

## بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد و مقایسه ویژگی‌های آن با بستنی معمولی

سجاد قادری<sup>۱</sup>، مصطفی مظاهری طهرانی<sup>۲\*</sup>، سید محمد علی رضوی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

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

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۱۶)

### چکیده

هدف این پژوهش بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد و سپس مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، خصوصیات رئولوژیکی مستقل از زمان، پارامترهای بافتی و همچنین ارزیابی حسی بستنی گیاهی بهینه شده با نمونه بستنی معمولی، بستنی سویا و بستنی کنجدی است. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مانند اورران، مقاومت به ذوب و کدورت علاوه بر وجود تفاوت معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) میان نمونه بهینه شده با نمونه بستنی معمولی، به نتایج نمونه بستنی معمولی نزدیک بوده و قابل قبول بودند. بررسی شاخص‌های رنگی مورد بررسی همه نمونه‌های بستنی نیز نشان از تفاوت معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) و قابل توجهی بین نمونه‌ها داشت. همه نمونه رفتار سودوپلاستیک از خود نشان دادند و مدل توان ( $R^2 \geq 0/99$ ) کارایی بالایی در توصیف رفتار رئولوژیکی همه نمونه‌ها داشت. همچنین بررسی خصوصیات بافتی نشان داد که بافت بستنی بهینه شده به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) نسبت به بستنی معمولی سفت‌تر، چسبندگی کمتر و دارای قوام بیشتری است و همچنین این بستنی از لحاظ ارزیابی حسی نتایج قابل قبولی در مقابل نمونه شاهد از خود نشان داد. علت اصلی تفاوت‌های مذکور مربوط به تفاوت در مقدار و نوع اسیدهای چرب و پروتئین‌ها (در نقش ترکیبات عملکردی) شیرهای اولیه مورد استفاده در تولید بستنی بود.

کلید واژگان: بهینه‌سازی، بستنی گیاهی، کنجد، سویا، بستنی معمولی

\* مسئول مکاتبات: mmtehrani57@gmail.com

## ۱- مقدمه

بستنی سیستم پیچیده کف ماندنی است که حباب‌های کوچک گاز (هوا) در فاز پیوسته‌ای که تا حدی منجمد شده پراکنده می‌باشند. تولید دسرهای منجمد لبنی در سال ۲۰۰۹ شامل ۸۶/۷ درصد بستنی و بقیه شامل سایر دسرهای منجمد نظیر ماست منجمد، بستنی یخی و شربت می‌باشد. تولید انواع نرم و سخت بستنی در این سال ۱/۵۲ میلارد گالن بوده است که این موارد نشان از اهمیت اقتصادی تولید این محصول در جهان است [۱].

بستنی بر خلاف بسیاری از محصولات لبنی دیگر محصولی است که در آن علاوه بر پایدارسازی فاز چربی نیاز به پایدارسازی فاز هوا نیز می‌باشد و چنانچه هر کدام از این دو فاز پایدار نگردند ساختار بستنی بسیار ناپایدار خواهد بود. بخشی از این عمل به عهده پروتئین‌های شیر از جمله کازئین می‌باشد. در واقع پایدارسازی فازهای بستنی مستلزم استفاده از ترکیبات امولسیفایر مناسب به همراه بهره‌گیری مناسب از ترکیبات عملکردی شیر مانند کازئین می‌باشد. این پایدارسازی فازها بسیار حائز اهمیت بوده چراکه بافت، طعم و خصوصیات رئولوژیکی بستنی کاملاً به آن وابسته می‌باشد [۲].

یکی از فراورده‌های پروتئینی کنجد تولید عصاره شیره ماندنی است و اصطلاحاً به آن شیر کنجد می‌گویند. این شیر از جنبه‌های مختلف مفید می‌باشد. قسمت اعظم چربی شیر کنجد از چربی غیراشباع تشکیل شده است. نکته حائز اهمیت فقدان قند لاکتوز در شیر کنجد است، در نتیجه مشکل جذب لاکتوز که به عدم تحمل لاکتوز در محصولات لبنی معروف است رفع خواهد شد. از نکات بسیار جالب از شیر کنجد طعم کنجدی آن است که بر خلاف سایر طعم‌های گیاهی، مطلوب بوده و از این لحاظ نسبت به شیر سویا برتری دارد [۳].

شیر سویا معروف‌ترین شیر گیاهی مورد استفاده در تهیه بستنی است زیرا این محصولات حاوی ایزوفلاونها، اولیگوساکاریدهای پریبیوتیک، اکثر اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و اکثر ویتامین‌های محلول در آب و چربی می‌باشند و این امر موجب گردیده سویا و فرآورده‌های آن جزء غذاهای فراسودمند دسته-بندی گردد [۴]. در بررسی پژوهش‌های مختلف نشان داده شده که ایزوله پروتئینی سویا توانایی تشکیل کف بسیار خوبی داشته و

قادر است نقش مؤثری در محصولات حجیم مواد غذایی داشته باشد [۵].

آلیسا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کنسانتره پروتئینی کنجد استعداد بالقوه‌ای برای استفاده در صنعت مواد غذایی دارد چراکه خصوصیات عملکردی منحصر بفردی از جمله پایداری امولسیون، ظرفیت امولسیون و جذب روغن خوبی دارد [۶]. پروتئین‌های کنجد در صورتی که در مواد غذایی به کار برده شوند ویژگی عملکردی بسیار خوبی را به خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ترکیب و ساختار مواد غذایی انتقال می‌دهند [۷]. مهدیان و همکاران (۲۰۱۱) اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی را مورد بررسی قرار داد. در پژوهش آن‌ها افزایش درصد آرد سویا در ترکیب بستنی باعث کاهش وزن مخصوص نمونه‌ها و افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها شد. آن‌ها بیان داشتند که توانایی جذب آب بالاتر پروتئین‌های سویا در مقایسه با پروتئین شیر عامل ویسکوزیته بیشتر و وزن مخصوص کمتر نمونه‌ها با افزایش درصد آرد سویا در ترکیب بستنی بود [۸ و ۹].

فرایدکو همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که با افزودن ایزوله پروتئینی سویا در فرمول بستنی شدت طعم‌های علفی و خمیری افزایش می‌یابد. مشکلات مربوط به طعم لوبیایی و حالت گس مانند سویا عامل پذیرش کمتر فراورده‌های حاوی آن می‌باشد که در تحقیقات زیادی به آن اشاره شده و روش‌هایی برای کاهش عوارض ناشی از این بدطعمی پیشنهاد شده است [۱۰].

در ویسکولو و همکاران (۲۰۰۵) اثر جایگزینی ماده جامد بدون چربی شیر با کنسانتره پروتئین سویا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی با طعم توت‌فرنگی را مورد بررسی قرار دادند. با افزایش میزان کنسانتره پروتئین سویا ویسکوزیته نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری در همه دماها افزایش یافت که می‌تواند به خاطر محتوای پروتئین بالاتر آن‌ها باشد [۱۱].

شیرهای گیاهی به طور کلی حاوی میزان قابل توجهی ویتامین‌ها، فیبرهای غذایی و مواد معدنی هستند. این شیرها فاقد کلسترول و چربی‌های حیوانی بوده و دارای چربی‌های خوب یعنی چربی‌های اشباع نشده هستند که سلامت دستگاه قلب و عروق را بالا می‌برند. این نوشیدنی‌ها جایگزین‌های مناسب و خوبی برای شیرهای حیوانی بوده و بسیار زودهضم می‌باشند. برخی افراد

گردد). در انتها سرد شده و شیر سویا با ۱/۵ درصد چربی در ظروف مناسب در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۱۲].

