

## ارزیابی تاثیر زمان رسانیدن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد

سجاد قادری<sup>1</sup> - مصطفی مظاهری طهرانی<sup>2\*</sup> - سید محمد علی رضوی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1395/02/17

تاریخ پذیرش: 1395/08/19

### چکیده

هدف مهم از انجام این پژوهش بررسی اثر زمان رسانیدن بر تغییرات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی بهینه شده گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد در مقایسه با بستنی معمولی بود. بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی با استفاده از پارامترهای بافتی به هم مرتبط، روش سطح پاسخ و طرح D-optimal انجام پذیرفت و بهترین نسبت شیر سویا به شیر کنجد (55 به 45 درصد) به دست آمد. سپس همه آزمون‌های مورد بررسی در طی زمان‌های مختلف رسانیدن 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت اندازه‌گیری شدند. بررسی نتایج رئولوژیکی و بافتی نشان داد که فرآیند رسانیدن به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بر روی این خصوصیات بویژه ویسکوزیته، ضریب قوام و سفتی بافت تأثیرگذار بود بطوریکه شیب این تغییرات در طی زمان رسانیدن برای مخلوط بستنی بهینه شده گیاهی بیشتر بود. همچنین با افزایش زمان رسانیدن اورران و مقاومت به ذوب هردو نمونه بستنی به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بیشتر شد بطوریکه افزایش مقاومت به ذوب برخلاف اورران، در نمونه بستنی بهینه شده گیاهی بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. بطور کلی، بهترین زمان رسانیدن برای اعمال تغییرات کیفی مناسب در بستنی معمولی و بهینه شده گیاهی به ترتیب 6 و 8 ساعت بود. تفاوت در نوع و مقدار متفاوت پروتئین‌ها خصوصاً کازئین در فرمولاسیون، مهم‌ترین علت ایجاد تغییرات متفاوت هر دو نوع بستنی در طی فرآیند رسانیدن بوده است.

واژه‌های کلیدی: رسانیدن، بستنی گیاهی، سویا، کنجد

### مقدمه

معلق موجود در آمیخته بستنی را تغییر می‌دهند که پاستوریزاسیون چربی را ذوب کرده و هموژنیزاسیون اندازه گلبول‌های چربی را کاهش می‌دهد و غشاهای جدید و متفاوتی برای گلبول‌های چربی تشکیل می‌شود. آمیخته پس از هموژنیزاسیون باید بلافاصله در مرحله رسانیدن در دمای صفر تا 5 درجه سانتی‌گراد سرد شود و سپس در مخازن نگهداری مجهز به سیستم سردکننده نگاه داشته شود. در مرحله رسانیدن بستنی قابلیت زده شدن مخلوط بستنی بهتر شده و بافت و پیکره محصول نهایی بهبود می‌یابد. در حین رسانیدن، زمان کافی برای کریستاله شدن چربی فراهم می‌آید و پروتئین شیر و قوام دهنده‌ها می‌توانند آب آزاد را به صورت هیدراته جذب کنند که برای این عمل به چندین ساعت زمان نیاز هست. در گذشته زمان رسانیدن را 24 ساعت در نظر می‌گرفتند که امروزه صنعت به این نتیجه رسیده است که بیش از 2 تا 4 ساعت زمان رسانیدن از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست (مرتضوی و همکاران، 1384).

یکی از فراورده‌های پروتئینی کنجد تولید عصاره شیر ماندنی است که 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

بستنی فراورده منجمدی است که از شیر و مشتقات آن تهیه می‌شود. یک فراورده غذایی مشهور که به دلیل دارا بودن سه فاز جامد (کریستال یخ و چربی)، مایع (محللول شکر) و گاز (حباب‌های هوا) می‌تواند به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین مواد غذایی مطرح باشد. فرایندهای لازم برای اکثر دسرهای لبنی منجمد شبیه هم می‌باشد. اختلاط اجزای غیرمنجمد، پاستوریزاسیون، هموژنیزاسیون، سرد کردن، رسانیدن در 4 درجه سانتی‌گراد، سپس انجماد آمیخته بستنی در دمای نزدیک به 5- درجه سانتی‌گراد در فریزر مکانیکی (بستنی‌ساز) و نهایتاً سخت کردن در دمای 25- تا 30- درجه سانتی‌گراد (Goff et al., 2013).

