین شد [۱٦].

۲-۵- دمای خروج از بستنی ساز

بلافاصله پس از تهیه بستنی در دستگاه بستنی‌ساز و قبل از قرار دادن نمونه‌ها در ظروف، دمای خروج بستنی با قرار دادن دماسنج دیجیتال در داخل مخزن دستگاه اندازه‌گیری شد [۱۷].

۲-٦- ضریب افزایش حجم (اوران)

ضریب افزایش حجم بستنی از طریق توزین حجم مشخصی از بستنی قبل و بعد از مرحله انجماد و محاسبه درصد اختلاف آن‌ها بر اساس رابطه زیر محاسبه شد [۱۸].

$$\text{ضریب افزایش حجم (\%)} = \left(\frac{\text{وزن بستنی} - \text{وزن مخلوط}}{\text{وزن بستنی}}\right) \times 100 \quad (۱)$$

۲-۷- سرعت ذوب

برای تعیین سرعت ذوب بستنی پس از یک روز سخت شدن، وزن مقدار ذوب شده از نمونه‌های ۵۰ گرمی قرار گرفته روی توری فلزی در دمای محیط هر ۲ دقیقه ثبت گردید. سپس با ترسیم نمودار وزن مقادیر به دست آمده در برابر زمان‌های مربوطه، شیب نمودار(g/min) به عنوان سرعت ذوب نمونه‌ها گزارش شد [۱۹].

۲-۸- آنالیز مکانیکی بافت

خصوصیات بافتی نمونه‌ها بلافاصله بعد از خروج از فریزر توسط دستگاه آنالیز بافت Texture Analyzer (CNS Farnell Com,UK) و آزمون نفوذ مورد ارزیابی قرار گرفت.

بدین منظور از پروب استوانه‌ای به قطر ٦ mm برای نفوذ به عمق ۱۵ mm نمونه‌ها با سرعت ۱ mm/s استفاده شد. بیشترین نیروی فشاری طی نفوذ (g) به عنوان سختی و سطح منفی منحنی نیرو-زمانی برگشت پروب به عنوان چسبندگی (g.s) در نظر گرفته شد [۱۰]. مدول ظاهری الاستیسته (g.s) به عنوان بخش خطی منحنی نیرو- زمان که شاخص جزء الاستیک ماده است و پیوستگی ، به صورت سطح ثبت زیر منحنی تا رسیدن به تغییر شکل هدف تعریف شدند [۲۰].

۲-۹- ارزیابی حسی

ابتدا دوازده نفر از داوران آموزش ندیده (شش زن و شش مرد، ۲۳-۳۰ ساله) برای آموزش ویژگی‌های حسی بستنی‌ها انتخاب شدند. سپس داوران آموزش ندیده طی پنج جلسه ۲ ساعته (تقریباً ده ساعت) اصطلاحات مشخصه را با تعاریف ارائه شده در جدول ۱ آموزش دیدند. سپس، از آزمون مثلث[3] برای انتخاب بهترین داوران استفاده شد و بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آزمون مثلث، هفت داور آموزش دیده در این مطالعه تأیید شدند. سپس نمونه‌های ۳۰ گرمی که یک روز مرحله سخت کردن را گذرانیده بودند با شماره‌های سه رقمی به صورت تصادفی کدگذاری شده و در اختیار داوران قرار گرفتند. ارزیابی صفات شدت عطر و طعم، سرمازایی، سفتی، زبری، احساس چربی، سرعت ذوب و پذیرش کلی در دمای اتاق انجام گرفت و از افراد خواسته شد جهت حذف اثر هر نمونه بر نمونه دیگر، بین ارزیابی هر دو نمونه دهان خود را با آب ولرم شستشو دهند. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، شش پارامتر حسی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل توصیفی کمی (QDA) ارزیابی شد. رتبه بندی صفات حسی با استفاده از مقیاس ۱۰ سانتی‌متری خط ("۰ = اصلاً دوست نداشتنی" و "۱۰ = خیلی دوست داشتنی") انجام شد [۲۱و۲۲و۲۳].

3. triangle test

Table 1 Definition of terms used for evaluation of sensory properties of ice cream

Attribute	Definition
Flavor	Evaluation of the intensity of a flavor similar to that of fresh dairy milk
Coldness	The coldness sensation as perceived on the mouth
Hardness	The force necessary to push the spoon into the ice cream at a 90-degree angle
Coarseness	A rough sensation in the mouth due to the presence of detectable ice crystals which disappears as the ice crystals melt
Creaminess	Smoothness and uniformity of spread over the palate and homogeneous fluid as the ice cream melts in the mouth
Meltdown	The rate at which the ice cream changes from a solid to a liquid while the sample is melting
Acceptance	A pleasant experience characterized after the swallowing of bolus

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایشات حداقل در سه تکرار و در قالب فاکتوریل به صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شده و آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. آنالیز واریانس انجام شد و میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد مقایسه شدند. منحنی‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل (Microsoft Office Excel 2010) ترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ماده خشک

با توجه به شکل ۱، مقدار ماده خشک بستنی بدون چربی بین ۳۲-۳۲/۷۵ درصد بدست آمد. نتایج نشان داد بین ماده خشک بستنی‌های بدون چربی و نمونه شاهد (پرچرب) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵). با توجه به استاندارد ایران بستنی پرچرب باید دارای حداقل ۳۲٪ ماده خشک باشد. کدی و همکاران نیز مقدار ماده خشک نمونه‌های بستنی حاوی ۰/٤- ۱۰/۰٤ درصد چربی را بین ۳۱/۳۱ تا ٤۱/۱٦ درصد گزارش کردند [۲۱]. در تحقیق فرجی و همکاران (۱۳۹۲)، مقدار ماده خشک نمونه‌های بستنی کم‌چرب حاوی کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا ۳٤ درصد گزارش شد و تاثیر این متغیرها بر ماده خشک از نظر آماری، معنی‌داری نبود [۲٤].

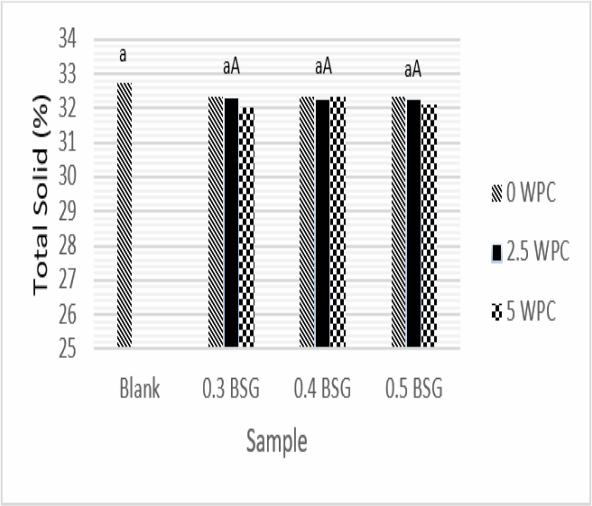

Fig 1 Total Solid of ice cream mixes as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. [a] Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). [A] Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

pH -۲-۳

همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شد، افزودن صمغ دانه بالنگو، پروتئین آب پنیر تأثیر معنی‌داری بر pH نمونه‌ها نداشت (P>۰/۰۵). علت بی‌تاثیر بودن اثر کنسانتره پروتئین آب پنیر بر بستنی را می‌توان به خاصیت بافری مواد لبنی مورد استفاده در تهیه بستنی مرتبط دانست. این مواد به علت داشتن ترکیباتی چون پروتئین‌ها، فسفات، دی اکسید کربن و مواد دیگری از این قبیل همانند یک بافر پیچیده عمل می‌کند [۲۵]. در فرمولاسیون‌های مختلف این تحقیق، مقدار pH حدود ٦/٦-٦/٤ بود و تفاوت

چندانی بین pH نمونه‌ها و نمونه شاهد (پرچرب) مشاهده نشد (P>۰/۰۵). عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین pH نمونه‌ها، در تحقیقات مشابه توسط آیکان و همکاران [۲۶] و کاراکا و همکاران [۲۷] به ثبت رسیده است. مارشال و آربوکل [۲۸] pH مطلوب بستنی دارای ۱۱ درصد ماده جامد بدون چربی شیر را در محدوده ۶/۴-۶/۲ گزارش کردند.

