تأثیر ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بر ویژگی‌های فیزیکی، رئولوژیکی و بافت بستنی نیم-چرب

عرفان دانش[*1]، حسین جوینده[2]، مصطفی گودرزی[3]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز، ایران
2- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز، ایران
3- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فن‌آوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: 94/08/12 تاریخ پذیرش: 95/03/25

چکیده

طی سال‌های اخیر، مصرف‌کنندگان به سمت مصرف محصولات کم‌چرب از جمله بستنی سوق پیدا کرده‌اند. با این وجود، جنبه‌های کیفی بسیاری از این محصولات، انتظارات مصرف‌کنندگان را برآورده نمی‌کند. استفاده از جایگزین‌های چربی می‌تواند روش مناسبی برای بهبود ویژگی‌های کیفی محصولات کم‌چرب باشد. بر این اساس هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی اثر مقادیر مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر (0، 2، 4 و 6 گرم به ازای هر لیتر شیر) به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکی (سرعت ذوب شدن و اوروران)، رئولوژیکی و بافت بستنی نیم‌چرب (5% چربی) بود. یافته‌های حاصل از آنالیز آماری نشان داد که با افزایش میزان ایزوله پروتئینی آب-پنیر در فرمولاسیون بستنی، ویسکوزیته ظاهری و اندیس قوام به گونه معنی‌داری ($p \leq 0.05$) افزایش پیدا کرد که در نتیجه آن سرعت ذوب شدن کاهش یافت ولی در طرف مقابل، اوروران نیز متحمل یک کاهش معنی‌دار شد ($p \leq 0.05$). بررسی پارامترهای رئولوژیکی حاکی از این بود که با افزایش میزان تلفیق پروتئین آب‌پنیر به فرمولاسیون بستنی نیم‌چرب، شاخص رفتار جریان کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده تقویت رفتار رقیق شوندگی با برش نمونه‌های بستنی می‌باشد. ایزوله پروتئینی آب‌پنیر با کاهش سفتی بستنی نیم-چرب موجب مطلوبیت بافت شد. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر موجب افزایش مقبولیت کلی بستنی نیم‌چرب نزد مصرف‌کنندگان شد.

واژه های کلیدی: بستنی نیم‌چرب، ایزوله پروتئینی آب‌پنیر، اوروران، ویژگی‌های فیزیکی، رئولوژی، بافت