رسانیدن بستنی در مراحل تولید بستنی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون، شکل فیزیکی مواد جامد

1 و 2 - دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

\* - نویسنده مسئول: (Email: mmtehrani57@gmail.com)  
DOI: 10.22067/iftstr.v1395i0.55743

رسانیدن علاوه بر داشتن نقش اساسی در ایجاد خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی، در ایجاد خصوصیات پذیرش هوا و اورران و در واقع بحث اقتصاد تولید بستنی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر زمان رسانیدن بر روی تغییرات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی بستنی بهینه شده گیاهی بر پایه شیر سویا و شیر کنجد در مقایسه با بستنی معمولی است و بررسی این نکته که آیا پروتئین‌های گیاهی تأثیر مثبت یا منفی نسبت به کارژین در فرآیند رسانیدن اعمال می‌کنند.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش، آرد سویا (19 درصد چربی و 76/5 درصد ماده خشک بدون چربی) از شرکت توس سویان مشهد ایران، شیر استرلیزه و هموژنیزه (1/5 درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان، خامه استرلیزه و هموژنیزه (30 درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی پگاه خراسان، پایدارکننده تجاری پانیسول ex (دنیکسو، 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.

### تهیه شیر سویا

آرد سویا تهیه شده به نسبت 1:5 در آب مقطر با دمای 85 درجه سانتی‌گراد (یک قسمت آرد سویا و پنج قسمت آب) مخلوط گردید و سپس به مدت 15 دقیقه در مخلوط‌کن با دور متوسط 700 دور در دقیقه مخلوط گردید. سپس مخلوط تهیه شده را به دمای 40-50 درجه سانتی‌گراد رسانده و با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (ماده خشک انتهایی شیر کنجد بین 12-11 تنظیم گردد). در انتها سرد شده در ظروف مناسب در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 ثانیه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای 4-5 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (یگانه‌زاد، 1386).

### تهیه شیر کنجد

کنجد به نسبت 1:3 (یک قسمت کنجد و سه قسمت آب) با آب مقطر مخلوط شد و سپس به مدت 16 ساعت در دمای محیط گذاشته شد. سپس کنجد با آب شستشو داده شد و پس از مخلوط شدن با آب به نسبت 1:2 و در دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه بلانچ شد. پس از آبکشی و شستشوی مجدد کنجد به نسبت 1:5 با آب مقطر مخلوط شده و به مدت 20 دقیقه در مخلوط‌کن با دور متوسط 700 دور در دقیقه مخلوط گردید. پس از نگهداری مخلوط به مدت 1 ساعت در دمای اتاق، با پارچه صافی دو لایه فیلتر گردید (بطوریکه ماده خشک انتهایی شیر کنجد بین 12-11 تنظیم گردد). در انتها شیر

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، خوش طعم بوده و از این لحاظ نسبت به شیر سویا برتری دارد (Jihad et al., 2009).

شیر سویا معروف‌ترین شیر گیاهی مورد استفاده در تهیه بستنی است زیرا این محصول 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 دسته‌بندی گردد (Kwak et al., 2002).

محققان در پژوهشی بیان داشتند که پروتئین‌های کنجد می‌توانند به‌عنوان عاملی برای ایجاد کف، امولسیون و ژل در طیف وسیعی از مواد مورد استفاده قرار گیرند (Escamilla-Silva et al., 2003). مهدیان و همکاران (1390) 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. اسدی‌نژاد و همکاران (1387) تأثیر نوع پایدارکننده و زمان رسانیدن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی نرم را بررسی نمودند. آن‌ها دریافتند که زمان رسانیدن بر برخی خصوصیات مانند pH و وزن مخصوص تأثیر معنی‌داری ندارد اما بر سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی مانند اورران، مقاومت به ذوب و پارامترهای بافتی تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و همه این پارامترها را بهبود می‌دهد. درویسگلو همکاران (2005)، کنستانتره پروتئینی سویا را در سطوح مختلف جایگزین ماده جامد بدون چربی شیر نموده و مشاهده کردند که افزودن کنستانتره پروتئینی سویا باعث کاهش سفیدی و ضریب افزایش حجم و افزایش میزان مقاومت به ذوب نمونه‌ها گردید. هرالذ و همکاران (2008) با استفاده از ایزوله پروتئینی سویا را به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در بستنی وانیلی فرانسوی با نشاسته اصلاح‌شده ذرت و کنستانتره پروتئینی آب پنیر مورد مقایسه قرار دادند. طبق نتایج به‌دست آمده نمونه حاوی ایزوله پروتئینی سویا دارای سفتی بیشتر و پذیرش حسی پایین‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها بود.