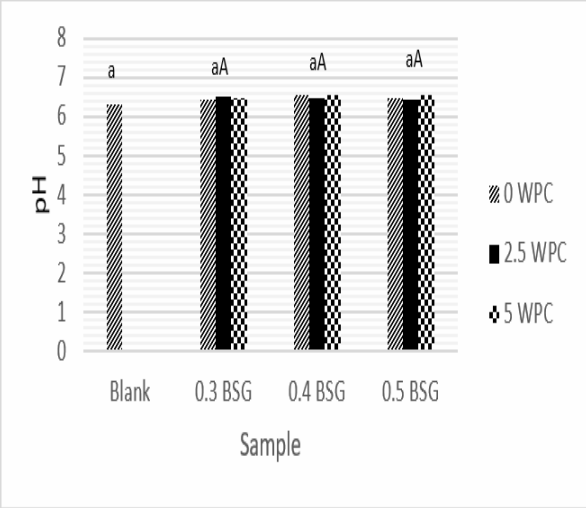

Fig 2 pH of ice cream mixes as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. [a] Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). [A] Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

۳-۳- خواص بافتی

۳-۳-۱- سختی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد به دنبال افزایش کنسانتره آب پنیر و صمغ بالنگو، سختی به طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل ۳). اثر متقابل BSSG و WPC بر هم در این ویژگی معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد افزایش حجم یخ به دنبال حضور مقدار آب بیشتر ناشی از حذف چربی در فرمولاسیون بستنی منجر به افزایش سختی نمونه‌های ۰/۳ درصد صمغ نسبت به نمونه‌های ۰/٤ درصد صمغ بالنگو شده است. احتمالا علت افزایش سختی در بستنی حاوی ۰/۳ درصد صمغ نسبت به بستنی حاوی ۰/٤ درصد صمغ، کریستال‌های بیشتر یخ بوده است. علت افزایش سختی در بستنی حاوی ۰/۵ درصد صمغ نسبت به نمونه حاوی ۰/٤ درصد صمغ وجود هیدروکلوئیدها و افزایش ویسکوزیته و کاهش آب آزاد بوده است. با توجه به این که با افزایش مقدار BSSG و WPC، مقدار آب جذب شده و به دنبال آن ویسکوزیته فاز مایع نیز افزایش می‌یابد، علاوه بر کاهش فضای مورد نیاز برای تشکیل یخ، قابلیت تحرک کریستال‌های یخ و اتصال به یکدیگر کاهش یافته و به نظر می‌رسد سختی کاهش می‌یابد، اما در این‌جا افزایش ویسکوزیته بر کاهش حجم یخ غلبه کرده و نیروی لازم برای نفوذ پروب به نمونه‌ها همچنان افزایش می‌یابد.

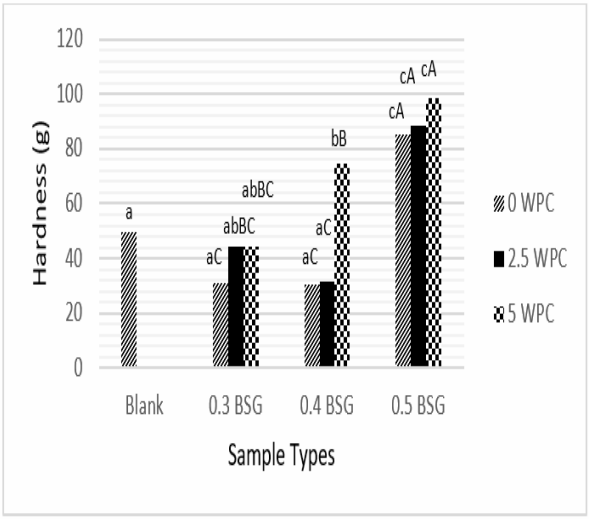

Fig 3 Hardness of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. [a-c] Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). [A-C] Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

۳-۳-۲- چسبندگی

چسبندگی به عنوان مقدار کار لازم برای غلبه بر نیروهای موجود بین سطح ماده غذایی و سطح در تماس با آن مانند پروب دستگاه و یا دندان و زبان تعریف می‌گردد [۲۹]. همانطوری که در شکل ٤، مشاهده می‌شود افزایش مقدار صمغ بالنگو و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر چسبندگی نمونه‌ها اثر معنی‌داری (P <۰/۰۵) دارد. در

بستنی‌های حاوی ۰/۳ و ۰/٤ درصد صمغ بالنگو، پایین‌ترین چسبندگی مشاهده می‌شود. احتمالا به دلیل شکل‌گیری ماتریکس هنگام استفاده از سطوح بالاتر صمغ بالنگو و پروتئین آب پنیر، روند افزایشی چسبندگی مشاهده شده است. روند مشابهی در سال ۲۰۱٦ توسط جاویدی و همکاران [۳۰] دیده شد، به طوری که با افزایش غلظت صمغ گوار و ریحان، چسبندگی نمونه‌های بستنی کم‌چرب افزایش یافت.

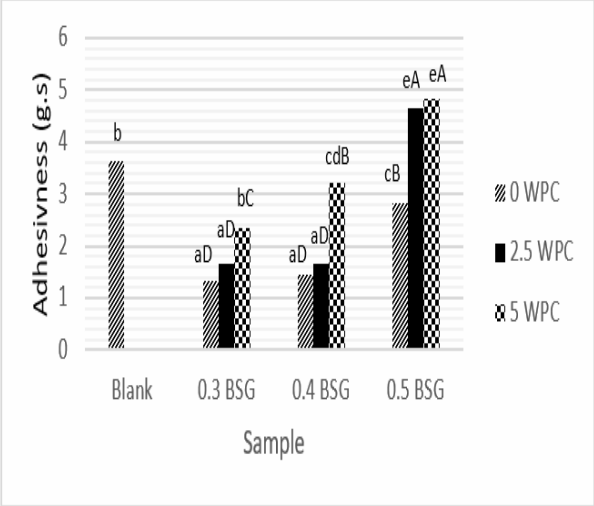

Fig 4 Adhesiveness (g.s) of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. [a-e] Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). [A-D] Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