[*] مسئول مکاتبات: danesherfan70@ gmail.com

1- مقدمه

آب‌پنیر یکی از فرآورده‌های جانبی صنعت لبنیات به شمار می‌آید. در فرآیند تولید پنیر، به مایع جداشده از لخته کازئینی که معمولا دور ریخته می‌شود، آب پنیر گفته می‌شود (23). آب پنیر، حدود 85 تا 90% حجم شیری که برای پنیرسازی استفاده می‌شود را به خود اختصاص می‌دهد (15). آب پنیر شامل تقریبا 93% آب است ولی با این حال، بخش عمده‌ای از مواد مغذی شیر مثل لاکتوز، پروتئین‌های محلول در آب، ویتامین‌های محلول در آب، مواد معدنی و سایر مواد مغذی در آن باقی می‌مانند (14). مشکلات زیست‌محیطی تخلیه آب‌پنیر به طبیعت و همچنین ارزش تغذیه‌ای و تکنولوژیکی کم‌نظیر اجزای آب‌پنیر، به‌ویژه پروتئین‌های آب‌پنیر، پژوهشگران را بر آن داشته است تا با بهره‌گیری از تکنیک‌های مختلف تغلیظ و جداسازی، زمینه ورود مجدد اجزای آب‌پنیر به زنجیره غذایی انسان‌ها را فراهم کنند. تولید محصولاتی مانند کنسانتره پروتئین آب‌پنیر[1] (WPC) که حاوی 80-25% پروتئین است و ایزوله پروتئین آب‌پنیر[2] (WPI) که حاوی بیش از 80% پروتئین است، از این دست تلاش‌ها می‌باشند (10). پروتئین-های آب‌پنیر دارای ارزش بیولوژیکی بالا و حاوی اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و والین است که دارای نقش مهمی به عنوان محرک تولید پروتئین عضله و محرک ترشح انسولین هستند. همچنین منبع غنی اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین هستند که باعث خنثی‌سازی سموم در بدن می‌شوند (18). بر این اساس، پروتئین‌های آب‌پنیر همواره مورد توجه پژوهشگران برای استفاده در فرمولاسیون‌های غذایی بوده‌اند. ویژگی‌های عملکردی متنوع پروتئین‌های آب‌پنیر همچون محلول بودن در گستره وسیعی از pH، ویژگی‌های امولسیون-کنندگی، جذب آب، قوام بخشی، کاهندگی کشش بین سطحی، کف‌کنندگی و ژله‌ای شدن از دیگر جنبه‌های جذابیت آنها برای استفاده در مواد غذایی می‌باشند (7). در طی سالیان گذشته، با توجه به ظرفیت بالای جذب آب پروتئین‌های آب‌پنیر، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه استفاده از آن‌ها به عنوان جایگزین چربی در محصولات لبنی مانند ماست و پنیر انجام شده است که نتایج بیشتر این پژوهش‌ها بیان کننده بهبود بافت و کاهش آب‌اندازی در نتیجه جایگزینی چربی با پروتئین‌های آب‌پنیر بوده است (2). پروتئین‌های آب‌پنیر به سبب برخورداری از ویژگی‌های قوام-دهندگی و امولیسفایری قابل ملاحظه، از پتانسیل بالقوه‌ای برای استفاده به عنوان جایگزینی چربی در بستنی نیز برخوردار می‌باشند. بستنی یکی از محبوب‌ترین دسرهای لبنی است که به طور معمول حاوی 10% چربی می‌باشد. چربی بالای بستنی تهدیدی برای سلامت مصرف کنندگان است. به همین دلیل در سال‌های گذشته فرمولاسیون‌های مختلفی از بستنی‌های کم‌چرب حاوی جایگزین‌های چربی به بازار عرضه شده‌اند (4). در این میان، پروتئین‌های آب‌پنیر به عنوان یکی از پرطرفدارترین جایگزین‌های چربی در محصولات لبنی کم-چرب، در ارتباط با جایگزین کردن چربی بستنی نیز مورد توجه پژوهشگران مختلف بوده‌اند. در یکی از این پژوهش‌ها، آکالین[3] و همکاران (2008) در بررسی تاثیر غلظت ثابتی از ایزوله پروتئین آب‌پنیر بر ویژگی‌های مختلف بستنی کم‌چرب و با چربی کاهش یافته، نشان دادند که با تلفیق پروتئین‌های آب‌پنیر به فرمولاسیون این بستنی‌ها، ویسکوزیته و اندیس قوام و به دنبال آن، مقاومت به ذوب به گونه چشمگیری افزایش می‌یابد ولی در طرف مقابل، درصد افزایش حجم یا همان اوران[4] کاهش پیدا کرد و سفتی نیز افزایش معنی‌داری را تجربه کرد (4). در مطالعه دیگری، اسدی‌نژاد و همکاران (1383) در تلاش برای جایگزینی چربی بستنی با کنستانتره پروتئین آب‌پنیر حاصل از دو روش ترسیب با کربوکسی‌متیل-سلولز (CMC-WPC) و تغلیظ با فرآیند اولترافیلتراسیون (UF-WPC)، نشان دادند اگرچه، هر دو نوع کنستانتره باعث

[1] Whey protein concentrate
[2] Whey protein isolate
[3] Akalin
[4] Overrun

افزایش قابل ملاحظه ویسکوزیته مخلوط بستنی می‌شوند، ولی بهبود کیفیت محصول از جمله مقاومت به ذوب و اوروران، تنهادر نمونه‌های حاوی UF-WPC مشاهده شد و برعکس، نمونه‌های حاوی CMC-WPC، نسبت به نمونه شاهد با چربی کاهش‌یافته، کیفیت کمتری از خود نشان دادند (1). بررسی پیشینه پژوهش‌های انجام شده در زمینه تولید و توسعه بستنی-های کم‌چرب، نشان از فقدان پژوهشی در زمینه بررسی افزودن مقادیر مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر به عنوان جایگزینی چربی در بستنی نیم چرب و تاثیر آن بر ویژگی‌های مختلف کیفی بستنی دارد. براین اساس، هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی تأثیر مقادیر مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بر ویژگی‌های فیزیکی (اوروران و مقاومت به ذوب شدن)، رئولوژیکی و بافت بستنی نیم چرب در جهت دستیابی به غلظت بهینه مورد نیاز از پروتئین آب‌پنیر برای تولید محصولی سالم‌تر با ویژگی‌های کیفی مطلوب‌تر می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1 مواد