بخش اعظمی از افرادی که در جامعه زندگی می‌کنند تنها مواد گیاهی مصرف می‌کنند و در تأمین برخی محصولات جذاب و خوشمزه مانند بستنی و فرآورده‌های لبنی مشکل اساسی دارند، لذا تولید بستنی گیاهی بر پایه شیرهای گیاهی علاوه بر داشتن خصوصیات سلامتی بخش که فاقد چربی حیوانی است و کمک به افراد گیاه‌خوار، یک کالای جدید محسوب می‌شود که بازار مصرف خوبی را برای تولیدکنندگان مهیا خواهد ساخت که می‌توانند از این بازار برای منافع اقتصادی بهره‌مند شوند. از سوی دیگر مرحله

در ظروف مناسب در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 ثانیه پاستوریزه شد و تا زمان مصرف در ظروف در بسته در یخچال با دمای 4-5 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Ahmadian *et al.*, 2014).

#### تهیه نسبت بهینه 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 نسبت بهینه از شیرهای گیاهی برای تهیه بستنی با بهترین بافت به دست آید. برای این منظور از سه پارامتر سفتی، قوام و مدول ظاهری الاستیسیته که سنجشی برای سفتی بافت محسوب می‌شوند و با استفاده از نمونه شاهد تهیه شده از شیر گاو نسبت بهینه به دست آمد. سپس فرآیند رسانیدن با توجه به اندازه‌گیری و مقایسه خصوصیات رئولوژیکی، بافتی و فیزیکوشیمیایی نمونه بستنی بهینه شده و نمونه شاهد در طی زمان‌های متفاوت رسانیدن مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### تهیه بستنی

فرمولاسیون بستنی معمولی شامل 10 درصد چربی، 15 درصد شکر، 11 درصد ماده جامد بدون چربی شیر، 0/5 درصد پایدارکننده، 0/1 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 نرم‌افزار اکسل 2010 طراحی گردید و بر اساس آن وزن همه ترکیبات مشخص گردید. پس از به دست

آوردن نسبت بهینه بر اساس طراحی آزمایش توسط نرم‌افزار، 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، شیر گاو و خامه ضمن حرارت دادن ملایم تا حداکثر دمای 50-45 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 3 دقیقه کاملاً مخلوط شده و در دمای 80°C به مدت 25 ثانیه پاستوریزه و توسط هموژنایزر (Ultra Turrax T25D IKA, Germany) به مدت 3 دقیقه در دور 15000 هموژن گردید. سپس بلافاصله به کمک حمام آب، یخ و نمک تا دمای 5°C سرد شد. پس از آن، مرحله رسانیدن در زمان‌های 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت در یخچال (دمای 5 ± 0/5°C) انجام شد. مخلوط بستنی همه نمونه‌های تهیه شده، پس از طی مرحله رسانیدن به مدت 20 دقیقه در دستگاه بستنی‌ساز غیرمداوم (ICK 5000, Delonghi, Germany) قرار گرفتند. در پایان، نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی درب دار ریخته و کدگذاری شدند و حداقل به مدت 24 ساعت در فریزر 18°C قرار گرفتند. ضمناً نمونه بستنی معمولی از شیر گاو با مواد و روش یکسان و در طی زمان‌های رسانیدن 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت به‌عنوان نمونه شاهد تولید گردید (Bahramparvar *et al.*, 2011). همه متغیرها در نمودارها با عناوین موجود در جدول 1 تعریف گردید.

جدول 1- تعریف متغیرهای بکار رفته در نمودارهای رئولوژیکی و بافی

نام نمونه	تعریف
Control	نمونه بستنی شاهد
Control 0	نمونه بستنی شاهد بدون از طی زمان رسانیدن
Control 4	نمونه بستنی شاهد با 4 ساعت زمان رسانیدن
Control 8	نمونه بستنی شاهد با 8 ساعت زمان رسانیدن
Optimized	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی
Optimized 0	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی بدون از طی زمان رسانیدن
Optimize 4	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی با 4 ساعت زمان رسانیدن
Optimize 8	نمونه بستنی بهینه شده گیاهی با 8 ساعت زمان رسانیدن

#### آزمون رئولوژیکی

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مخلوط بستنی، پس از طی زمان رسانیدن آن‌ها با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین (Bohlin Model Visco 88, Bohlin instruments, UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی (Julabo, Model F12-MC, Julabo)

#### آزمون‌های مربوط به مخلوط و بستنی

##### اندازه‌گیری مقدار پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌های بستنی به روش کلدال انجام پذیرفت (استاندارد ملی شماره 639).

کنجد از نرم‌افزار Design Expert، روش سطح پاسخ و از طرح D-optimal استفاده شده و بهترین نسبت بهینه شیر سویا به شیر کنجد انتخاب گردید. تیمار مورد مطالعه در این آزمون زمان رسانیدن با سطوح 0، 2، 4، 6، 8 و 24 ساعت بود. داده‌های 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 95 درصد ( $P < 0/05$ ) استفاده شد و منحنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ترسیم شدند.