۳-۳-۳- پیوستگی

پیوستگی انرژی لازم برای رسیدن به یک تغییر شکل مشخص بوده و بیانگر قدرت پیوندهای درونی ماده است. به عبارتی با نیروهای جاذبه بین ذرات در ارتباط است و در جهت جلوگیری از پاشیدگی ماده عمل می‌کند [۲۹]. نتایج حاصل از بررسی اثرات افزایش صمغ بالنگو و پروتئین آب پنیر به عنوان جایگزین چربی افزایش مقدار پیوستگی را نشان داد، بدین ترتیب که در سطوح ۰/۵ درصد صمغ بالنگو و ۵ کنسانتره پروتئین آب پنیر در نمونه‌های بدون چربی بالاترین پیوستگی نسبت به نمونه‌های دیگر مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین نتایج نشان داد، در بین نمونه WPC5- BSSG0.4 و همچنین نمونه‌های BSSG0.5 در همه سطوح WPC در ویژگی پیوستگی با نمونه شاهد (پرچرب) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P<۰/۰۵$). از آن جایی که صمغ‌ها توانایی بسیار زیادی در برقراری پیوند با مولکول‌های آب دارند، احتمالاً تأثیر شکل‌گیری چنین شبکه‌ای بر ایجاد ماتریکس پروتئین-چربی غلبه کرده باشد. در اینجا می‌توان گفت چربی به دلیل اشغال بخشی از فضا و نیز دارابودن طبیعت هیدروفوب در تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و صمغ اثر ممانعت‌کنندگی دارد، به طوری که با حذف چربی اتصالات مذکور افزایش می‌یابند. با کاربرد مقادیر بیشتر صمغ و پروتئین، بدیهی است امکان تشکیل این نوع پیوندهای درونی در فرمولاسیون بستنی افزایش می‌یابد و در نتیجه نیروی بیشتری برای گسیختگی بافت نمونه توسط پروب دستگاه مورد نیاز خواهد بود.

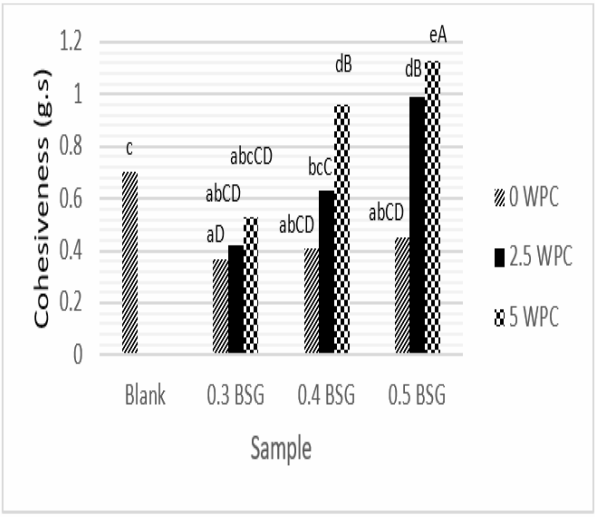

Fig 5 Cohesiveness (g.s) of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. [a-e] Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). [A-D] Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

۳-٤- مدول ظاهری الاستیسیته

نسبت تنش به کرنش در محدوده الاستیک را مدول یانگ یا الاستیسیته می‌گویند. از این ویژگی برای مقایسه سختی بافت‌ها

در کرنش‌های کوچک استفاده می‌شود، بدین صورت که هرچه شیب منحنی یعنی مقدار مدول یانگ بزرگتر باشد، بافت سخت‌تر خواهد بود [۳۱]. تأثیر افزایش درصد صمغ بالنگو و کنسانتره پروتئین آب پنیر به صورت روند افزایشی مدول ظاهری الاستیسیته مشاهده شد، اما با رسانیدن مقدار صمغ از ۰/۳ به ۰/٤ درصد، این اثر معنی‌دار نبود ($P>0/05$). نمونه‌های WPC5-BSSG0.4 و همچنین WPC0- BSSG0.5 از لحاظ مدول الاستیسیته مشابه نمونه شاهد (پرچرب) بودند. استفاده از مقادیر بیشتر صمغ به دلیل افزایش اتصالات هیدروژنی ناشی از حضور بیشتر مولکول‌های صمغ در فاز مایع، توانایی شبکه ایجاد شده برای برگشت به حالت اولیه پس از برداشتن فشار را افزایش می‌دهد. محلول‌های پلیمری کاملا ویسکوز نبوده و به دلیل ساختمان شبکه‌ای خود دارای مقداری الاستیسیته هستند. از آن جایی که صمغ‌ها و پروتئین‌ها به عنوان پلیمرهایی بلند زنجیر قادرند درگیری‌های موجود در این گونه شبکه‌های سه بعدی را افزایش دهند، بنابراین با افزایش مقدار آن‌ها، به میزان الاستیسیته نمونه‌ها نیز افزوده شده است.

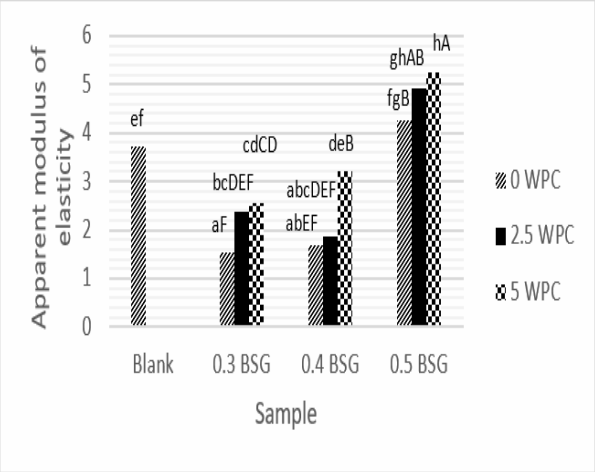

Fig 6 Apparent modulus of elasticity of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum. $^{a-h}$ Means of same superscripts do not differ significantly ($p > 0.05$). $^{A-F}$ Large superscript letters indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

از آن جایی که کریستال‌های چربی دارای ویژگی پلاستیسیته هستند، بنابراین با حذف چربی از پلاستیسیته سیستم کم شده و با افزایش فاز مایع و یخ ویژگی ویسکوالاستیک بیشتری در نمونه‌ها وجود خواهد داشت. مقدار مدول الاستیسیته با افزایش جزء حجمی یخ بستنی بیشتر می‌شود، میزان افزایش این خصوصیت یکنواخت نبوده و در بستنی با ٦۰ درصد یخ به شدت زیاد می‌گردد. در نقطه آستانه نفوذ یا تراوایی، حجم فاز یخ آنقدر زیاد است که کریستال‌ها به هم متصل می‌گردند، اما معمولا مقدار یخ بستنی کمتر از این حد می‌باشد [۳۲].