شیر استریلیزه و هموژنیزه (3% چربی) و خامه استریلیزه و هموژنیزه (30% چربی) از شرکت صنایع لبنی میهن (تهران، ایران)، شیر خشک بدون چربی (1% چربی و 96% ماده خشک) از شرکت پگاه خراسان (مشهد، ایران)، مخلوط استابیلایزر و امولسیفایر از شرکت Sunrose (توکیو، ژاپن)، شکر و وانیلین از فروشگاه‌های معتبر محلی (اهواز، ایران) و ایزوله پروتئینی آب‌پنیر (88% پروتئین، 1/3% لاکتوز، 4/5% خاکستر، 0/2% چربی) از شرکت ArlaFood Ingredient (کپنهاگ، دانمارک) خریداری شدند.

2-2 روش‌ها

2-2-1 تولید بستنی

فرمولاسیون بستنی شامل 5% چربی، 17% شکر، 7% شیر خشک بدون چربی، 1% مخلوط پایدار کننده- امولسیفایر و 0/1% وانیلین به عنوان طعم‌دهنده بود. شیر و خامه تا دستیابی به چربی 5% باهم دیگر مخلوط شدند و محلول ایزوله پروتئینی آب‌پنیر(13درصد وزنی /وزنی) که پیشتر تهیه و به مدت یک شب در یخچال نگهداری شده بود در مقادیر مختلف (0، 2، 4 و 6 گرم به ازای هر لیتر شیر) جایگزین شیر شد به گونه‌ای که ماده خشک غیرچرب در تمامی نمونه‌ها ثابت بماند. مخلوط شیر با چربی تنظیم شده به مدت 15 دقیقه در دمای 78 درجه سانتی‌گراد به هدف دناتوره شدن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر حرارت داده شد. سپس مخلوط مواد خشک (شکر، وانیل، شیرخشک، مخلوط امولسیفایر و پایدار کننده) به آن اضافه شد و به وسیله همزن کاملا مخلوط گردید. پاستوریزاسیون مخلوط حاصل در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 25 ثانیه انجام گرفت. پس از پایان پاستوریزه شدن مخلوط سریعا سرد شده و در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت مرحله رسیدن را طی کرد. عملیات انجماد بستنی به وسیله دستگاه بستنی‌ساز غیر مداوم (Moulinex type A85، ساخت ایتالیا) به مدت 35 دقیقه انجام گرفت. نمونه‌های تولیدی در فریزر 18- درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمایشات نگه‌داری شد. آزمون‌های مربوط به خصوصیات رئولوژیکی بستنی روی مخلوط بستنی رسیده انجام گرفت. لازم به ذکر است که تولید نمونه کنترل نیم‌چرب مطابق با روش عنوان شده و تنها بدون افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر صورت پذیرفت.

2-2-2 افزایش حجم

اوروران یا درصد افزایش حجم به روش وزنی و از محاسبه نسبت وزن حجم معینی از آمیخته بستنی پس از دوره‌ی رسیدگی و وزن همان حجم از بستنی پس از انجماد اندازه گیری شد (22).

$$\text{افزایش حجم} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از انجماد} - \text{وزن نمونه قبل از انجماد}}{\text{وزن نمونه بعد از انجماد}} \times 100$$

2-2-3 سرعت ذوب شدن

سرعت ذوب شدن طبق روش لی[1] و وایت[2] (1991)، مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه بستنی (120 گرم) بر روی یک توری با قطر سوراخ 2 میلی‌متر که به داخل یک سیلندر مدرج زهکشی شده بود، قرار داده شد. به نمونه‌ها اجازه داده شد در دمای 25 درجه سانتی‌گراد ذوب شوند. وزن زهکشی شده در بازه‌های زمانی ده دقیقه اندازه‌گیری شد و به عنوان تابعی از زمان محاسبه گردید (11).