## بحث و نتایج

### بهینه‌سازی فرمولاسیون

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 به‌دست آمده از نمونه شاهد و بر اساس نمونه‌های فیکس شده توسط مدل با ضریب مطلوبیت بالا بهترین نسبت شیر سویا (55 درصد) به شیر کنجد (45 درصد) برای تهیه بستنی گیاهی با بهترین خصوصیات بافتی به‌دست آمد (شکل 1). 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 2 مشخص است نتایج بسیار به همدیگر نزدیک بود که نشان دهنده اعتبار مدل و مقادیر به‌دست آمده برای نسبت دو شیر گیاهی بود.

### مقدار پروتئین بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

پس از رسیدن به نسبت بهینه مقدار پروتئین بستنی تهیه شده با فرمول بهینه گیاهی و بستنی معمولی محاسبه گردید. مقدار پروتئین بستنی بهینه شده گیاهی 3/07 گرم در 100 گرم نمونه بود که از این مقدار حدود 1/1 آن پروتئین شیر گاو و بقیه پروتئین گیاهی بود. برای بستنی معمولی 2/73 گرم در 100 گرم نمونه بود که همه آن پروتئین شیر گاو محسوب گردید.

### بررسی تأثیر زمان رسانیدن بر تغییرات رئولوژیکی مخلوط

#### بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

بررسی نتایج مربوط به تغییرات رئولوژیکی در زمان‌های مختلف در نمودارهای 2 نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است مدل توان کارایی بسیار زیادی ( $R^2 \geq 0/99$ ) در توصیف رفتار رئولوژیکی همه نمونه‌های مخلوط بستنی بهینه‌شده و معمولی داشت. ویسکوزیته ظاهری همه نمونه‌ها با افزایش درجه برشی کاهش یافت

(Labortechnik, Germany) در دمای  $5 \pm 0/5^\circ\text{C}$  و درجه برش 51/8 1/s تعیین گردید. رفتار جریان نمونه‌ها با مدل قانون توان مقایسه شدند. رابطه این معادله در زیر آورده شده است (Akalin et al., 2008).

$$\tau = k(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

### آزمون بافتی

از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer Brookfield CT3-10kg, US) برای ارزیابی بافت نمونه‌های 50 گرمی تهیه شده از همه بستنی‌ها استفاده گردید. بدین منظور از پروبی به قطر 6 mm برای نفوذ به عمق 15 mm نمونه‌ها با سرعت 2 mm/s استفاده شد. بیش‌ترین نیروی فشاری طی نفوذ به‌عنوان سفتی<sup>1</sup> تعریف شد. سطح بیش‌ترین نیروی منفی طی برگشت پروب به‌عنوان چسبندگی<sup>2</sup> در نظر گرفته شد، همچنین مدول ظاهری الاستیسیته<sup>3</sup> به‌عنوان بخشی از منحنی که شاخص جزء الاستیک ماده است و قوام<sup>4</sup> به‌صورت سطح زیر منحنی تا رسیدن به تغییر شکل هدف تعریف گردید (Akalin et al., 2008).

### مقاومت به ذوب

برای این منظور مقدار 30 گرم از نمونه بستنی بعد از سخت شدن در یک کیف بوختر ریخته و روی دهانه یک ارلن مایر 500 میلی‌لیتری قرار داده شد. ارلن و نمونه را به مدت 15 دقیقه در دمای 25 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 (مهدیان و همکاران، 1390).

$$100 \times (\text{وزن نمونه بستنی} / (\text{وزن نمونه بستنی} - \text{وزن} \quad (2)$$

نمونه ذوب شده)) = درصد مقاومت به ذوب

### اورران

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 (Bahramparvar et al., 2008).

$$100 \times (\text{وزن همان حجم از بستنی} / (\text{وزن حجم معینی از مخلوط بستنی} - \text{وزن همان حجم از بستنی})) = \text{ضریب افزایش حجم}$$