۳-۵- ویژگی‌های فیزیکی

۳-۵-۱- سرعت ذوب

آنچه از جدول ۲ استنباط می‌گردد، تأثیر افزودن درصد صمغ بالنگو و پروتئین آب پنیر به صورت روند کاهشی سرعت ذوب است. معنی‌دار بودن کاهش سرعت ذوب، در نمونه‌های بدون چربی مشاهده شد ($P<0/05$). در یک نگاه کلی، کاهش سرعت ذوب بستنی را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون آمیخته بستنی نسبت داد. بنابراین می‌توان گفت تمام مکانیسم‌هایی موثر بر افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون روی سرعت ذوب بستنی تاثیر گذارند [۳۳]. از آنجایی که سرعت انتقال حرارت (رسانایی) آب محصور شده کمتر از آب آزاد است، سرعت ذوب نمونه‌های بدون چربی، با افزایش مقدار صمغ بالنگو و کنسانتره پروتئین آب پنیر به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$). مطابق با نتایج آیکان و همکاران [۲٦] افزودن جایگزین چربی کربوهیدراته، میزان سرعت ذوب نمونه‌های مربوطه را کاهش داد و به مقدار این خصوصیت در نمونه شاهد (پرچرب) نزدیک کرد، در این باره می‌توان به ظرفیت بالای صمغ‌ها برای اتصال به آب موجود در فرمولاسیون اشاره کرد. بهرام پرور [۲۰] مشاهده کردند افزایش سهم صمغ دانه ریحان در مخلوط پایدارکننده باعث کاهش سرعت ذوب بستنی شد و علت این امر را به ویسکوزیته و قدرت نگهداری آب بالاتر آمیخته‌های تهیه شده از صمغ دانه ریحان نسبت دادند.

۳-۵-۲- ضریب افزایش حجم (اوران)

با توجه به جدول ۲، به طور کلی افزایش مقدار صمغ دانه بالنگو و کنسانتره پروتئین آب پنیر به دلیل افزایش ویسکوزیته نمونه‌های

بستنی، کاهش معنی‌دار ضریب افزایش حجم را در پی داشت (P<۰/۰۵). جاویدی و همکاران [۳٤] (۱۳۹٤) گزارش کردند که افزایش صمغ گوار و ریحان از ۰/۳۵ به ۰/۵۵ درصد، به ترتیب باعث کاهش معنی‌داری ۲۵/۷ درصد و ٤٤/۷ درصد در ضریب افزایش حجم شد. نتایج تحقیق مهدیان و همکاران [۳۵] کاهش معنی‌دار ضریب افزایش حجم بستنی دارای ۵ درصد چربی را با افزایش مقدار کنسانتره پروتئین شیر نشان داد (P<۰/۰۵)، بدین ترتیب که مقدار این ویژگی در نمونه‌های دارای ۲ و ٤ درصد کنسانتره پروتئین شیر، به ترتیب در حدود ۳۳ و ۱۳ درصد بود. مارشال و آربوکل [۲۸] بیان کردند چربی باعث کاهش سرعت هوادهی به آمیخته می‌گردد. لازم به ذکر است به علت این که در حین انجماد بستنی، گلبول‌های چربی روی سطح حفره‌های هوایی متراکم می‌گردند و همچنین وجود مقاومت به جریان، تا حدی برای حفظ حفره‌های هوایی ایجاد شده لازم است؛ حذف کامل آن نیز اثر کاهنده بر میزان افزایش حجم بستنی خواهد گذاشت. گوهری اردبیلی و همکاران [۳۳] در تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند که مقدار معینی ویسکوزیته برای افزایش حجم بستنی نسبت به حجم آمیخته مورد نیاز است. آکالین و همکاران [۱۰] تغییر ضریب افزایش حجم نمونه‌های کم‌چرب و نیم‌چرب حاوی ٤ درصد ایزوله پروتئین آب پنیر و نیز اینولین را نسبت به نمونه پرچرب بی‌معنی گزارش کردند، اما اشمیت و همکاران[۱۹] با بیان کاهش معنی‌دار ضریب افزایش حجم نمونه‌های حاوی جایگزین چربی کربوهیدراته (٤۵ درصد) نسبت به نمونه شاهد (۷۸/۳ درصد) و انواع دارای جایگزین چربی پروتئینی (۱۱۱/۵ درصد)، دلیل خود را ویسکوزیته بالای بستنی حاوی جایگزین چربی کربوهیدراته بیان کردند. در تحقیقات انجام شده توسط آکالین و همکاران [۱۰]، بهرام‌پرور و همکاران [۳٦] و بهرام‌پرور [۲۰]، مقادیر پایینی برای ضریب افزایش حجم به دست آمد. این افراد دلیل قرار گرفتن داده‌های مربوطه را به ترتیب در دامنه ۳۹/۲–۲۰/۷، ۲۸/٦–۱۸/۸ و ٦۵/۲۲–۲۵/٤۵ درصد، کارایی پایین بستنی‌ساز غیر مداوم آزمایشگاهی مطرح کردند.

۳-۵-۳- دمای خروج از بستنی ساز

دمای خروج از بستنی‌ساز نشان دهنده مقدار گرمای گرفته شده از آمیخته بستنی در حین انجماد آن است و به عوامل متعددی از جمله خصوصیات آمیخته بستنی بستگی دارد [۳۷]. دمای بستنی هنگام خروج از فریزر به نوعی نشان‌دهنده نقطه انجماد اولیه آن می‌باشد؛ به طوری که در نمونه‌های با نقطه انجماد پایین‌تر، دمای خروج از بستنی‌ساز نیز کمتر است. بررسی داده‌های مربوط به هریک از نمونه‌ها نشان داد با حذف چربی و در نتیجه افزایش آب، نقطه انجماد افزایش یافت. اختلاف مشاهده شده در مقادیر دمای خروج از بستنی‌ساز نمونه‌های بدون چربی، برای تمامی نمونه‌های حاوی جایگزین‌های چربی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵، جدول ۲). نقطه انجماد بستنی به مقدار و نوع مواد حل شده در آن وابسته است، افزودن ترکیباتی که به صورت محلول حقیقی‌اند از جمله لاکتوز، قندها و نمک‌ها نقش کاهنده بر نقطه انجماد آمیخته بستنی دارند، اما ترکیبات با وزن مولکولی بالا مانند پلی ساکاریدها تأثیر چندانی بر کاهش نقطه انجماد ندارند. چربی‌ها در آب نامحلولند اما بر غلظت و در نتیجه به طور غیرمستقیم بر نقطه انجماد تأثیر می‌گذارند [۲۸و۳۸و۲۲]. بدین ترتیب که با افزایش درصد چربی فرمولاسیون، مقدار آب کمتری برای انحلال مواد محلول وجود خواهد داشت و به دلیل افزایش غلظت فاز مایع، نقطه انجماد کاهش خواهد یافت. بنابراین تفاوت دمایی مشاهده شده در اثر جایگزینی چربی را می‌توان به دلایل ذکر شده نسبت داد. این دما برای نمونه‌های بستنی بدون چربی در این تحقیق بین ۳/۷۷- و ۵/۷۳- $^{\circ}C$ بود. دمای خروج بستنی تهیه شده با فریزر مداوم معمولاً بین ٤/٤- تا ۳/۳- $^{\circ}C$ می‌باشد [۲۸]. روند مشابهی در سال ۱۹۹۹ توسط بائر و همکاران [۳۷] گزارش شد، به طوری که دمای خروج نمونه‌های بدون چربی ۲/۹۸- تا ۲/۸۲- $^{\circ}C$ و انواع کم چرب بین ۵/۰٤- تا ٤/۳- $^{\circ}C$ مشاهده شد. بهرام‌پرور و همکاران [۲۰] با مطالعه بستنی‌های (۱۰ درصد چربی) متفاوت از نظر نوع، مقدار پایدارکننده و حضور امولسیفایر، مشاهده کردند مقدار این ویژگی در دامنه ٦/۲- تا ۳/۱۵- $^{\circ}C$ قرار گرفت. نتایج تحقیق فلورس و گف [۳۹] نیز حاکی از آن بود که استفاده از پایدارکننده ها در مقادیر نسبتاً کم (۰/۵–۰ درصد) اثر قابل ملاحظه‌ای بر نقطه انجماد و خصوصیات انجمادی ندارد. نتایج مصطفوی و همکاران [۱۱] نشان داد تاثیر افزایش مقدار کنسانتره پروتئین شیر بر دمای نمونه‌ها هنگام خروج از بستنی‌ساز بی‌معنی بود.