#### ۲-۲-۲- تولید شیر کنجد

کنجد تهیه شده به نسبت ۱:۳ (یک قسمت کنجد و سه قسمت آب) با آب مقطر مخلوط شده و سپس به مدت ۱۶ ساعت در دمای محیط گذاشته شد. سپس این کنجد با آب شستشو داده شده و پس از مخلوط شده با آب به نسبت ۱:۲ در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه بلانچینگ شد. پس از آبکشی و شستشوی مجدد کنجد به نسبت ۱:۵ با آب مقطر مخلوط شده و به مدت ۲۰ دقیقه در مخلوط کن با دور متوسط ۷۰۰ دور در دقیقه مخلوط گردید. پس از نگهداری مخلوط به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق، با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (بطوریکه ماده خشک انتهایی شیر کنجد بین ۱۱-۱۲ تنظیم گردد). در انتها شیر کنجد با ۷ درصد چربی در ظروف مناسب در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۱۳].

#### ۲-۲-۳- تهیه بهترین نسبت شیر سویا به شیر کنجد

برای بهینه‌سازی دقیق فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد بر اساس سه پارامتر بافتی به هم مرتبط و روش سطح پاسخ و از طرح D-optimal استفاده گردید تا بهترین نسبت بهینه مورد استفاده از شیرهای گیاهی برای تهیه بستنی با بهترین بافت مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور از سه پارامتر سفتی، قوام و مدول ظاهری الاستیسیته که سنجشی برای سفتی بافت محسوب می‌شود و با استفاده از نمونه شاهد تهیه شده از شیر گاو به نسبت بهینه دست یافتیم. سپس نسبت بهینه شده را با نمونه شاهد و نمونه‌های بستنی کنجد و بستنی سویا از نقطه نظر رئولوژیکی، بافتی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی مورد ارزیابی قرار دادیم.

#### ۲-۲-۴- تهیه بستنی

فرمولاسیون بستنی معمولی شامل ۱۰ درصد چربی، ۱۵ درصد شکر، ۱۱ درصد ماده جامد بدون چربی شیر، ۰/۵ درصد

مانند گیاه‌خواران و یا افرادی که نسبت به لاکتوز (قند طبیعی شیر) یا کازئین (یکی از پروتئین‌های شیر) حساسیت دارند این محصول لبنی را به کل از برنامه‌ی غذایی خود حذف کرده‌اند. این افراد به جای شیر گاو از شیرهای گیاهی استفاده می‌کنند که ارزش غذایی متفاوتی دارند. استفاده از فرآورده‌های گیاهی مانند شیرهای گیاهی به عنوان منابع تأمین‌کننده پروتئین و چربی گیاهی در بستنی، علاوه بر الحاق خواص مفید تغذیه‌ای و سلامتی بخشی ترکیبات گیاهی به بستنی، باعث تولید محصول جدیدی با مشخصات ویژه خود مانند محصولات بدون لاکتوز می‌شوند که می‌تواند برای مصرف‌کنندگان جذاب و مفید باشد. لذا هدف اصلی این پژوهش بهینه‌سازی یک فرمولاسیون مناسب بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد از نظر خصوصیات بافتی بوده و سپس بررسی پارامترهای مهم این بستنی بهینه‌شده در مقایسه با بستنی معمولی می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

در این پژوهش، آرد سویا (۱۹ درصد چربی و ۷۶/۵ درصد ماده خشک بدون چربی) از شرکت توس سویان مشهد ایران، شیر استریلیزه و هموژنیزه (۱/۵ درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان، خامه استریلیزه و هموژنیزه (۳۰ درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان، پایدارکننده تجاری پانیسول ex (شرکت دنیسکو دانمارک)، شیر خشک بدون چربی از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان و شکر، وانیل و نمونه کنجد مرغوب پوست‌گیری شده از فروشگاه‌های معتبر خریداری گردیدند.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- تولید شیر سویا

آرد سویا تهیه شده به نسبت ۱:۵ در آب مقطر با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد (یک قسمت آرد سویا و پنج قسمت آب) مخلوط گردید و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در مخلوط کن با دور متوسط ۷۰۰ دور در دقیقه مخلوط گردید. سپس مخلوط تهیه شده را به دمای ۵۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد رسانده و با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (ماده خشک انتهایی شیر سویا بین ۱۱-۱۲ تنظیم

## ۲-۳-۲- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی مربوط به مخلوط و

## بستنی

## ۲-۳-۲-۱- وزن مخصوص

وزن مخصوص نمونه‌های مخلوط بستنی به روش پیکنومتری و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بدین منظور، ابتدا پیکنومتر خالی و تمیز و بعد از آن پیکنومتر به وسیله آب مقطر ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در انتها پیکنومتر پر شده با مخلوط بستنی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد توزین شدند و ثقل مخصوص (SG) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$SG = G_3 - G_1 / G_2 - G_1$$

می‌توان گفت که در این رابطه  $G_1$  جرم پیکنومتر خالی،  $G_2$  جرم پیکنومتر و آب مقطر و  $G_3$  جرم پیکنومتر و مخلوط بستنی است [۸].

## ۲-۳-۲-۲- آزمون رئولوژیکی

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی، پس از ۲۴ ساعت رساندن<sup>۱</sup> آن‌ها با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین ( Bohlin Model Visco 88, Bohlin instruments, ) (UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی (Julabo, Model F12-) (MC, Julabo Labortechnik, Germany) در دمای  $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$  و درجه برش  $1/8$  تا  $5/8$  تعیین گردید. رفتار جریان نمونه‌ها با مدل‌های قانون توان مقایسه شدند. روابط این معادلات در زیر آورده شده است (۱۶).

$$\sigma = k(\dot{\gamma})^n$$

در این فرمول  $n$  اندیس جریان،  $k$  ضریب قوام،  $\dot{\gamma}$  نشان دهنده سرعت برشی و  $\sigma$  نشان دهنده تنش برشی می‌باشد.

## ۲-۳-۲-۳- آزمون بافتی

از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer Brookfield CT3-10kg, US) برای ارزیابی بافت نمونه‌های ۵۰ گرمی تهیه شده از همه بستنی‌ها استفاده گردید. بدین منظور از پروبی به قطر ۶mm برای نفوذ به عمق ۱۵ mm نمونه‌ها با سرعت ۲ mm/s استفاده شد. بیش‌ترین نیروی فشاری طی نفوذ به عنوان سختی<sup>۲</sup> تعریف شد. سطح بیش‌ترین نیروی منفی طی برگشت پروب به

پایدارکننده، ۰/۱ درصد وانیل بود. یک معادله سه مجهولی بر اساس فرمول مذکور و همچنین مقدار ماده خشک و چربی هر کدام از شیرهای گیاهی و شیر معمولی و به طور جداگانه در اکسل ۲۰۱۰ طراحی گردید و بر اساس آن وزن همه ترکیبات مشخص گردید. پس از بدست آوردن نسبت بهینه بر اساس طراحی آزمایش توسط نرم افزار، نسبت شیر سویا به شیر کنجد تهیه شده و پس از توزین اجزاء دیگر لازم برای فرمولاسیون‌های متفاوت بستنی میکس ابتدا مواد مایع شامل هر کدام از شیرهای گیاهی و شیر گاو خامه ضمن حرارت دادن ملایم تا حداکثر دمای ۵۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد مرتباً هم زده شدند. پس از آن، مخلوط مواد جامد شامل شکر، شیر خشک بدون چربی، امولسیفایر و وانیل به مایع حرارت دیده اضافه و پس از حل شدن به وسیله همزن ( Sunny, Model SM-65, ) (Germany) به مدت ۳ دقیقه کاملاً مخلوط شده و در دمای  $80^\circ\text{C}$  به مدت ۲۵ ثانیه پاستوریزه و توسط همزنایزر ( Ultra Turrax T25D IKA, Germany) به مدت ۳ دقیقه در دور ۱۵۰۰۰ همزین گردید. سپس بلافاصله به کمک حمام آب، یخ و نمک تا دمای  $5^\circ\text{C}$  سرد شد. پس از آن، مرحله رسیدن به مدت ۲۴ ساعت در یخچال (دمای  $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ) انجام شد. مخلوط بستنی تهیه شده برای طی مرحله انجماد، به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه بستنی‌ساز غیر مداوم ( Model ICK 5000, ) (Delonghi, Germany) قرار گرفت. در پایان، نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته و کدگذاری شدند و حداقل به مدت ۲۴ ساعت در فریزر  $18^\circ\text{C}$  قرار گرفتند. ضمناً در همه مراحل بستنی از شیر گاو با مواد و روش یکسان برای تولید بستنی معمولی و به عنوان نمونه شاهد استفاده گردید [۱۴].