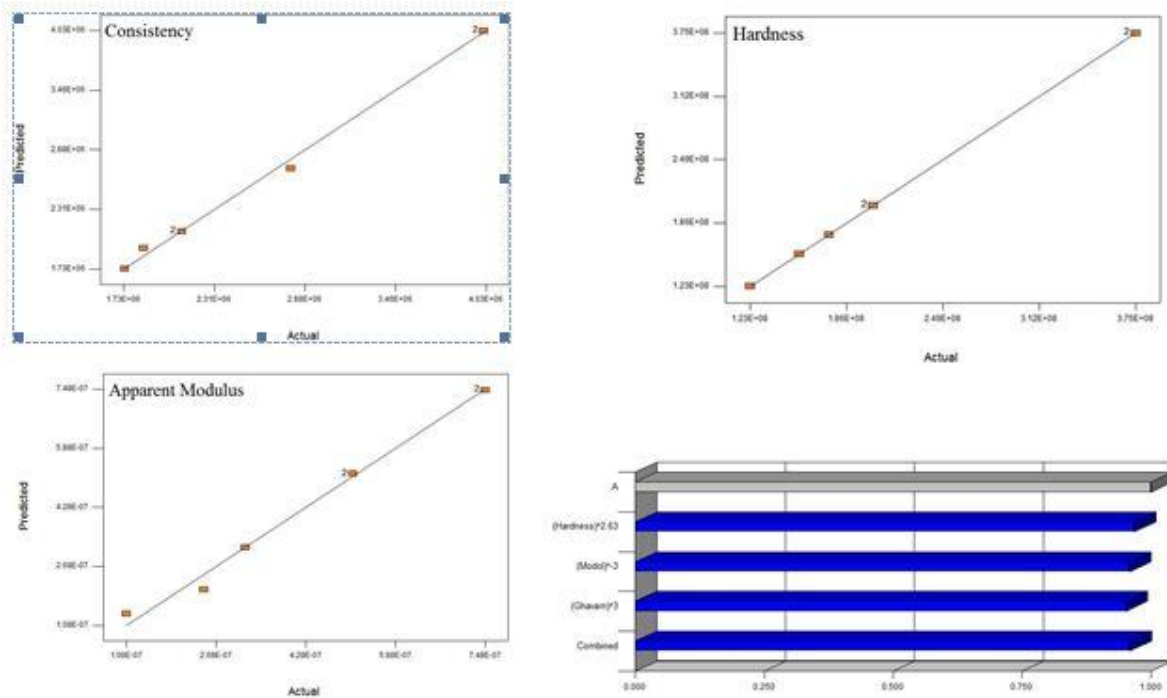
### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون بستنی گیاهی بر پایه شیر سویا و

- 1 Hardness
- 2 Adhesiveness
- 3 Apparent modulus of elasticity
- 4 Consistency

شونده با افزایش درجه برشی داشتند.

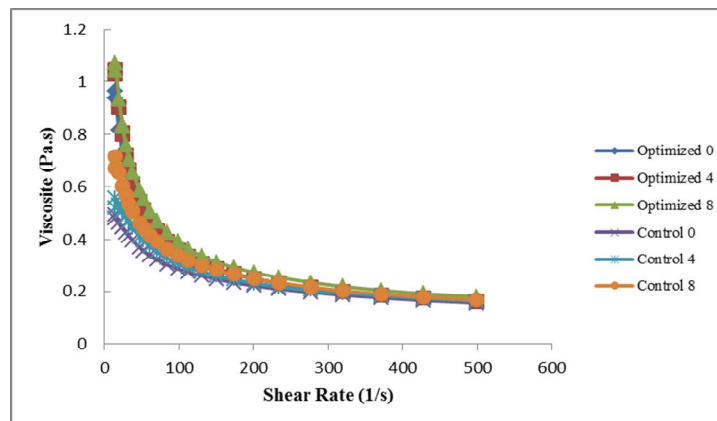
(شکل 2). از سوی دیگر نتایج نشان داد که همه نمونه‌های مورد بررسی در طی همه زمان‌های رسانیدن رفتار سودوپلاستیک یا شل



شکل 1- بهینه‌سازی نسبت شیر سویا به شیر کنجد با استفاده از پارامترهای سفتی، قوام و مدول ظاهری الاستیسیته

جدول 2- مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای بافتی بدست آمده آزمایشگاهی با مقادیر نرم‌افزاری نسبت بهینه

پارامتر/نوع بستنی	بستنی بهینه (نرم افزار)	بستنی بهینه (محاسبه تجربی)
سفتی بافت	1217/91	1209
قوام	122/6	111/7
مدول ظاهری	196/39	195/426