2-2-4 آزمون رئولوژی

خصوصیات رئولوژیک نمونه‌های آمیخته بستنی به وسیله یک دستگاه رئومتر (Physica Anton Paar، مدل MCR 301، ساخت کشور اتریش) مجهز به رئومتری استونه‌های هم‌مرکز و بازگردش کننده حرارتی انجام شد. آمیخته بستنی پس از طی دوره رسیدن، در سیلندر دستگاه ریخته شد و توسط بازگردش کننده[3] به دمای 0/1± 4 درجه سانتی‌گراد رسید. سپس دامنه مشخصی از سرعت برشی ($2\ S^{-1}$ تا $100S^{-1}$) بر نمونه‌ها اعمال شد. مدل قانون توان (رابطه شماره 2) برای محاسبه شاخص رفتار جریان (n) و ضریب قوام (k) مورد استفاده قرار گرفت (6).

رابطه (2) $$\sigma = K(\gamma)^n$$

در رابطه فوق σ تنش برشی (pa)، γ سرعت برشی (1/s)، K ضریب قوام ($pa.s^{(n)}$) و n شاخص جریان می‌باشد.

2-2-5 آزمون بافت

برای انجام این آزمون، ابتدا نمونه‌های نگه‌داری شده در فریزر به مدت 5 دقیقه در دمای محیط قرار گرفتند. آنالیز بافت توسط دستگاه سنجش بافت[4](Stable Micro System، مدلTA.XT.PLUS، ساخت انگلستان) با استفاده از پروپ شماره P/5S، انجام گرفت. پروپ دستگاه با سرعت 2 میلی‌متر بر ثانیه تا عمق 15 میلی‌متری نمونه‌های بستنی نفوذ کرد. بیشترین نیروی تراکمی بعنوان سختی در نظر گرفته شود (8).

2-2-6 ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های بستنی شامل طعم (تازگی، عاری-بودن از طعم پختگی)، رنگ (سفیدی)، بافت (نرمی، یکنواختی، عاری بودن از عیوب صمغی، شنی و یخی)، و پذیرش کلی (ارزیابی کلی طعم، رنگ و بافت) بوسیله یک پانل ارزیاب آموزش‌دیده 10 نفره مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی ویژگی‌های حسی از روش هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد که رتبه‌بندی آن شامل بسیار خوب (5 امتیاز)، خوب (4 امتیاز)، متوسط (3 امتیاز)، ضعیف (2 امتیاز) و بسیار ضعیف (1 امتیاز) بود (13).

2-2-6 تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج با طرح آماری کاملا تصادفی در سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 95% با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه 9/2) انجام گرفت. همچنین رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل 2013 صورت پذیرفت.

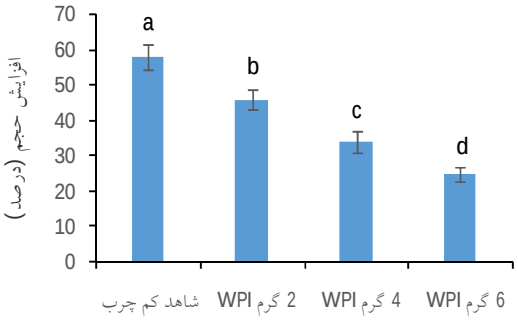
3- نتایج و بحث

3-1 افزایش حجم

افزایش حجم یا اوروران، افزایش حجم بستنی نسبت به حجم مخلوط اولیه به دلیل ورود هوا در جریان فرآیند انجماد می-باشد. مقدار هوایی که وارد مخلوط می‌شود تابع ترکیب مخلوط و چگونگی فرآیند تولید می‌باشد. نوع و غلظت اجزای مخلوط، مقدار کل مواد جامد، ویسکوزیته مخلوط و خصوصیات فریزر از عوامل موثر بر درصد افزایش حجم می-باشند (12). نتایج حاصل از آنالیز آماری (شکل 1)، نشان داد