## ۲-۳-۲-۳- آزمون‌های مورد بررسی

## ۲-۳-۲-۱- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی مربوط به شیر

اندازه‌گیری pH، محتوای چربی و پروتئین با استفاده از روش استاندارد AOAC بدست آمد [۱۵].

1. Aging  
2. Hardness

تحصیلات تکمیلی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نمونه‌های بستنی بلافاصله بعد از خروج از فریزر در اختیار داوران قرار گرفته و با استفاده از آزمایش هدونیک ۹ امتیازی (۹=بسیار خوب، ۵=نه خوب و نه بد، ۱=بسیار بد) مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل طعم و مزه، پیکره و بافت، رنگ و ظاهر و پذیرش کلی بود [۱۸].

### ۲-۴- آنالیز آماری

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و کنجد از نرم افزار Design Expert، روش سطح پاسخ و از طرح D-optimal استفاده شده و بهترین نسبت بهینه شیر سویا به شیر کنجد انتخاب گردید. سپس در ادامه داده های بدست آمده این مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد ( $P < 0.05$ ) استفاده شد و منحنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (Microsoft Office Excel 2010) ترسیم شدند.

### ۳- بحث و نتایج

#### ۳-۱- بهینه‌سازی فرمولاسیون بر اساس

##### پارامترهای بافتی

بهینه‌سازی فرمولاسیون بر اساس سه پارامتر به هم وابسته بافتی شامل سفتی، قوام و مدول الاستیسیته انجام گرفت. پنج سطح نرم‌افزار تعریف گردید و بر اساس آن پارامترهای خروجی برای نرم‌افزار تعریف گردید و با توجه به نتایج بدست آمده از نمونه شاهد و بر اساس نمونه‌های ثابت شده توسط مدل با ضریب مطلوبیت بالا (۹۶ درصد) بهترین نسبت شیر سویا (۵۵ درصد) به شیر کنجد (۴۵ درصد) برای تهیه بستنی گیاهی با بهترین خصوصیات بافتی به دست آمد (شکل ۱).

عنوان چسبندگی<sup>۳</sup> در نظر گرفته شد، همچنین مدول ظاهری الاستیسیته<sup>۴</sup> به عنوان بخشی از منحنی که شاخص جزء الاستیک ماده است و قوام<sup>۵</sup> به صورت سطح زیر منحنی تا رسیدن به تغییر شکل هدف تعریف گردید [۱۶].

#### ۲-۲-۳- مقاومت به ذوب<sup>۶</sup>

برای این منظور مقدار ۳۰ گرم از نمونه بستنی بعد از سخت شدن در یک قیف بوخنر ریخته و روی دهانه یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. ارلن و نمونه را به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از این مدت وزن بستنی ذوب شده اندازه‌گیری شده و درصد مقاومت به ذوب از رابطه زیر محاسبه گردید (۸).

=درصد مقاومت به ذوب

$100 \times \left[ \frac{\text{وزن نمونه بستنی}}{\text{وزن نمونه بستنی - وزن نمونه ذوب شده}} \right]$

#### ۲-۳-۲- اورران<sup>۷</sup>

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 [۱۷].

وزن حجم معینی از مخلوط بستنی-وزن = ضریب افزایش حجم  $100 \times \left[ \frac{\text{وزن همان حجم از بستنی}}{\text{همان حجم از بستنی}} \right]$

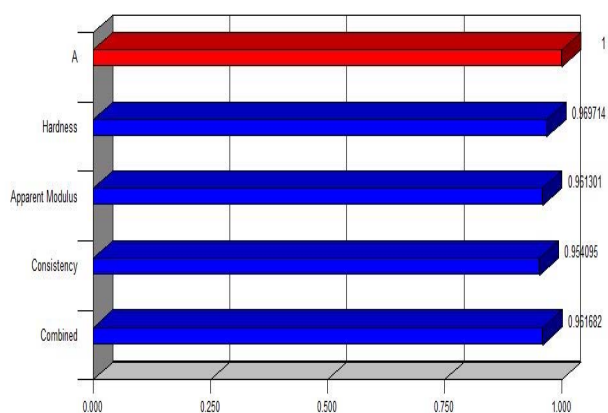
#### ۲-۳-۲-۶- رنگ سنجی

سنجش رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه هانتربل (Hunter, Lab Scan XE, Reston VA) و اندازه‌گیری سه پارامتر  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  در نمونه‌های مختلف انجام گرفت. عملیات رنگ سنجی بلافاصله پس از خروج نمونه‌ها از فریزر و با شرایط یکسان برای همه نمونه‌های بسته‌بندی شده در ظروف ۵۰ گرمی با سطحی کاملاً صاف انجام گرفت.

#### ۲-۳-۲-۷- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی یک روز بعد از نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد و توسط ۱۲ داور از دانشجویان

3. Adhesiveness
4. Apparent modulus of elasticity
5. Consistency
6. Melting resistance
7. Overrun

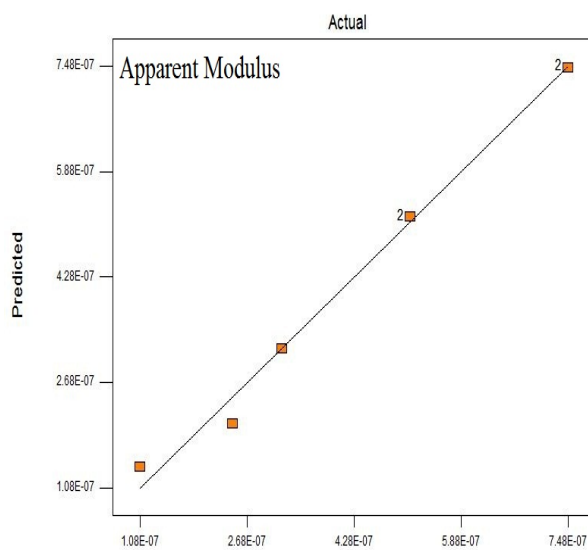
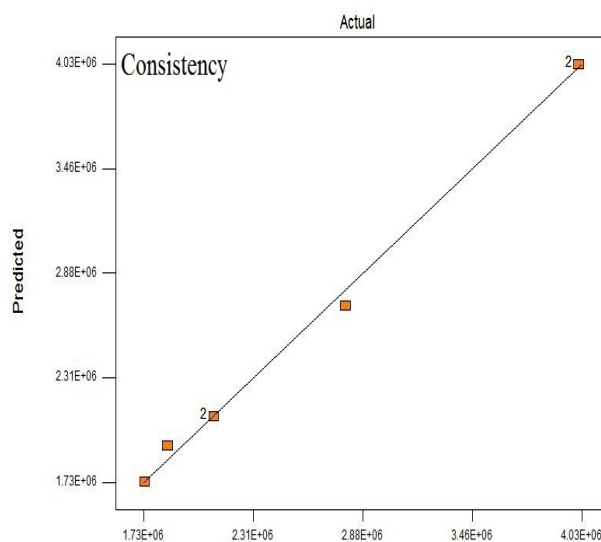
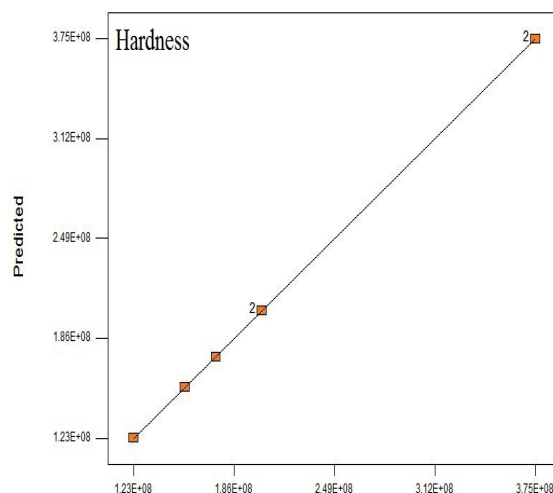