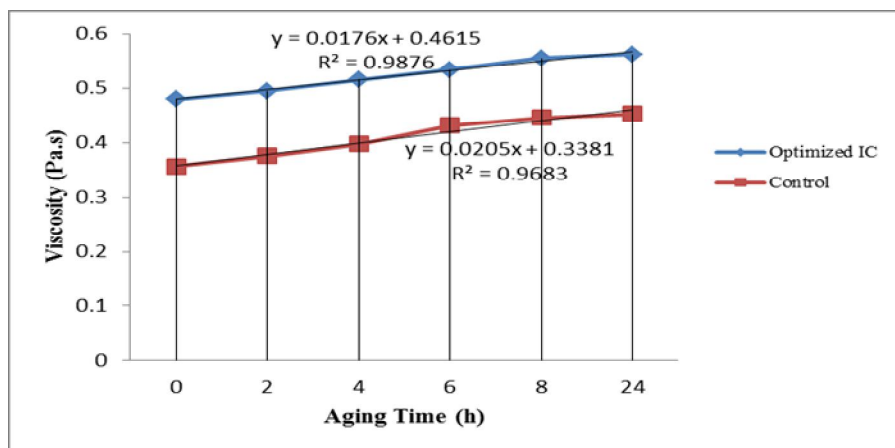
شکل 2- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری مخلوط بستنی گیاهی و معمولی در برابر درجه برشی

(2008).

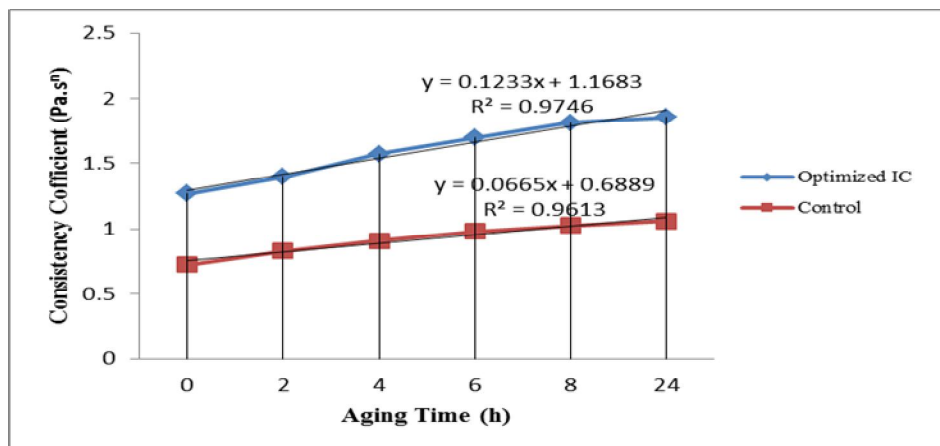
مهیدیان و همکاران (1390) اثر افزودن آرد سویا به بستنی ماستی را بررسی کردند که نتایج آن‌ها نشان داد که با افزودن آرد سویا و با توجه به میزان بالای پروتئین‌های سویا و قابلیت جذب بالای پروتئین‌های آن و همچنین با افزایش محتوای مواد عملکردی ضریب قوام نمونه بستنی افزایش می‌یابد. همچنین ضریب قوام تابعی از طبیعت ویسکوز مواد غذایی است. در ضمن نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که نمونه‌های مخلوط بستنی حاوی سویا همگی سودوپلاستیک بودند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی داشت. پژوهشگران گزارش کردند که جایگزینی ماده خشک بدون چربی با کنستانتره‌های پروتئینی سویا در ترکیب بستنی، ویسکوزیته نمونه‌ها را به‌طور مشخصی افزایش می‌دهد ( Dervisoglu et al., 2005; Herald et al., 2008).

طی رسانیدن بستنی دو عمل مهم صورت می‌گیرد، اول اینکه امولسیفایرها جذب سطح گویچه‌های چربی شده و جای پروتئین‌های شیر را می‌گیرند که این عمل به کمک سرد شدن مخلوط انجام می‌گیرد، چراکه مونو و دی گلیسریدها متبلور شده و متعاقب با آن آبریزتر شده و با قدرت بیشتری جذب گویچه‌های چربی می‌گردد. دومین فرآیند در طی رسانیدن، تبلور چربی در داخل قطرات است (جنگی و همکاران، 1385) به عبارت دیگر نگهداری در دمای پایین در طی چندین ساعت باعث شروع کریستالیزاسیون چربی، جذب پروتئین‌ها و امولسیفایرها به سطح گلبول‌های چربی و آگیری پروتئین‌ها و پایدارکننده‌ها می‌گردد که نتیجه همه این موارد افزایش ویسکوزیته و افزایش ضریب قوام مخلوط بستنی می‌باشد ( Goff, 1997).