[1] Lee
[2] White
[3] Circulator
[4] Texture Analyzer

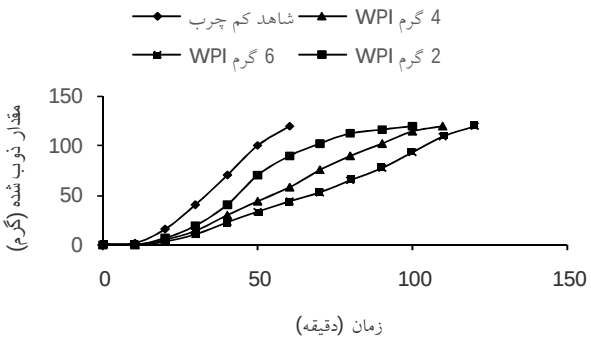
که میزان اوروران نمونه‌های بستنی با افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند ($p \leq 0.05$)، و کمترین میزان اوروران مربوط به نمونه حاوی 6 گرم WPI بود این در حالی بود که بیشترین اوروران مربوط به نمونه شاهد کم‌چرب بود (شکل 1). افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر میزان ویسکوزیته نمونه‌های بستنی را افزایش می‌دهد که در نتیجه آن مقدار کمتری هوا در طی فرآیند زدن و انجماد وارد بافت بستنی می‌شود و میزان اوروران کاهش می‌یابد و با افزایش میزان WPI، تأثیر عوامل فوق در کاهش ضریب افزایش حجم تشدید می‌گردد. نتایج حاصل منطبق با نتایج تامپسون[1] و همکاران (1989) بود این محققین بیان کردند که با افزایش نسبت جایگزینی پروتئین‌های آب‌پنیر، ویسکوزیته افزایش و ضریب افزایش حجم کاهش می‌یابد (20). آکالین و همکاران (2008) نیز بیان کردند که استفاده از پروتئین‌های آب‌پنیر در بستنی کم چرب اوروران را کاهش می‌دهد (4).



شکل 1- تأثیر افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بر میزان افزایش حجم بستنی. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان 95% می‌باشد

3-2 سرعت ذوب شدن

پروفایل ذوب شدن نمونه‌های مختلف بستنی در شکل 2 نشان داده شده است. همانطور که در جدول 1 مشاهد می‌شود، بیشترین سرعت ذوب شدن مربوط به نمونه کم‌چرب بود و با افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر سرعت ذوب شدن نمونه‌های بستنی کاهش پیدا کرد. کاراکا[2] و همکاران (2009) بیان کردند که سرعت ذوب شدن نمونه‌های بستنی ارتباط مستقیمی با ویسکوزیته دارد. با کاهش چربی، ویسکوزیته کاهش می‌یابد که در نتیجه آن مولکول‌های آب تحرک بیشتری پیدا می‌کنند و آزادانه از میان مولکول‌های مخلوط عبور می‌کنند و با سرعت بیشتری بستنی ذوب می‌شود (9). با افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر، ویسکوزیته مخلوط بستنی افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش سرعت ذوب شدن خواهد بود. نتایج حاصل از پژوهش پریندیویله[3] و همکاران (2000) در استفاده از جایگزین‌های چربی مختلف از جمله آب‌پنیر در بستنی شکلاتی کم‌چرب نیز نشان‌گر کاهش سرعت ذوب شدن در نتیجه استفاده از جایگزین‌های چربی بود. این محققین نیز دلیل مشاهدات خود را در افزایش ویسکوزیته جستجو کردند (16). در پژوهشی دیگر، الوارز[4] و همکاران (2005) تاکید کردند که ویسکوزیته بالای مخلوط بستنی از همبستگی بالایی با کاهش سرعت ذوب نمونه‌های بستنی برخوردار می‌باشد (5).



شکل 2- پروفایل ذوب شدن نمونه‌های بستنی حاوی ایزوله پروتئینی آب‌پنیر و نمونه شاهد

[1]Thompson

[2]Karaca
[3]Prindiville
[4]Alvarez

جدول 1- سرعت ذوب شدن نمونه‌های مختلف بستنی

نمونه	سرعت ذوب شدن (گرم بر دقیقه)	ضریب تعیین (R^2)
شاهد	2/18±0/13[a]	0/95
2 گرم WPI	1/46±0/09 [b]	0/95
4 گرمWPI	1/25±0/06 [c]	0/96
6 گرمWPI	1/08±0/02 [d]	0/97

حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان 95% می‌باشد

3-3 ویژگی‌های رئولوژیکی

جدول 2 پارمترهای رئولوژیکی به دست آمده از مدل قانون توان آمیخته‌های بستنی را قبل از انجماد نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است تمامی نمونه‌ها در محدوده نرخ برشی مورد بررسی دارای رفتار سودوپلاستیک یا رقیق شونده با برش بودند. برای یک محلول سودوپلاستیک، شاخص رفتار جریان نشان دهنده انحراف از رفتار نیوتنی می‌باشد و با نزدیک شدن آن به 1 رفتار ماده به سمت رفتار نیوتنی سوق پیدا می‌کند. بیشترین میزان شاخص جریان مربوط به نمونه شاهد بود و با افزودن WPI شاخص رفتار جریان کاهش معنی‌داری پیدا کرد ($p \leq 0.05$). که نشان دهنده تقویت رفتار سودوپلاستیک نمونه‌های مخلوط بستنی در نتیجه استفاده از ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بود. رفتار سودوپلاستیک مخلوط-های بستنی پیش از این توسط ایم[1] و همکاران (2000) و نیز کاراکا و همکاران (2009) گزارش شده است (3 و 9). بررسی پارامتر اندیس قوام نمونه‌های بستنی نشان داد که با افزودن ایزوله‌ی پروتئینی آب‌پنیر به عنوان جایگزین چربی اندیس قوام افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند ($p \leq 0.05$). و نمونه حاوی 6 گرم ایزوله پروتئینی آب‌پنیر دارای بیشترین مقدار اندیس قوام بود. وارلا[2] و همکاران (2014) بیان کردند که افزودن جایگزین‌های چربی با حفظ آب و تشکیل شبکه ژل مانند منجر به تقویت رفتار سودوپلاستیک و باعث افزایش اندیس قوام می‌شوند (21). در تحقیق حاضر نیز شبکه ژل تشکیل شده به وسیله WPI میزان اندیس قوام نمونه مخلوط بستنی را نسبت به نمونه شاهد کم‌چرب افزایش داد و با افزایش مقدار WPI شبکه ژل قوی‌تری تشکیل شد و در نتیجه آن تاثیر افزایشی بیشتری بر روی اندیس قوام گذاشت. همچنین در تمام نرخ‌های برشی ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی مقادیر مختلف WPI بالاتر از نمونه شاهد کم‌چرب بود (شکل 3) که این موضوع نشان دهنده پتانسیل خوب ایزوله پروتئنی آب‌پنیر در بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی بستنی کم‌چرب و افزایش ویسکوزیته آن می‌باشد.

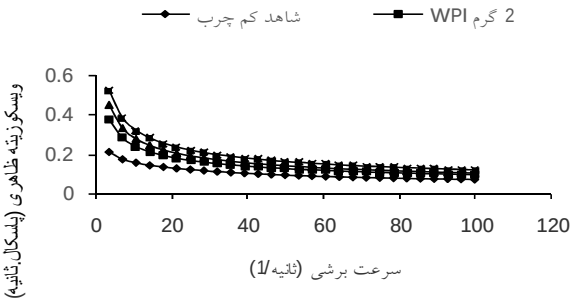
[1] Aime

[2] Varela

جدول 2- پارامترهای رئولوژیکی به دست آمده از مدل قانون توان برای نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر

نمونه	ضریب قوام ($Pa.\ s^n$)	شاخص رفتار جریان	ضریب تعیین (R^2)
شاهد	0/33±0/02 ^{d}	0/66±0/01 ^{a}	0/9982
2 گرم WPI	0/64±0/03 ^{c}	0/58±0/02 ^{b}	0/9996
4 گرم WPI	0/79±0/02 ^{b}	0/56±0/01 ^{c}	0/9995
6 گرم WPI	0/93±0/01 ^{a}	0/55±0/02 ^{c}	0/9994

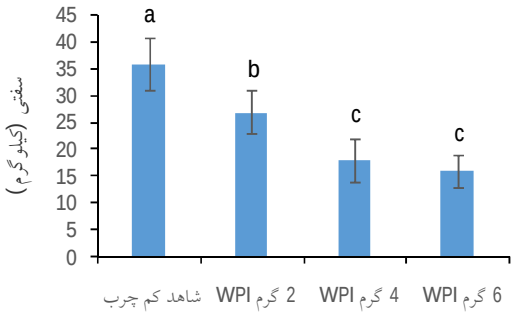
حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح 95% می‌باشد