**Fig 1** Optimization the ratio of soy milk to sesame milk by using hardness, consistency and Apparent elasticity modulus parameters

برای اعتبارسنجی فرمول بهینه پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار، آزمایش با دو تکرار انجام شد که در آن از نسبت بهینه شیرها برای تهیه بستنی استفاده گردید و مقدار پاسخ‌ها اندازه‌گیری شده با نتایج پیش‌بینی شده مقایسه گردید. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشخص است نتایج بسیار به همدیگر نزدیک بودند که نشان دهنده اعتبار مدل و مقادیر بدست آمده برای نسبت دو شیر گیاهی بود.

### ۲-۳- بررسی و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی بستنی بهینه شده با بستنی های معمولی و گیاهی

نتایج بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه بستنی گیاهی بهینه تولید شده با استفاده از شیر سویا و شیر کنجد در مقایسه با نمونه بستنی معمولی و بستنی‌های سویا و کنجد در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی از جمله pH و دانسیته برخلاف سایر پارامترهای نمونه‌های بستنی، اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) با یکدیگر نشان ندادند. عدم اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین pH و دانسیته را می‌توان به ثابت بودن درصد ماده جامد بدون چربی شیرهای مورد استفاده و درصد چربی دانست.



Actual

**Table 1** means amounts of textural parameters obtained by use of experimental data Compared with software data about investigated ratio

treatment	Experimental data	Software data
Hardness	1217.91	1209
Consistency	122.6	111.7
Apparent elasticity modulus	196.39	195.42

**Table 2** Comparison between the physicochemical properties of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice cream mixes

treatment	pH	Specific gravity	Protein content (casein)
Soy ice cream	6.8±0.24 <sup>a</sup>	1.084±0.08 <sup>a</sup>	3.35 (0.82)±0.41 <sup>a</sup>
Sesame ice cream	6.59±0.13 <sup>a</sup>	1.086±0.27 <sup>a</sup>	2.88(1.68)±0.41 <sup>b</sup>
Typical ice cream	6.72±0.11 <sup>a</sup>	1.076±0.32 <sup>a</sup>	2.73±0.38 <sup>b</sup>
Investigated ice cream	6.89±0.16 <sup>a</sup>	1.083±0.06 <sup>a</sup>	3.07(1.1)±0.64 <sup>ab</sup>

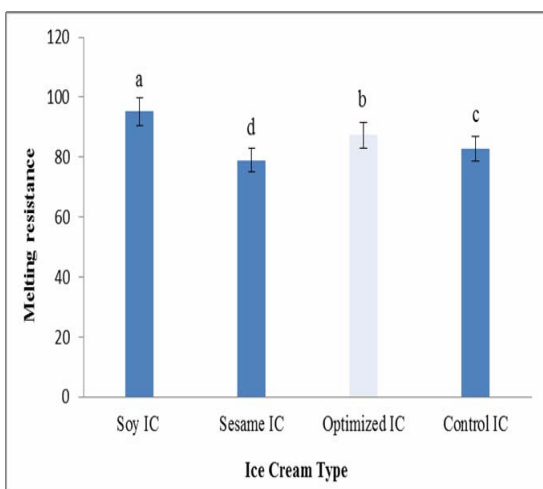
\* Similar letters in each row show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in each row indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

معمولی نقش بسزایی داشته باشند. بستنی بهینه شده با شیرهای گیاهی اورران بسیار مطلوبی در حد و اندازه بستنی معمولی داشت که با توجه به درصد پروتئین بالای آن خصوصا وجود پروتئین های سویا کاملا منطقی بنظر میرسد که در توجیه این مطلب شهرابی و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که پروتئین های سویا توانایی تشکیل کف بسیار خوبی داشته و قادر هستند نقش مؤثری در محصولات حجم مواد غذایی داشته باشند [۵]. مهدیان و همکاران (۲۰۱۱) اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات بستنی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش نشان دهنده آن بود که افزایش درصد جایگزینی ماده جامد بدون چربی با آرد سویا در سطح بالاتر از ۴۵ درصد، باعث بهبود میزان افزایش حجم نمونه ها گردید به طوری که این میزان برای نمونه ۶۵ درصد آرد سویا بالاترین (۲۸ درصد) بود [۸]. طبق تحقیقات رضوی و همکاران (۲۰۰۱) جایگزینی پروتئین سویا با آب پنیر و پس آب کره موجب کاهش اورران در مقایسه با نمونه شاهد گشته است [۲۲]. بهرام پرور (۲۰۱۱) و بهرام پرور (۲۰۱۲) مقادیر پایین برای ضریب افزایش حجم بستنی معمولی به دست آوردند و آن را به کارا نبودن دستگاه بستنی ساز مرتبط کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی کاملی داشت [۲۳ و ۱۴].

بهرام پرور و همکاران (۲۰۰۹) نیز مقدار pH را برای بستنی های دارای ۱۱ درصد ماده جامد بدون چربی شیر، بین ۶/۴۶ و ۶/۶ گزارش کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی خوبی دارد. مقادیر پروتئین نیز به علت اهمیت این ترکیب در ایجاد خصوصیات عملکردی در بستنی محاسبه گردید. همان طور که مشخص است بیشترین مقدار پروتئین موجود مربوط به بستنی سویا و پس از آن بستنی بهینه و کمترین مقدار پروتئین مربوط به بستنی معمولی بود [۱۹].

عدم وجود تفاوت معنی دار بین pH نمونه های مختلف بستنی، در تحقیقات مشابه توسط آیکان و همکاران (۲۰۰۸) و کاراکا و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است [۲۰ و ۲۱]. همانطور که در شکل ۲ آورده شده است درصد اورران نمونه بستنی گیاهی بهینه شده تفاوت معنی داری ( $P < 0.05$ ) نسبت به نمونه های بستنی دیگر ندارد به طوریکه میزان اورران آن تقریبا معادل اورران بستنی معمولی بود. با توجه به ثابت بودن نوع و مقدار همه ترکیبات تأثیرگذار بر روی اورران شامل پایدارکننده ها، مقدار ماده خشک و چربی و همچنین روش تولید یکسان نمونه های بستنی، به نظر می رسد تغییر نوع و مقدار پروتئین های مورد استفاده در شیر اولیه برای استفاده در بستنی بر روی افزایش اورران در نمونه های مختلف تأثیرگذار بوده اند و در برخی موارد در نمونه های گیاهی توانسته اند در ایجاد اوررانی معادل بستنی

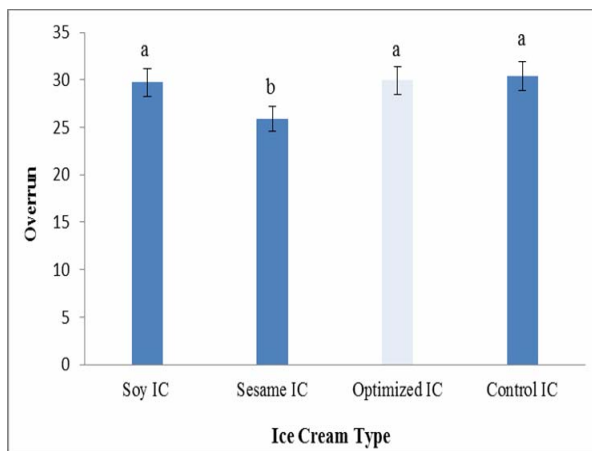
نتایج رئولوژیکی نشان داد (جدول ۴) که اختلاف معنی‌داری میان ویسکوزیته مخلوط بستنی سویا و بستنی بهینه شده نسبت به سایر نمونه‌ها وجود دارد که می‌توان این افزایش مقاومت به ذوب را به افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون آمیخته بستنی نسبت داد؛ بنابراین می‌توان گفت تمام مکانیسم‌هایی مؤثر بر افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون روی مقاومت به ذوب بستنی تأثیرگذارند. والسترا و همکاران (۱۹۹۵) نیز بیان داشتند که مخلوط بستنی که از ویسکوزیته بالاتری برخوردار است مقاومت به ذوب آن نیز بالاتر می‌باشد [۲۵].