نتایج نشان داد که ویسکوزیته و ضریب قوام هر دو مخلوط بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی با افزایش زمان رسانیدن افزایش می‌یابد و شیب این افزایش در مورد ویسکوزیته تقریباً برای هر دو نمونه مورد بررسی یکسان بود (شکل 3). هرچه به انتهای زمان رسانیدن مورد بررسی نزدیک شدیم شاهد تغییرات کمتری در مورد ویسکوزیته بودیم بطوریکه از زمان صفر تا 8 ساعت ویسکوزیته نمونه مخلوط بستنی معمولی 0/88 و از زمان 8 تا 24 ساعت تنها 0/07 پاسکال در ثانیه تغییرات داشت. در مورد مخلوط بستنی بهینه شده نیز تغییرات از زمان 0 تا 8 ساعت 0/76 و از زمان 8 تا 24 ساعت تنها 0/07 پاسکال در ثانیه بود که می‌توان به صراحت بیان داشت تا زمان 8 ساعت ویسکوزیته مخلوط به اندازه کافی افزایش داشته و زمان‌های بعدی از نظر اقتصادی به هیچ عنوان مقرون به صرفه نمی‌باشند. بررسی ضریب قوام نمونه‌ها نیز نشان داد که تغییرات ضریب قوام مانند ویسکوزیته است با این تفاوت که شیب این تغییرات افزایشی برای مخلوط بستنی بهینه شده گیاهی بیشتر بود (شکل 4). ویسکوزیته و ضریب قوام مخلوط گیاهی بهینه شده از ابتدا تا انتهای مرحله رسانیدن از موارد مشابه نمونه مخلوط بستنی معمولی بیشتر بودند که می‌توان بیان داشت که دلیل اصلی بیشتر بودن ویسکوزیته و ضریب قوام مربوط به حضور پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدهای شیر سویا در آمیخته بستنی می‌باشد چرا که حضور این ترکیبات که دارای وزن مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه زلی، می‌تواند افزایش ویسکوزیته و ضریب قوام را توجیه کند و اهمیت این موضوع این است که 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 ( Bahramparvar et al., 2008).



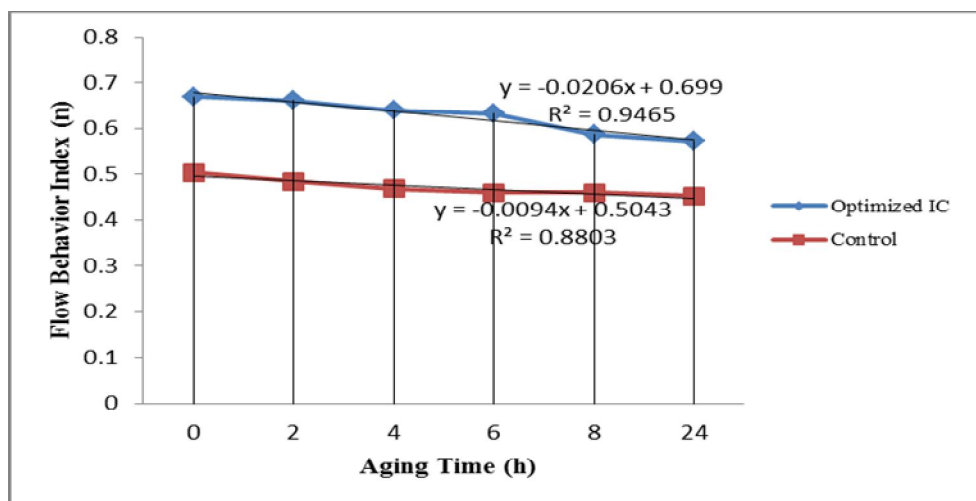
شکل 3- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی



شکل 4- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات ضریب قوام مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی

این است که همه نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک (شل شونده با برش) دارند. هرچه اندیس جریان کمتر باشد نشان‌دهنده رفتار سودوپلاستیک بیشتر آن مخلوط است که نمونه‌هایی با اندیس جریان کمتر و گرانبوی بالاتر، خاصیت خوشایند دهانی بیشتری دارند (Dail *et al.*, 1990). در پژوهشی شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی را در حدود 0/7 ذکر کردند (Goff *et al.*, 1994) و در تحقیقی دیگر شاخص رفتار جریان آمیخته بستنی همراه با فیبر را بین 0/45 تا 0/81 عنوان کردند که با نتایج این پژوهش کاملاً همخوانی دارد (Soukoulis *et al.*, 2009).