Table 2 Physical properties of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum

Draw temperature (°C)		Overrun		Melting rate (g/min)		Sample
Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
-4.20^{aA}	0.10	0.54^{bcd}	0.01	0.54^{a}	0.02	Blank
-4.11^{aA}	0.89	0.71^{eA}	0.02	1.10^{fA}	0.01	0.3BSSG-0.0WPC
-4.53^{aA}	0.52	0.66^{deAB}	0.04	0.94^{eAB}	0.02	0.3BSSG-2.5WPC
-4.36^{aA}	0.60	0.42^{bcC}	0.05	0.86^{deAB}	0.03	0.3BSSG-5WPC
-4.06^{aA}	0.85	0.55^{cdeABC}	0.01	0.78^{cdAB}	0.01	0.4BSSG-0.0WPC
-4.78^{aA}	0.21	0.50^{bcdBC}	0.04	0.71^{deAB}	0.01	0.4BSSG-2.5WPC
-4.53^{aA}	0.31	0.35^{abCD}	0.04	0.61^{abB}	0.02	0.4BSSG-5WPC
-5.73^{aA}	0.11	0.38^{bC}	0.04	0.71^{bcAB}	0.05	0.5BSSG-0.0WPC
-4.93^{aA}	0.49	0.37^{bC}	0.03	0.65^{abAB}	0.01	0.5BSSG-2.5WPC
-5.17^{aA}	0.63	0.33^{aD}	0.03	0.61^{abB}	0.01	0.5BSSG-5WPC

$^{a-f}$ Means in each column with the same letters do not differ significantly according to Tukey's multiple range test ($p > 0.05$). $^{A-D}$ Large superscript letters in each column indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters in each column show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample.

۳-٦- خصوصیات حسی

بدون تردید درک بافت و طعم بستنی، بزرگترین فاکتور تعیین‌کننده پذیرش توسط مصرف‌کننده می‌باشد [۲۲]. بیشتر مردم به دلیل صفات حسی موجود در بستنی، مانند: طعم شیرین، حالت صاف، خامه‌ای و بافت ویسکوالاستیک و یک احساس سردی مطلوب لذت می‌برند [۱]. در این پژوهش، برای سنجش صفات حسی از روش عینی (توصیفی) استفاده شده است.

۳-٦-۱- شدت عطر و طعم

با توجه به آن که بخش عمده‌ای از طعم شیر مربوط به چربی و ترکیبات محلول در آن است و از طرفی با حذف چربی مقدار آب فرمولاسیون افزایش می‌یابد، کاهش طعم شیری درک شده قابل انتظار می‌باشد. به طوری که نمونه‌های دارای غلظت پایین از هر دو متغیر صمغ بالنگو و پروتئین آب پنیر از لحاظ شدت عطر و طعم، امتیاز پایین‌تری دریافت کردند. با افزایش غلظت هر دو متغیر، شدت عطر و طعم از نظر داوران چشایی بهبود یافت و به نمونه شاهد (پرچرب) نزدیک‌تر شد (جدول ۳). در تحقیقی مشابه امتیاز عطر و طعم خامه و شیر تازه در نمونه‌های حاوی چربی شیر به طور معنی‌داری بالاتر از سایرین قرار گرفت [٤٠]. سوکولیس و همکاران [٤١] افزایش طعم شیر را با افزایش مقدار چربی مشاهده و دلیل خود را توانایی چربی شیر جهت اتصال با ترکیبات معطر قطبی موجود در شیرهای تخمیری مانند دی استیل، استون و استالدئید عنوان کردند. هنسون و هینیس [٤٢] بیان کردند که پروتئین‌های آب پنیر، پروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالا می‌باشند که قادرند با ترکیبات شیمیایی مختلف نظیر آلدئیدهای آلیفاتیک و متیل کتون‌ها واکنش دهند. وانیل نیز یک ماده طعم‌دهنده و آلدئید آلیفاتیک است. در حضور WPC در آمیخته بستنی، پروتئین‌های آب پنیر موجود در آن با طعم‌دهنده وانیل واکنش داده و دریافت طعم وانیل توسط سیستم چشایی را کاهش می‌دهند.

۳-٦-۲- سرمازایی

در جدول ۳، بالاترین میزان سردی در نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ بالنگو و صفر درصد WPC مشاهده می‌شود ($P<۰/۰۵$). در سایر سطوح صمغ و پروتئین آب پنیر، با افزایش غلظت جایگزین‌های چربی نیز سرمازایی بستنی‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافته ($P<۰/۰۵$) و مشابه میزان سردی نمونه شاهد (پرچرب) شد (جدول ۳). بهرام‌پرور و همکاران [٤٣] با بررسی جایگزینی سطوح مختلف صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ بالنگو شیرازی، بیان کردند نمونه‌های دارای ویسکوزیته بیشتر شدت سردی کمتری داشتند و این مشاهده را به افزایش آب پیوندی در فرمولاسیون‌های مذکور و در نتیجه کاهش اندازه کریستال‌های یخ نسبت دادند. مصطفوی و همکاران [۱۱] عنوان کردند با افزایش سطوح کنسانتره پروتئین شیر در فرمولاسیون بستنی‌های کم‌چرب و نیم‌چرب روند کاهشی معنی‌داری بر شدت سردی داشت. البته آنها بیان کردند افزودن بیش از ۲٪ کنسانتره پروتئین شیر تاثیر معنی‌داری در این

خصوصیت حسی ایجاد نکرد. علت این امر به خصوصیات عملکردی ذرات کنسانتره پروتئین شیر مربوط می‌شود. این ذرات در آمیخته بستنی علاوه بر اینکه فضای مورد نیاز برای تشکیل یخ را اشغال می‌کند، با جذب آب از انجماد بخشی از آب جلوگیری و رشد کریستال های یخ را محدود می‌کند [٤٤]. رولاند و همکاران [٤٥] کاهش شدت سردی نمونه های بستنی وانیلی بدون چربی را در اثر افزودن ٤/٦ درصد کنسانتره پروتئین شیر به آنها گزارش کردند. این محققان همچنین عنوان کردند با وجود اینکه این جایگزین چربی قادر به کاهش معنی‌دار شدت سردی در بستنی بدون چربی بوده اما شدت سردی محصول همچنان اختلاف معنی‌داری با بستنی معمولی داشت.