**Fig 3** Comparison between the melting resistance of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

\*Similar letters in rows show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in rows indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

رقیق کردن آمیخته دیسپرسیونی از گلبول‌های چربی ایجاد می‌کند که بسته به اندازه و تعداد گلبول‌های چربی، مقدار مشخصی از نور را جذب می‌کند. با توجه به اینکه پس از انجماد، تعداد گلبول‌های چربی منفرد نسبت به تجمعات بزرگ‌تر کمتر است، بدین ترتیب، تفاوت مقدار جذب در بستنی و آمیخته آن معیاری از ناپایداری چربی است [۲۶]. نتایج این پژوهش (شکل ۴) نشان داد که مقدار کدورت بستنی کنجد و پس از آن بستنی بهینه به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از سایر نمونه‌ها است.



**Fig 2** Comparison between the overrun of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

\*Similar letters in rows show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in rows indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

نتایج این پژوهش نشان داد (شکل ۳) که برخلاف اورران، درصد مقاومت به ذوب همه نمونه‌های بستنی به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) با یکدیگر متفاوت بودند. مقدار درصد مقاومت به ذوب بستنی بهینه شده به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) از بستنی سویا کمتر و از دو نمونه بستنی معمولی و بستنی کنجدی بیشتر بود و می‌توان گفت مقدار آن حد میانه بستنی کنجدی و بستنی سویا بود. به نظر می‌رسد با توجه به مطالب بیان شده تفاوت در مقدار و نوع پروتئین‌های سویا و کازئین موجود در ماده خشک نمونه‌های بستنی و با توجه به نقش عملکردی آن‌ها خصوصاً جذب آب بالا، این تفاوت‌های معنی‌دار کاملاً قابل توجیه باشند. با توجه به بیشتر بودن درصد پروتئین موجود در ماده خشک بستنی سویا و بستنی بهینه شده می‌توان بیان داشت که گروه‌های عاملی هیدروفیل، آب آزاد بیشتری را به صورت آب هیدراسیون درآورده و با کاهش آب آزاد باعث افزایش میکرو-ویسکوزیته در فاز غیر منجمد (سرم) بستنی و در نتیجه افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند. املاح نیز با افزایش پایداری امولسیون سبب افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند [۲۴] و به این ترتیب زمان بیشتری برای انتشار آب در این فاز و همچنین جریان آن از داخل به خارج بستنی و سپس چکه کردن از سوراخ‌های توری فلزی مورد استفاده در آزمایش مورد نیاز می‌باشد [۱۴]. همچنین بررسی



می‌توان بیان داشت مقدار و نوع چربی وارد شده به بستنی بهینه شده حد واسط دو نوع بستنی کنجد و سویا است بنابراین مقدار چربی پایدار نشده و درصد کدورت آن کاملاً قابل توجیه است. مارشال و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشتند که مقدار و نوع امولسیفایر می‌تواند نقش اساسی در پایدارسازی چربی‌ها داشته باشد، پس با توجه به این موضوع که مقدار و نوع امولسیفایر مورد استفاده در این پژوهش برای همه نمونه‌های بستنی تولید شده یکسان بوده و با توجه به متفاوت بودن ساختار چربی‌ها، این تفاوت کاملاً قابل توجیه می‌باشد [۲۶].

### ۳-۳- بررسی و مقایسه خصوصیات رنگی بستنی

#### بهینه شده با بستنی‌های معمولی و گیاهی

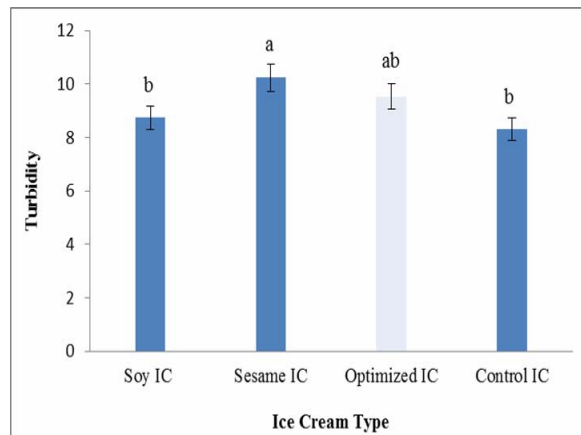
نتایج آزمون رنگ سنجی نمونه‌های بستنی نشان داد که تقریباً بین همه شاخص‌های اندازه‌گیری شده  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بستنی بهینه شده با دیگر نمونه‌های بستنی معمولی و بستنی کنجد و سویا اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) وجود دارد (جدول ۳). شیر سویا با توجه به ترکیبات ساختاری خود رنگی متمایل به زرد دارد که در تمامی نتایج مربوط به بستنی بهینه و بستنی سویا تاثیرگذار بود. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که نزدیک‌ترین خصوصیات رنگی به بستنی معمولی را بستنی کنجدی و پس از آن بستنی بهینه شده داشتند.

**Table 3** Comparison between the color properties of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

treatment	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Soy ice cream	89.53±1.11 <sup>d</sup>	-1.26±0.22 <sup>c</sup>	19.95±0.53 <sup>a</sup>
Sesame ice cream	91.38±1.17 <sup>b</sup>	-1.96±0.53 <sup>a</sup>	14.45±0.67 <sup>c</sup>
Typical ice cream	92.52±1.23 <sup>a</sup>	-2.07±0.41 <sup>a</sup>	14.47±0.54 <sup>c</sup>
Investigated ice cream	90.32±1.03 <sup>c</sup>	-1.67±0.37 <sup>b</sup>	16.12±0.35 <sup>b</sup>

\* Similar letters in each row show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in each row indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

رئولوژیکی نشان می‌دهد. بررسی رفتار رئولوژیکی مستقل از زمان نمونه‌های بستنی گیاهی و معمولی بر اساس داده‌های جدول ۴ و شکل ۵ نشان داد که مدل توان کارایی بالایی ( $R^2 \geq 0.99$ ) در توصیف رفتار رئولوژیکی نمونه‌های مخلوط بستنی دارد. لذا برای بررسی اثر ترکیبات فرمولاسیون بر خواص رئولوژیکی (شاخص رفتار جریان و ضریب قوام) نمونه‌های مخلوط بستنی از این مدل استفاده گردید. نتایج آزمون‌های رئولوژیکی در این پژوهش نشان



**Fig 4** Comparison between the turbidity of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

\*Similar letters in rows show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in rows indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

از آنجاکه تفاوت معنی‌دار در درصد کدورت نمونه‌های بستنی مختلف به مقدار و نوع اسیدهای چرب و مقدار و نوع امولسیفایرهای مورد استفاده برای پایدارسازی این چربی‌ها مربوط است و با توجه به میزان بالای چربی اولیه در شیرهای گیاهی خصوصاً شیر کنجد و تفاوت ساختاری این چربی با چربی موجود در شیر گاو، مقداری از این چربی‌ها در ساختار بستنی‌های گیاهی تولید شده پایدار نشده‌اند. از سوی دیگر