شکل 3- ویسکوزیته ظاهری نمونه شاهد و آمیخته‌های بستنی حاوی غلظت‌های مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر

3-4 آنالیز بافت

نتایج آزمون نفوذ در نمونه‌های بستنی (شکل 4) نشان داد که نمونه شاهد کم‌چرب دارای بیشترین مقاومت در برابر نفوذ پروپ دستگاه بافت‌سنج و در نتیجه بیشترین میزان سفتی می‌باشد. با افزودن WPI سفتی نمونه‌های پنیر به صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($p \leq 0.05$). سوکولیس[1] و همکاران (2008) بیان کردند که سفتی دستگاهی می‌تواند نشان‌دهنده رشد کریستال‌های یخ در بستنی باشد. تعداد و اندازه کریستال‌های یخ تشکیل شده در طی انجماد یکی از عواملی است که میزان سفتی نمونه‌های بستنی را دستخوش تغییر می‌کند (19). نمونه کم‌چرب دارای بالاترین میزان رطوبت در مخلوط بستنی می‌باشد و در نتیجه کریستال‌های یخ بیشتر و بزرگتری تشکیل می‌شود که باعث سفتی بافت می‌شود. افزودن جایگزین‌های چربی با تشکیل امولسیون چربی- آب و نگهداری آب آزاد، رشد کریستال‌های یخ را کاهش، و بنابراین سفتی را بهبود می‌دهد. مطابق با این نتایج رولاند[2] و همکاران (1999) گزارش کردند که استفاده از جایگزین‌های چربی سفتی نمونه‌های بستنی را کاهش می‌دهد (17). این درحالی است که ایم و همکاران (2001) گزارش از عدم تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های بستنی با میزان چربی متفاوت دادند (3).



شکل 4- تأثیر افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بر میزان سفتی بستنی. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح 95% می‌باشد.

[1]Soukoulis

[2]Roland

3-5 ارزیابی حسی

نتایج حاصل ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف بستنی در جدول 3 نشان داده شده است. یافته‌های آماری نشان داد که افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر تا 4 گرم به ازای هر لیتر شیر، تاثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر طعم بستنی از دید پاتلیست‌ها نداشته است، اما افزودن 6 گرم ایزوله پروتئینی آب‌پنیر منجر به کاهش معنی‌دار امتیاز طعم نمونه‌های بستنی شد ($p \leq 0.05$). بررسی رنگ نمونه‌های بستنی نشان داد که افزودن مقادیر مختلف ایزوله پروتئینی آب‌پنیر سبب بهبود مقبولیت رنگ نمونه‌های بستنی نسبت به نمونه شاهد شده است. مقبولیت بافت بستنی با افزودن ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بهبود پیدا کرد به گونه‌ای که نمونه حاوی 6 گرم ایزوله پروتئینی آب‌پنیر بیشترین امتیاز بافت را در بین پانلیست‌ها به خود اختصاص داد. نتایج امتیاز پذیرش کلی ارزیابی حسی نشان داد که نمونه بستنی حاوی 4 گرم ایزوله پروتئین آب‌پنیر بیشترین مقبولیت را بین مصرف‌کنندگان کسب کرده است.

جدول 3- ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف بستنی

	طعم	بافت	رنگ	پذیرش کلی
شاهد	$2/7 \pm 0/3^{a}$	$2/6 \pm 0/3^{d}$	$3/0 \pm 0/3^{b}$	$2/6 \pm 0/3^{c}$
2 گرم WPI	$2/8 \pm 0/4^{a}$	$3/3 \pm 0/4^{c}$	$3/3 \pm 0/5^{b}$	$3/1 \pm 0/3^{b}$
4 گرم WPI	$2/7 \pm 0/3^{a}$	$3/9 \pm 0/3^{b}$	$3/8 \pm 0/4^{a}$	$3/9 \pm 0/5^{a}$
6 گرم WPI	$2/1 \pm 0/3^{b}$	$4/3 \pm 0/4^{a}$	$3/4 \pm 0/4^{b}$	$3/6 \pm 0/4^{a}$