۳-٦-۳- سفتی

همان‌طور که از مشاهده جدول ۳ استنباط می‌گردد، با افزودن مقدار صمغ بالنگو در نقش جایگزین چربی، افزایش معنی‌داری در سفتی نمونه‌ها دیده شد (P<۰/۰۵). برخلاف نمونه‌های حاوی صمغ، اختلاف سفتی موجود بین نمونه‌های حاوی پروتئین آب پنیر معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). مشابه نتایج به دست آمده از آنالیز دستگاهی، سفتی نمونه‌های BSSG0.4 در تمامی سطوح WPC مشابه نمونه شاهد (پرچرب) بودند. نتایج مصطفوی و همکاران[۱۱] نشان داد با اضافه کردن کنسانتره پروتئین آب پنیر به بستنی کم‌چرب و نیم‌چرب، سفتی آنها به طور معنی‌داری افزایش یافت. علت این پدیده مربوط به تغییر ساختار میکروسکوپی بستنی هنگام افزایش مقدار کنسانتره پروتئین شیر در آن می‌باشد. در ساختار بستنی حباب‌های هوای کروی شکلی موجود هستند که با افزودن کنسانتره پروتئین شیر، ترکیبات مخلوط مایع غیر نیوتونی در اطراف حباب‌های هوا و در نهایت سفتی نمونه‌ها تغییر می‌کند [٤٦].

۳-٦-٤- زبری

با توجه به نتایج جدول ۳، در اثر حذف چربی نمونه پرچرب، میزان زبری احساس شده به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵)، اما با افزودن مقدار هیدروکلوئید در راستای جبران اثرات منفی حذف چربی، زبری کاهش یافت (P>۰/۰۵). در تحقیق انجام شده توسط سوکولیس و همکاران [٤٠]، چربی به عنوان عاملی برای کاهش زبری بستنی پروبیوتیک اعلام گردید، این محققان کاربرد ۰/۳ تا ۰/٤ درصد هیدروکلوئید را برای جلوگیری از زبر شدن بستنی کافی اعلام نمودند. جاویدی [٤٧] کاهش شدت زبری و سرمازایی بستنی‌های کم‌چرب و نیم‌چرب را با افزودن مقدار صمغ گوار و صمغ دانه ریحان مشاهده کرد.

۳-٦-۵- احساس چربی (خامه‌ای بودن)

نتایج آنالیز آماری، کاهش احساس چربی در اثر حذف چربی در نمونه‌های دارای ۰/۳ درصد صمغ معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). به طور کلی با توجه به جدول ۳، می‌توان عنوان کرد با افزودن صمغ در سطوح بالاتر از ۰/۳ درصد، ارزیاب‌ها مقادیر بیشتری برای این خصوصیت در نظر گرفتند تا جایی که حتی در نمونه‌های حاوی ۰/۵ درصد BSSG و ۵ درصد WPC، بالاترین احساس چربی و مشابه نمونه شاهد (پرچرب) برآورد گردید (P > ۰/۰۵). همچنین با افزایش غلظت WPC احساس خامه‌ای بودن افزایش پیدا کرد. با افزایش مقدار کاراجینان از صفر تا ۰/۰۲ و سپس ۰/۰٦ درصد، افزایش چشمگیری در خامه‌ای بودن دسرهای لبنی مشاهده شد، در حالی که بین خامه‌ای بودن نمونه‌های حاوی ۰/۰٦، ۰/۱ و ۰/۳ درصد صمغ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت [٤٨]. پریندیول و همکاران [٤٩] افزایش پوشش دهانی بستنی بدون چربی را در اثر استفاده از نوعی جایگزین چربی بر پایه پروتئین گزارش کردند.

۳-٦-٦- سرعت ذوب

داوران چشایی میزان سرعت ذوب نمونه‌های بدون چربی حاوی ۰/۳ درصد صمغ را بسیار بالاتر تشخیص دادند، به طوری که در نمونه حاوی BSSG و WPC، بین آن‌ها با تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار به دست آمد (P<۰/۰۵). با افزودن صمغ دانه بالنگو و کنسانتره پروتئین آب پنیر به عنوان جایگزین چربی از میزان ذوب نمونه‌ها کاسته و استفاده از ۰/۵ درصد BSSG و ۵ درصد WPC، سرعت ذوب بستنی بدون چربی را به طور معنی‌داری کاهش داد (P<۰/۰۵). همانطور که از نتایج به دست آمده از آنالیز دستگاهی در رابطه با مشابهت سفتی نمونه‌های WPC0-BSSG0.5، WPC5-BSSG0.4 و نمونه شاهد (پرچرب) انتظار می‌رود، با افزایش سفتی نمونه، کاهش سرعت ذوب در نمونه های ذکر شده مشاهده شده است. در تحقیقی که ایلسای و همکاران [٤٠] روی بستنی‌های دارای ۱۲، ٦ و ۰/۵

درصد چربی انجام دادند، داوران سرعت ذوب نمونه ۱۲ درصد چربی را کمتر از سایر نمونه‌ها ارزیابی و دلیل چنین مشاهده‌ای را سرعت انتقال حرارت کمتر چربی بیان کردند. توانایی قابل توجه صمغ دانه ریحان به منظور کاهش رشد کریستال‌های یخ نسبت به بستنی‌های حاوی پایدار کننده CMC و صمغ گوار توسط بهرام‌پرور و گاف [۵۰] گزارش شد.

۳-۶-۷- پذیرش کلی

با میانگین گرفتن داده‌های مربوط به هر نمونه، امتیازات پذیرش کلی نمونه‌های مختلف در محدوده ٤/۲۷ تا ۵/۹ قرار گرفت. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش BSSG و WPC پذیرش کلی، بالاتری مشاهده شد (P>۰/۰۵). و در بسیاری موارد مشابه نمونه شاهد (پرچرب) شد. بهرام پرور [۲۰] با ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی حاوی مخلوط بهینه پایدارکننده‌ها، امتیازات پذیرش کلی را در محدوده بیش از مقدار متوسط (٤/۸-۵/۱۷) ارزیابی کردند.

Table 3 Sensory characteristic of ice creams as a function of different levels of Whey Protein Concentrate and Ballangu Seed Gum. Blank is full fat ice cream mixes (controls) containing 0.3% Balangu seed gum