### ۳-۴- بررسی و مقایسه خصوصیات رئولوژیکی

#### بستنی بهینه شده با بستنی‌های معمولی و گیاهی

مدل قانون توان کاربرد بسیاری در مطالعات رئولوژی مواد غذایی دارد و بسیاری از تحقیقات انجام شده بر روی هیدروکلوئیدها در مخلوط‌ها و امولسیون‌های غذایی مانند موسیلاژهای قدومه شیرازی [۲۷] قابلیت بالای این مدل را در توصیف رفتار

طرف دیگر می‌توان بیان داشت که با توجه به نوع اسیده‌های چربی و در نتیجه ویسکوزیته پایین‌تر چربی‌های گیاهی نسبت به چربی معمولی ویسکوزیته ظاهری پایین‌تر بستنی گیاهی حاوی کنگد چندان دور از انتظار نبود. با توجه به نتایج شکل ۵ و جدول ۴ و مقادیر کمتر از یک اندیس رفتار جریان (n) برای همه نمونه‌ها، گویا است که همه نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک (رقیق شوند با برش) دارند. هرچه اندیس جریان کمتر باشد نشان‌دهنده رفتار سودوپلاستیک بیشتر آن مخلوط است که نمونه‌هایی با اندیس جریان کمتر و گرانیوی بالاتر، خاصیت خوشایند دهانی بیشتری دارند [۲۸]. گاف و همکاران (۱۹۹۴) شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی را در حدود ۰/۷ ذکر کردند [۲۹] و ساکولیس و همکاران (۲۰۰۹) شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی همراه با فیبر را بین ۰/۴۵ تا ۰/۸۱ عنوان کردند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی دارد [۳۰].

داد که ویسکوزیته ظاهری و ضریب قوام مربوط به نمونه مخلوط بستنی‌ها تا حدود زیادی متأثر استفاده از پروتئین‌های سویا هستند. بطوریکه نتایج نشان داد که ویسکوزیته و ضریب قوام مخلوط بستنی سویا و پس از آن مخلوط بستنی بهینه شده به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) نسبت به نمونه بستنی معمولی و بستنی کنگدی بیشتر است (شکل ۶). با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت که دلیل اصلی بیشتر بودن ویسکوزیته و ضریب قوام مربوط به حضور پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدهای شیر سویا در آمیخته بستنی باشد چراکه حضور این ترکیبات که دارای وزن مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه ژلی، می‌تواند افزایش ویسکوزیته را توجیه کند. از طرف دیگر ویسکوزیته یک عامل تأثیرگذار روی ضریب افزایش حجم، سرعت خامه‌ای شدن، نرخ انتقال جرم و حرارت و شرایط جریان شیر و فراورده‌های لبنی معرفی شده است [۱۷]. همچنین در همه نمونه‌ها با افزایش درجه برشی مقدار ویسکوزیته کاهش یافت. از

**Table 4** Comparison between the rheological properties of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

treatment	Apparent viscosity (Pa.s)	Flow index (n)	Consistency coefficient (k)	R <sup>2</sup>
Soy ice cream	1.0245±0.03 <sup>a</sup>	0.619±0.01 <sup>bc</sup>	4.63±0.04 <sup>a</sup>	0.999 <sup>a</sup>
Sesame ice cream	0.18452±0.03 <sup>c</sup>	0.742±0.04 <sup>a</sup>	0.506±0.02 <sup>d</sup>	0.999 <sup>a</sup>
Typical ice cream	0.29187±0.09 <sup>b</sup>	0.672±0.03 <sup>b</sup>	1.059±0.09 <sup>b</sup>	0.999 <sup>a</sup>
Investigated ice cream	0.43556±0.07 <sup>b</sup>	0.637±0.02 <sup>bc</sup>	1.795±0.07 <sup>c</sup>	0.999 <sup>a</sup>

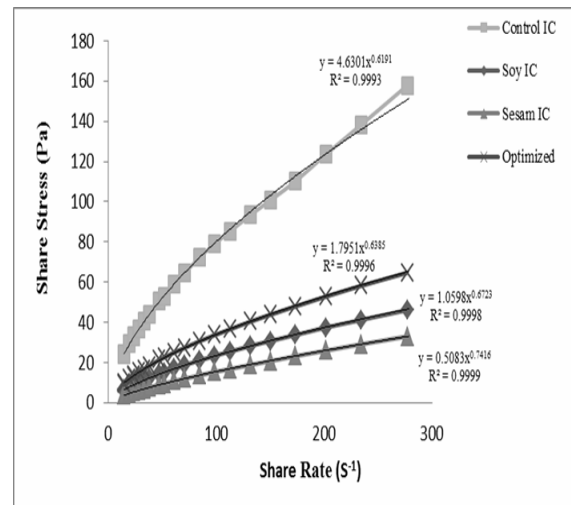
\* Similar letters in each row show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in each row indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

بدون چربی با کنستانتره‌های پروتئینی در ترکیب بستنی، ویسکوزیته نمونه‌ها را به‌طور مشخصی افزایش می‌دهد [۱۸ و ۱۱]. رحمان و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که ویسکوزیته بستنی تحت تأثیر منبع چربی آن می‌باشد که با توجه به تغییر منبع چربی در این پژوهش این اختلافات معنی‌دار می‌تواند توجیه گردد [۳۱]. از سوی دیگر والسترا و همکاران (۱۹۹۵) نیز تأیید کردند که بستنی که در ساخت آن از درصد بالاتری اسیده‌های چرب غیراشباع استفاده شده است نقطه ذوب پایین‌تری دارد و در نتیجه از درصد مقاومت به ذوب کمتری و در نتیجه از ویسکوزیته کمتری برخوردار است [۲۵].

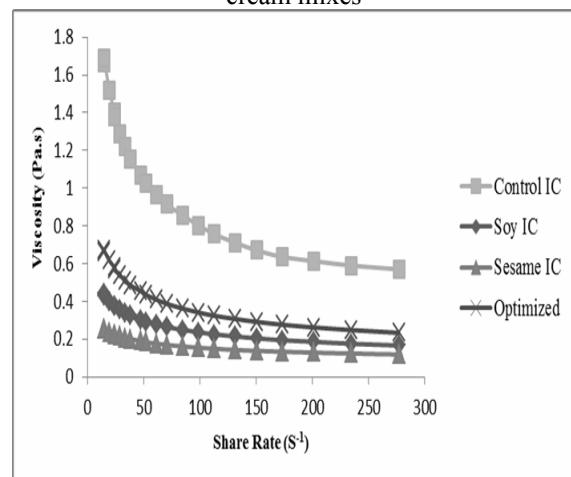
مهدیان و همکاران (۲۰۱۱) اثر افزودن آرد سویا به بستنی ماستی را بررسی نمودند که نتایج آن‌ها نشان داد که با افزودن آرد سویا و با توجه به میزان بالای پروتئین‌های سویا و قابلیت جذب بالای پروتئین‌های آن و همچنین با افزایش محتوای مواد عملکردی ضریب قوام نمونه بستنی افزایش می‌یابد. همچنین ضریب قوام تابعی از طبیعت ویسکوز مواد غذایی است. در ضمن نتایج پژوهش وی نشان داد که نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی سویا همگی سودوپلاستیک بودند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی داشت (۸). درویسکو و همکاران (۲۰۰۵) و هرال و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که جایگزین کردن ماده خشک