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان 95% می‌باشد

4-نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان دادکه استفاده از ایزوله پروتئینی آب-پنیر موجب بهبود ویژگی‌های بستنی نیم‌چرب از جمله افزایش اندیس قوام و مقاومت به ذوب وکاهش سفتی می‌شود ولی در سوی دیگر، درصد اوروران محصول متحمل یک کاهش چشمگیر شد. به علاوه، با افزایش جایگزینی چربی شیر با ایزوله پروتئینی، رفتار رقیق‌شوندگی با برش نمونه‌های بستنی تقویت شد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ایزوله پروتئینی آب‌پنیر در بستنی می‌تواند منجر به تولید محصولی با چربی کاهش‌یافته و خواص کیفی مطلوب گردد.

5-سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین به خاطر حمایت مالی برای انجام این پژوهش (به شماره گرنت 931/35) قدردانی نمایند.

6- منابع

1. اسدی نژاد، ش.، حبیبی نجفی، م.، رضوی، م.ع. و نصیری محلاتی، م. 1383. تاثیر کنسانتره های پروتئین آب پنیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی. مجله علوم و کشاورزی و منابع طبیعی، جلد 11، شماره 4.
2. عبدی، س.، میر، ن. و دهقان، ن. 1391. بهبود خواص فیزیکی و حسی محصولات لبنی با بهره گیری بهینه از خواص کاری پروتئین‌های آب پنیر. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، جلد 7، شماره 5، 897-908.
3. Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J. and Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. Food Research International, 34(23): 237-246.
4. Akalin, A. S., Karagözlü, c. and Ünal, G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream

containing whey protein isolate and inulin. European Food Research and Technology, 227: 889–895.
5. Alvarez, V. B., Wolters, C. L. and Vodovotz, Y. J. T. 2005. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. Journal of Dairy Science, 88: 862-871.
6. Daw, E. and Hartel, R. W. 2015. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. International Dairy Journal, 43: 33-41.
7. De Wit, J. N. 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. Journal of Dairy Science, 81: 597-608. 50.
8. El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V. and Brennan, C. S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology, 55(2): 89-93.
9. Karaca, 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(1): 93-99.
10. Kinsella, J. E. and Whitehead, D. M. 1989. Proteins in whey: chemical, physical, and functional properties. Adv Food Nutr Res, 33(C): 343-438.
11. Lee, F. Y. and White, C. H. 1991. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. Journal of Dairy Science, 74: 1170-1180.
12. Marshall, R. T. and Arbuckle, W. S. 1996. Ice-cream, New York, Chapman and Hall.
13. Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W, 2003. Ice cream, 6th ed. New York: Springer.
14. Ozer, B. and Kirmaci, K.H. 2010. Functional milks and dairy beverages. Society of Dairy Technology, 63: 1-15.
15. Pescuma M., Hebert E., Mozzi F. and Valdez G. 2010. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiolog, 141: 73 -81.
16. Prindiville, E. A., Marshall, R. T. and Heymann, H. 2000. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. Journal of dairy science, 83(10): 2216-2223.
17. Roland, A. M., Phillips, L. G. and Boor, K. J. 1999. Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. Journal of dairy science, 82(1): 32-38.
18. Smithers, G. W. 2008. Whey and whey proteins—from 'gutter-to-gold'.International Dairy Journal, 18(7): 695-704.
19. Soukoulis, C., Chandrinos, I. and Tzia, C. 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. LWT-Food Science and Technology, 41(10): 1816-1827.
20. Thompson, L. U., Reniers, D. J., Baker, L. M. and Siu, M. 1983. Succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings. Journal of dairy science, 66(8): 1630-1637.
21. Varela, P., Pintor, A. and Fiszman, S. 2014. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. Food Hydrocolloids, 36: 220-228.
22. Wildmoser, H., Scheiwiller, J. and Windhab, E. J. 2004. Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. LWT- Food Science and Technology, 37(8): 881-891.
23. Zadow, J. G. 1994. Utilisation of milk components: Whey. In Robinson: Modern Dairy Technology (pp. 313-373). Springer US.