Acceptance	Melting rate	Creaminess	Coarseness	Hardness	Coldness	Flavor	Sample
$5.7^{a}\pm0.5$	$4.2^{a}\pm0.5$	$4.5^{d}\pm0.5$	$2.7^{a}\pm0.2$	$4.2^{bc}\pm0.6$	$4.2^{a}\pm0.6$	$6.8^{g}\pm0.5$	Blank
$4.3^{aF}\pm0.1$	$7.7^{gA}\pm0.1$	$2.6^{aF}\pm0.1$	$6.3^{eA}\pm0.1$	$3.5^{aD}\pm0.1$	$8.0^{eA}\pm0.1$	$2.9^{aF}\pm0.1$	0.3BSSG-0.0WPC
$4.5^{abEF}\pm0.1$	$7.3^{fgAB}\pm0.1$	$2.9^{abE}\pm0.5$	$6.0^{eA}\pm0.5$	$3.6^{aD}\pm0.1$	$7.6^{eAB}\pm0.1$	$3.1^{abE}\pm0.2$	0.3BSSG-2.5WPC
$4.6^{bcDE}\pm0.1$	$6.7^{efBC}\pm0.5$	$3.1^{abDE}\pm0.1$	$5.7^{eA}\pm0.1$	$3.8^{abCD}\pm0.1$	$7.0^{eBC}\pm0.5$	$3.2^{bE}\pm0.1$	0.3BSSG-5WPC
$4.9^{cdCD}\pm0.1$	$6.1^{dCD}\pm0.4$	$2.9^{abE}\pm0.1$	$5.0^{dB}\pm0.5$	$3.4^{bcdC}\pm0.5$	$6.4^{dCD}\pm0.1$	$3.3^{bcDE}\pm0.1$	0.4BSSG-0.0WPC
$5.1^{abBC}\pm0.1$	$5.3^{cdDE}\pm0.2$	$3.3^{bcD}\pm0.5$	$3.8^{cC}\pm0.1$	$4.5^{cdC}\pm0.1$	$5.6^{bcDE}\pm0.1$	$3.5^{cD}\pm0.5$	0.4BSSG-2.5WPC
$5.0^{abBC}\pm0.1$	$5.1^{bcEF}\pm0.1$	$3.6^{cdC}\pm0.5$	$3.7^{cC}\pm0.2$	$4.6^{cdC}\pm0.1$	$5.4^{bcEF}\pm0.1$	$3.8^{cC}\pm0.5$	0.4BSSG-5WPC
$5.2^{aB}\pm0.5$	$4.3^{abFG}\pm0.2$	$3.6^{cdC}\pm0.1$	$3.5^{bcCD}\pm0.1$	$4.9^{dB}\pm0.1$	$4.6^{abFG}\pm0.1$	$3.9^{dC}\pm0.1$	0.5BSSG-0.0WPC
$5.6^{fA}\pm0.5$	$4.0^{aG}\pm0.1$	$4.0^{dB}\pm0.5$	$2.8^{abDE}\pm0.1$	$5.2^{eA}\pm0.1$	$4.3^{aG}\pm0.1$	$4.3^{eB}\pm0.2$	0.5BSSG-2.5WPC
$5.8^{fA}\pm0.1$	$4.0^{aG}\pm0.2$	$4.6^{fA}\pm0.1$	$2.6^{aE}\pm0.2$	$5.3^{eA}\pm0.1$	$4.3^{aG}\pm0.1$	$4.97^{fA}\pm0.1$	0.5BSSG-5WPC

$^{a-g}$ Means in each column with the same letters do not differ significantly according to Tukey's multiple range test ($p > 0.05$). $^{A-F}$ Large superscript letters in each column indicate the comparisons between non-fat ice creams, while the small superscript letters in each column show the comparison between non-fat ice creams and the corresponding control sample

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق چربی موجود در فرمولاسیون معمول بستنی (۱۰ درصد) حذف شد و اثرات صمغ دانه بالنگوی شیرازی و کنسانتره پروتئین آب پنیر به عنوان جایگزین چربی بر خصوصیات بستنی بدون چربی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که این تیمارها توانایی شبیه‌سازی خصوصیات بافتی، سرعت ذوب و ویژگی‌های حسی زبری، سرمازایی، احساس چربی و سرعت ذوب نمونه شاهد پرچرب را به عنوان عوامل موثر بر فرایند تولید، بافت و احساس دهانی فراورده در بستنی‌های بدون چربی داشتند و از طرفی به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین داده‌های به دست آمده از آزمون‌های اندازه‌گیری pH و پذیرش کلی، می‌توان قابلیت کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی مذکور را به عنوان جایگزین چربی تأیید نمود. با توجه به مقایسه ویژگی‌های بافتی، فیزیکی و حسی بستنی‌های بدون چربی با نمونه شاهد (پرچرب) نمونه‌های حاوی غلظت‌های ۰/٤ درصد صمغ بالنگو، ۲/۵ و ۵ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر مشابه نمونه شاهد (پرچرب) مشاهده شد. کاربرد متغیرها، هم‌افزایی در ویژگی‌های بافتی برخی نمونه‌ها را در پی داشت. با توجه به قیمت بالای چربی شیر و نیز وجود ارتباط مستقیم بین مصرف زیاد چربی با بسیاری از بیماری‌ها، جایگزین کردن چربی شیر توسط اجزاء جایگزین چربی علاوه بر صرفه اقتصادی، بی شک با استقبال خوبی از طرف افراد جامعه و متخصصین تغذیه روبرو خواهد شد.

۵- تقدیر و تشکر

از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور بابت حمایت مالی و تجهیزاتی این پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.

٦- منابع

[1] Goff, H.D., and Hartel, R.W. (2013). Ice Cream. New York Springer.

[2] Razavi, S.M.A., Cui, S.W. and Ding H. (2016). Structural and physicochemical characteristics of a novel water-soluble gum from Lallemantia royleana seed. *International Journal of Biological Macromolecules 83:142–151.*

[3] Mohammad Amini, A. (2008). Optimization of extraction of hydrocolloid compounds of balangu shirazi seed gum and investigation of the effect of adding it on rheological properties and quality of bulk bread in comparison with xanthan gum, *Master Thesis*, ferdowsi university of mashhad.

[4] BahramParvar, M., HaddadKhodaparast, M.H., and Mohammad Amini, A. (2009). Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with Lallemantia royleana hydrocolloid on ice cream properties, *Iranian Journal Food Science and Technology Research Journal, 37-48*.

[5] BahramParvar, M., HaddadKhodaparast, M.H., and Razavi, S.M.A. (2009). The effect of Lallemantia royleana (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethylcellulose gums on the physicochemical and sensory properties of typical soft ice cream. *International Journal of Dairy Technology* 62(4): 571-576.

[6] Emadzade, B. (2010). Formulation of low calorie pistachio butter using response level method and evaluation of its rheological, sensory and chemical properties, *Phd dissertation*, ferdowsi university of mashhad.

[7] Khodaei, D. (2014). The effect of cryopreservation cycles on the functional characteristics of balangu shirazi seed gum, *Master Thesis*, ferdowsi university of mashhad.

[8] Khodaei, D., Razavi, S.M.A., and Haddad Khodaparast, M.H. (2014). Functional properties of Balangu seed gum over multiple freeze–thaw cycles. *Food Research International* 66:58-68.

[9] 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* 85:1684–1692

[10] Akalin, A.S., Karagözlü, C., and Ünal, G. (2007). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology* 227: 889-895.

[11] Mostafavi, F.(2011). Investigation of the possibility of using milk protein concentrate in the preparation of low-fat ice cream and optimization of its formulation using the response surface methodology, *Master Thesis*, ferdowsi university of mashhad.

[12] Haque, Z.U., and Ji, T. (2003). Cheddar whey processing and source: II. Effect on non-fat ice cream and yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology* 38:463–473.

[13] Asadinezhad, Sh. (2012). Optimization of ice cream production conditions using whey protein concentrate, *Master Thesis*, ferdowsi university of mashhad.

[14] Mohammad Amini, A., and Hadad Khodaparast, M.H. (2007). Modeling and optimization of mucilage extraction from Lallemantia royleana: A response surface–genetic algorithm approach. *Paper presented at the EFFoST/EHEDG Joint Conference*, Lisbon, Portugal.

[15] National Standard of Iran, No. 2852, Method for determining the total acidity and pH or density of H ions in milk and its products.

[16] AOAC, 2005. Official methods of analysis. In L. G. W. (Ed.), 18th ed. Matyland: AOAC International.