برابر اعمال یک نیروی خارجی اندازه‌گیری می‌شود. از آنجایی اندازه کریستال‌های یخ و حجم فاز یخ در ایجاد بافت سخت در بستنی شرکت می‌کنند، این فاکتور را می‌توان معیاری از رشد کریستال‌های یخ در نظر گرفت [۳۲]. سفتی بافت و قوام بستنی گیاهی کنگد نسبت به بقیه نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر بود و از طرف دیگر سفتی بافت و قوام بستنی گیاهی بهینه شده نسبت به بستنی معمولی به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر بود. می‌توان بیان داشت مقدار سفتی بافت بستنی بهینه از همه نمونه‌های بستنی تولید شده به بستنی معمولی و شاهد نزدیک‌تر و قابل قبول بود. با توجه به مطالبی که در قسمت‌های بالایی ذکر گردید قطعاً تغییر نوع و مقدار پروتئین و چربی در شیر گیاهی و شیر گاو اولیه برای تهیه نمونه‌های مختلف بر روی خصوصیات عملکردی و مهم بستنی تأثیر بسزایی دارد که این خصوصیات عملکردی بر روی اندازه و توزیع حباب‌های هوا و تشکیل کریستال‌های بستنی تأثیر گذاشته و در نهایت می‌تواند سفتی بافت و قوام بستنی را دچار تغییر کند. سفتی ممکن است به عنوان بازتابی از اجزای تشکیل‌دهنده آمیخته (چربی، پروتئین، قند و هیدروکلوئیدها) و شرایط فرآیند (هموزنی‌اسیون، رسیدن و انجماد) محصول نهایی منجمد باشد [۳۰ و ۳۳].

چسبندگی نمونه بستنی کنگد به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و مقدار چسبندگی نمونه بهینه شده به مقدار چسبندگی نمونه بستنی معمولی بسیار نزدیک بود. این پارامتر به اثر ترکیبی نیروهای چسبندگی و پیوستگی و عوامل دیگری مثل ویسکوزیته و ویسکوالاستیسیته بستگی دارد (۳۴). همچنین نتایج نشان داد که (جدول ۵) مدول ظاهری الاستیسیته بستنی گیاهی بهینه شده به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از سایر نمونه‌های بستنی بود.



**Fig 5** Variations in the shear rate against shear stress for the investigated, typical, soy and sesame ice cream mixes



**Fig 6** Apparent viscosity changes in different shear rates for the investigated, typical, soy and sesame ice cream mixes

### ۳-۵- بررسی و مقایسه خصوصیات بافتی بستنی

#### بهینه شده با بستنی‌های معمولی و گیاهی

نتیجه پارامترهای به دست آمده از آزمون نفوذ نمونه‌ها در جدول ۵ آمده است. سفتی بستنی به عنوان مقاومت آن به تغییر شکل در

**Table 5** Comparison between the textural properties of the investigated ice cream with typical, soy and sesame ice creams

treatment	Hardness (g)	Adhesiveness (mj)	Apparent elasticity modulus (kpa)	Consistency (mj)
Soy ice cream	1442±4.35 <sup>b</sup>	4.2±0.73 <sup>c</sup>	125.0347±1.35 <sup>b</sup>	128.1±2.38 <sup>b</sup>
Sesame ice cream	1820±6.65 <sup>a</sup>	8.7±0.98 <sup>a</sup>	110.174±1.28 <sup>c</sup>	158.9±2.81 <sup>a</sup>
Typical ice cream	836±3.18 <sup>d</sup>	6.9±0.72 <sup>b</sup>	89.744±2.34 <sup>d</sup>	72.5±1.17 <sup>d</sup>
Investigated ice cream	1209±2.11 <sup>c</sup>	4.4±0.69 <sup>c</sup>	195.42±2.63 <sup>a</sup>	111.7±2.29 <sup>c</sup>

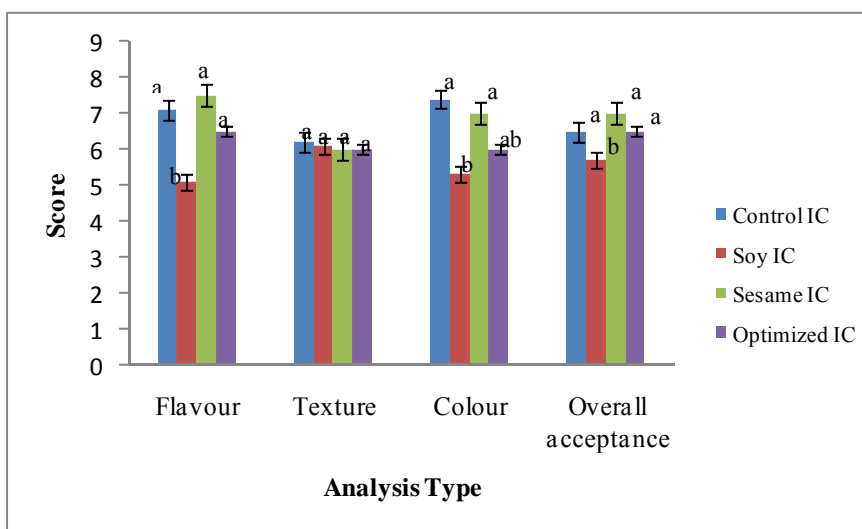
Similar letters in each row show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in each row indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

بودند. به‌طور کلی نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی نشان داد که می‌توان کیفیت بستنی گیاهی را از دید مصرف‌کنندگان مطلوب ارزیابی کرده و در آینده برای تولید انبوه در صنعت بر روی آن برنامه‌ریزی انجام داد. مهدیان و همکاران (۲۰۱۱) اثر افزودن آرد سویا به بستنی ماستی را بررسی نمودند که آن‌ها آرد سویا را تا سطح ۷۵ به بستنی ماستی منجمد اضافه نمودند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که افزودن آرد سویا در درصدهای بالا بر روی طعم و پذیرش کلی بستنی توسط ارزیابان تأثیرگذار بود و با افزایش درصد استفاده از آرد سویا پذیرش کلی آن کاهش یافت [۸].

### ۳-۶- مقایسه ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی

#### بهینه شده با بستنی‌های معمولی و گیاهی

نتایج ارزیابی حسی در این پژوهش نشان داد (شکل ۶) که نمونه‌های بستنی گیاهی در مجموع مطلوبیت خوبی برای تولید دارند و تنها بستنی تولید شده با شیر سویا در برخی موارد مانند ارزیابی طعم و مزه و رنگ به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) مورد مقبولیت ارزیاب‌ها قرار نگرفت که با توجه به تغییر شیر به عنوان ماده اولیه و استفاده از شیر سویا این اختلاف قابل توجهی می‌باشد؛ اما در بقیه موارد بررسی امتیازات نشان داد که اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین بدنه و بافت و پذیرش کلی نمونه‌های بستنی با یکدیگر وجود ندارد بطوریکه امتیازها به همدیگر بسیار نزدیک



**Fig 7** Sensory evaluation of the investigated, soy and sesame ice creams

Similar letters in each row show the insignificant difference ( $p < 0.05$ ) and different letters in each row indicate the significant difference ( $p < 0.05$ ).

نتایج می‌توان محصولات جدیدی با ویژگی‌های منحصر به فرد تولید کرد که مشکلات سلامتی بخشی موجود در بسیاری از محصولات حیوانی از جمله وجود کلسترول را تا حدود زیادی رفع کرده و پروتئین‌ها و چربی‌های گیاهی را جایگزین پروتئین‌ها و چربی‌ها حیوانی کنند. از سوی دیگر افزودن این نوع محصولات جذاب گیاهی به سبد خانوار گیاه‌خوار می‌تواند بازار جدیدی را برای صنعت گران این حوزه بگشاید. به نظر می‌رسد با توجه به مجموع این نتایج گرفته شده بستنی بهینه شده با شیرهای سویا و کنجد را به عنوان یک نمونه بستنی جدید،

### ۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان دادند که علیرغم وجود تفاوت معنی‌داری در مقادیر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی و حسی نمونه‌های بستنی تولیدی، بستنی گیاهی بهینه شده از نظر همه خصوصیات مورد بررسی به نمونه بستنی معمولی نزدیک بود و حتی در برخی از موارد کیفیت مطلوب‌تری برخوردار بود بطوریکه نتایج ارزیابی حسی نشان از تأیید کیفیت و پذیرش کلی نمونه‌های بستنی گیاهی داشت. با توجه به این

- Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8 (1), pp. 107-114
- [10] Friedeck, K. G., Karagul-Yuceer, Y. and Drake M. A. 2003. Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream. *Journal of Food Science*, 68(9): 2651-2657.
- [11] Dervisoglu, M., Yazici, F. and Aydemir, O. 2005. The effect of soy protein concentrate addition on the physical, chemical, and sensory properties of strawberry flavored ice cream. *European Food Research and Technology*, 221(3-4), pp.466-470.
- [12] Yeganehzad, S., Tehrani, M.M., Shahidi, F.A.K.H.R.I. and Zayerzadeh, E. 2009. Study on the effect of soymilk on survival of *Lactobacillus acidophilus*, physicochemical and organoleptical properties of probiotic yoghurt. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(1), pp.165-173.
- [13] Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M.J. and Pourazarang, H. 2014. Influence of processing conditions on the physicochemical and sensory properties of sesame milk: A novel nutritional beverage. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), pp.299-305.
- [14] Bahramparvar, M. and Mazaheri Tehrani, M. 2011. Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27(4), pp.389-407.
- [15] AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (Vol. 9). Association of Official Analytical Chemists.
- [16] Akalın, 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(3), pp.889-895.
- [17] Bahramparvar, M., Hadad, K.M.H. and Mohamad, A.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 (1), pp. 37-47.
- [18] Herald, T.J., Aramouni, F.M. and ABU-GHOUSH, M.H. 2008. Comparison study of egg yolks and egg alternatives in French Vanilla ice cream. *Journal of texture studies*, 39(3), pp.284-295.
- باکیفیت و با قدرت بازارپسندی بالا به مصرفکنندگان عرضه نمود.
- ### ۵- منابع
- [1] Goff, H.D. and Hartel, R.W. 2013. Ice cream. Springer Science & Business Media.
- [2] Goff, H.D. 2008. 65 Years of ice cream science. *International dairy journal*, 18(7), pp.754-758.
- [3] Jihad, M., Ayman, S., Khaled, A. 2009. Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum Indicum*). *American Journal of Applied Sciences* 6 (5): 888-896
- [4] Kwok, K.C., Liang, H.H. and Niranjan, K., 2002. Optimizing conditions for thermal processes of soy milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(17), pp.4834-4838.
- [5] Shahrabi, A.A., Badii, F., Ehsani, M.R., Maftoonazad, N. and Sarmadizadeh, D. 2011. Functional and thermal properties of chickpea and soy-protein concentrates and isolates. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 6(3), pp.49-58.
- [6] Alicia Cano-M. Hugo, J., Luc, D., Rosalba, P., uillermo, G., Eleazar, M. 2011. Emulsifying and foaming capacity and emulsion and foam stability of sesame protein concentrates. *Food Research International*. 44 : 684-692
- [7] Escamilla-Silva, E.M., Guzmán-Maldonado, S. H., Cano-Medinal, A. and González-Alatorre, G. 2003. Simplified process for the production of sesame protein concentrate. Differential scanning calorimetry and nutritional, physicochemical and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(9), pp.972-979.
- [8] Mahdeian, E., Mazaheri Tehrani, M. 2011. Optimization of Process Condition and Formulation of Soy-cow Milk Mix for Probiotic Yoghurt ice cream Production. Doctora thesis. *Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture*
- [9] Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M., Shahidi, F. 2011. Evaluation of the effect of Soy Flour on Rheological properties of ice cream.

- source of thickening agent. *Journal of Food Engineering*. 91: 490-496.
- [28] Dail, R.V. and Steffe, J.F. 1990. Rheological characterization of crosslinked waxy maize starch solutions under low acid aseptic processing conditions using tube viscometry techniques. *Journal of Food Science*, 55(6), pp.1660-1665.
- [29] Goff, H.D., Davidson, V.J. and Cappi, E. 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. *Journal of dairy science*, 77(8), pp.2207-2213.
- [30] Soukoulis, C., Chandrinos, I. and Tzia, C. 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with  $\kappa$ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), pp.1816-1827.
- [31] Rehman, S. U., Nawaz, H., Ahmad, M. M., Hussain S., Murtaza, A., and Shahid, S H. 2007. Physico-chemical and sensory evaluation of ready to drink soy-cow milk blend. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6 (3): 283-285.
- [32] Muse, M.R. and Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87(1), pp.1-10.
- [33] Varela, P., Pintor, A. and Fiszman, S. 2014. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. *Food hydrocolloids*, 36, pp.220-228.
- [34] Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R. and Truong, V. 2001. Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods. *International Journal of Food Properties*, 4(1), pp.1-3
- [19] Bahramparvar, M., Hadad Khodaparast, M.H. and Razavi, S. 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), pp.571-576.
- [20] 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.
- [21] Karaka, O.B., GÜven, M., Yasar, K., Kaya, S., and Kahyaoglu, T. 2008. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology* . 62, 93-99.
- [22] Razavi, S.M.A., Habibi, M.B. and Nayebzadeh, K. 2001. Effect of dairy substituents and stabilizers on chemical and physical properties of soy ice cream (Parvin). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), pp.615-624.
- [23] BahramParvar, M. and Razavi, S. 2012. Rheological interactions of selected hydrocolloid–sugar–milk–emulsifier systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(4), pp.854-860.
- [24] Damodaran, S., Parkin, K.L. and Fennema, O.R. eds. 2007. *Fennema's food chemistry*. CRC press.
- [25] Walstra, P., 1995. Physical chemistry of milk fat globules. *Advanced dairy chemistry*, 2, pp.131-178.
- [26] Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W. 2003. Composition and properties. In *Ice Cream* (pp. 11-54). Springer US.
- [27] Koocheki, A., Mortazavi, S. A., Shahidi , F., Razavi, S. M. A. & Taherian, A. R. 2009 . Rheological properties of mucilage extracted from *Alyssum homalocarpum* seed as a new

## The optimization of vegetable-based ice cream of soy and sesame milks formulation and comparing its properties with typical ice cream

Ghaderi, S. <sup>1</sup>, Mazaheri Tehrani, M. <sup>2\*</sup>, Razavi, S. M. A. <sup>2</sup>

1. Ph.D Student of Food Technology, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashad, Iran

2. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashad, Iran

(Received: 2016/04/29 Accepted:2016/08/06)

The main objective of this study was to optimized of vegetable-based ice cream of soy and sesame formulation and then compare its physicochemical properties, color indices, time-independent rheological properties, textural parameters and sensory properties with the typical ice cream and soy and sesame ice cream. Some physicochemical properties such as overrun, turbidity and melting resistance were significantly ( $P<0.05$ ) different from each other however were acceptable. Investigation of color indices of the all ice cream samples were significantly ( $P<0.05$ ) different from each other. All samples showed the pseudoplastic behavior and the power-law model had a high efficiency in the description of the rheological behavior of all samples ( $R^2 \geq 0.99$ ). Investigation of the textural parameters showed that in optimized ice cream except for cohesiveness, other factors, including stiffness and consistency were significantly ( $P<0.05$ ) higher than those of the typical ice cream and also according to the results of the sensory evaluation the produced vegetable-based ice cream samples were qualitatively desirable and similar to the typical one. The main reason behind the desirable properties could be the difference in protein type and content together with the different fatty acid profiles of the manufactured ice creams.

**Keywords:** Optimization, Vegetable-based ice cream, Soy, Sesame, Typical ice cream

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [mmtehrani57@gmail.com](mailto:mmtehrani57@gmail.com)