[17] Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E., and Vines, B.K. (1992). Chemical and physical methods. In: Dairy Products: Standard Methods for the Examination of Dairy Products (edited by R.T. Marshall). WA, USA. American Public Health Association.

[18] Arbuckle, W.S. (2002). Ice cream. 4th ed. Aviation publishers Company, Limited. Westport.

[19] Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J., and Yee, L.N. (1993). Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties, *Journal of Food Science* 58:761-763.

[20] BahramParvar, M. (2012). Optimization of ice cream stabilizer mixture formulation using basil seed gum and evaluation of quality characteristics of optimal formula in combination with κ-carrageenans during storage,

products, *Ferdowsi University of Mashhad Press*, Mashhad.

[32] Clarke, C. (2012). *Ice cream: A complex composite material*. In: The science of ice cream. Cambridge, England: published by the Royal Society of Chemistry.

[33] Gohari Ardebili, A., Habibi Najafi, MB, Haddad Khodaparast, M.H. (2005). The effect of sugar substitution with date juice on the physical and sensory properties of soft ice cream, *Iranian Journal Food Science and Technology Research Journal*, 2: 32-23.

[34] Javidi, F ., Razavi, S.M.A., Mazaheri Tehrani, M ., and Emadzadeh, b. (2014). The effect of guar gum and basil seeds on the physical properties of semi-fat and low-fat ice cream, *Iranian Journal Food Science and Technology Research Journal,* 11 (5): 694-706.

[35] Mahdian, A ., Karajian, R ., and Sabri, S. (2011). Investigation of the effect of fat substitutes on physicochemical and sensory properties of low-fat ice cream. *National Conference on Food Science and Technology*, Quchan.

[36] BahramParvar, M., and Razavi, S.M.A. (2012). Rheological interactions of selected hydrocolloid–sugar–milk–emulsifier systems. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 854-860.

[37] Baer, R.J., Krishnaswamy, N. and Kasperson, K.M. (1999). Effect of emulsifiers and food gum on nonfat ice cream. *Journal of Dairy Science* 82:1 416–1424.

[38] Trgo, C., Koxholt, M., and Kessler, H.G. (1998). Effect of Freezing point and Texture Regulating parameters on the Initial Ice Crystal Growth in Ice Cream. *Journal of Dairy Science* 82:460-465.

[39] Flores, A.A., and Goff, H.D. (1999). Recrystallization in Ice Cream After Constant and Cycling Temperature Storage Conditions as Affected by Stabilizers. *Journal of Dairy Science* 82:1408-1415.

[40] Yilsay, T.ö., Yilmaz, L., and Bayizit, A.A. (2005). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology* 222:171–175.

[41] Soukoulis, C., Lyroni, E., and Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic *Phd dissertation*, ferdowsi university of mashhad.

[21] Cody, T.L., Olabi, A., Pettingell, A.G., Tong, P.S., and Walker, J.H. (2007). Evaluation of Rice Flour for Use in Vanilla Ice Cream, *Journal of Dairy Science* 90:4575-4585.

[22] Soukoulis, C., Lebesi, D., and Tzia, C. (2008). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry* 115:665-671.

[23] Chegni, B ., Meshkut, A. (2006). Ice cream knowledge and technology. Ayizh Publications, Tehran.

[24] FarajiKafshgaribsh, S. (2013). Use of microbial transglutaminase enzyme and protein-based fat substitutes in the production of low-fat ice cream, *Master Thesis*, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

[25] Mortazavi, A ., Quds Rouhani, M ., and seeker, h. (1384). Milk and dairy products technology, *fourth edition of Ferdowsi University of Mashhad Printing and Publishing Institute*, Mashhad.

[26] Aykan, V., Sezgin, E., and Guzel-Seydim, Z.B. (2008). Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. *European Journal of Lipid Science and Technology* 110:516–520.

[27] Karaka, O.B., GÜven, M., Yasar, K., Kaya, S., and Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology* 62:93-99.

[28] Marshall, R.T., and Arbuckle, W.S. (1996). *Ice Cream*. 5th ed. Chapman and Hall, New York.

[29] Szczesniak, A.S., and Farkas, E. (1962). Objective characterization of the mouthfeel of gum solutions. *Journal of Food Science* 27:381-385.

[30] Javidi, F., Razavi, S.M.A., Behrouzian, F., Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids* 52:625-633.

[31] Razavi, S.M.A ., and Akbari, R. (2011). Biophysical properties of agricultural and food

judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. *Food Science and Technology* 43:1351-1358.

[42] Hansen, A.P., and Heinis, J.J. (1991). Decrease of Vanillin Flavor Perception in the Presence of Casein and Whey Proteins1. *Journal of Dairy Science* 74(9):2936-2940.

[43] BahramParvar, M., Haddad khodaparast, M.H., and Mohammad Amini, A. (2008). Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with Lallemantia royleana hydrocolloid on ice cream properties. Iranian *Food Science and Technology Research Journal* 4:37–47.

[44] Specter, S.E., and Setser, C.S. (1993). Sensory and physical properties of a reduced-calorie frozen dessert system made with milk fat and sucrose substitutes. *Journal of Dairy Science* 77:708-717.

[45] Roland, A.M., Phillips, L.G., Boor, K.J. (1999). Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science* 82:2094–2100.

[46] Aime, D.B., Arintfied, S.D., Malcormson, L.J., and Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *International Dairy Journal* 10-18.

[47] Javidi, F. (2012). The effect of guar gum and basil seeds as a fat substitute on rheological, physical and sensory characteristics of low-fat and semi-fat ice cream, *Master Thesis*, Ferdowsi University of Mashhad.

[48] Tárrega, A., and Costell, E. (2005). Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *International Dairy Journal* 16:1104-1112.

[49] Prindiville, E.A., Marshall, R.T. and Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey proteinf replacers on the sensory properties of low fat and non fat chocolate ice cream, *Journal of Dairy Science* 83:2216-2223.

[50] BahramParvar, M., and Goff, H.D. (2013). Basil seed gum as a novel stabilizer for structure formation and reduction of ice recrystallization in ice cream. *Dairy Science and Technology* 93(3):273-285.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Selected Fat Replacers on Textural, Physical and Sensory Properties of Non-Fat Ice cream

Poursani, P. [1], Razavi, S. M. A. [2*], Mazaheri Tehrani, M. [2]

1. PhD student, Food science and Technology Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Professor, Food science and Technology Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 29 December 2018
Accepted 28 November 2020

Keywords:

Balangu Shirazi seed gum, Fat replacer,
Non-fat ice cream,
Whey protein concentrate.

DOI: 10.52547/fsct.18.112.97

*Corresponding Author E-Mail:
s.razavi@um.ac.ir

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate the effects of Balangu Shirazi seed gum (BSSG) (0.3, 0.4, 0.5 %) and whey protein concentrate (WPC) (0, 2.5, 5 %) as fat replacers at different concentration levels on the textural, physical and sensory properties of nonfat ice cream (0.4 % fat) in comparison with control sample (10 % fat). All samples exhibited typical shear thinning behavior. The removal of fat resulted in some defects which improved by using BSSG and WPC. By increasing the concentration of selected fat replacers, hardness (30.93-98.40 g), creaminess (2.6-4.6), and sensory acceptance (4.3-5.8) increased, and the melting rate (0.61-1.10 g/min) and coarseness (2.6-6.3) decreased.