نتایج مربوط به بررسی اندیس جریان برای مخلوط نمونه‌های بهینه شده گیاهی و مخلوط بستنی معمولی در شکل 5 آورده شده است. در همه زمان‌های رسانیدن مورد بررسی اندیس جریان برای هر دو نمونه کاهش یافت که مانند ضریب قوام شیب تغییرات برای نمونه گیاهی بیشتر بود، بطوریکه اندیس جریان برای نمونه مخلوط بستنی معمولی از زمان 6 ساعت تقریباً بدون تغییر ماند اما این شاخص برای نمونه مخلوط بستنی گیاهی تا زمان 8 ساعت در تغییر بود و پس از آن مقدار تغییرات تا زمان 24 ساعت با شیب بسیار اندکی ادامه داشت. مقادیر کمتر از یک اندیس رفتار جریان (n) برای همه نمونه‌ها گویای



شکل 5- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات اندیس جریان مخلوط بستنی گیاهی بهینه و معمولی

زمان رسانیدن به ثبات نسبی مطلوب برای متغیرهای ویسکوزیته و ضریب قوام بستنی معمولی نسبت به بستنی بهینه شده گیاهی کمتر می‌باشد.

به نظر می‌رسد پارامترهای رئولوژیکی شامل ویسکوزیته، ضریب قوام و اندیس جریان هر دو نمونه بستنی گیاهی و بستنی معمولی با افزایش زمان رسانیدن دچار تغییرات مثبتی می‌شوند بطوریکه افزایش

نمونه‌های بستنی نیز نشان از روند کاهشی و معنی‌دار این پارامتر مانند سفتی نمونه‌ها داشت که این روند کاهشی با افزایش زمان رسانیدن برای نمونه بستنی بهینه شده گیاهی معنی‌دارتر ( $P < 0/05$ ) بود. در مجموع سفتی بافت و قوام بستنی گیاهی بهینه شده نسبت به نمونه بستنی معمولی به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بیشتر بود. به نظر می‌رسد بستنی معمولی در طی 6 ساعت و بستنی بهینه شده گیاهی در بین زمان 8 تا 24 ساعت توانسته به قوام مطلوب دست پیدا کند. احتمالاً تغییر نوع و مقدار پروتئین و چربی در شیر گیاهی و شیر گاو با تاثیر بر خصوصیات عملکردی، اندازه و توزیع حباب‌های هوا و تشکیل کریستالهای بستنی بر سفتی بافت و قوام بستنی موثر بوده است. سفتی ممکن است به عنوان بازتابی از اجزای تشکیل‌دهنده آمیخته (چربی، پروتئین، قند و هیدروکلوئیدها) و شرایط فرآیند (هموژنیزاسیون، رسانیدن و انجماد) محصول نهایی منجمد باشد (Soukoulis et al., 2009; Varela et al., 2014). با کاهش دمای فرایند رسانیدن قابلیت زده شدن آمیخته بیشتر شده، زمان مورد نظر برای آگیری پروتئین و پایدارکننده فراهم شده و ویسکوزیته به‌طور جزئی افزایش می‌یابد، در نتیجه این موارد زمان مورد نظر برای نو آرایی غشاء و برهمکنش پروتئین-امولسیفایر را فراهم کرده و با توزیع مناسب گلوله‌های هوا در ساختار بستنی در مراحل بعدی بافت بستنی بهبود می‌یابد (Goff et al., 2013).

### بررسی تأثیر زمان رسانیدن بر تغییرات بافتی بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی

مقاومت بستنی به تغییر شکل زمانی که یک نیروی خارجی وارد می‌شود را سفتی می‌گویند که یک ویژگی بسیار مهم می‌باشد که تحت تأثیر تعدادی از فاکتورها از جمله نقطه انجماد اولیه (میزان قند)، مواد جامد، ضریب افزایش حجم و میزان و نوع پایدارکننده‌ها و ویسکوزیته قرار می‌گیرد (Muse et al., 2004). نتیجه بررسی پارامترهای به‌دست آمده از آزمون نفوذ همه نمونه‌های بستنی تولید شده در جدول 3 آمده است. سفتی بافت، چسبندگی و قوام نمونه‌ها به‌عنوان شاخص‌های بافتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سفتی بافت هر دو نمونه با افزایش زمان رسانیدن کاهش یافت که این روند کاهشی سفتی در نمونه بستنی گیاهی بهینه شده نسبت به نمونه بستنی معمولی‌ها به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بیشتر بود. سفتی بافت نمونه بستنی بهینه شده گیاهی در زمان صفر بسیار بالا و حدود 10576 گرم بود که نسبت به نمونه بستنی معمولی بسیار بالاتر بود و این مطلب مستلزم این است که بستنی بهینه شده گیاهی باید مرحله رسانیدن را طی کند. روند معنی‌داری تغییرات در نمونه بستنی گیاهی بسیار بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود که این روند تا زمان 24 ساعت ادامه داشت اما شدت تغییرات سفتی بافت در نمونه بستنی معمولی بسیار کندتر بود بطوریکه به‌نظر می‌رسد تا زمان 6 ساعت رسانیدن بستنی توانسته بافت بسیار مناسبی پیدا کند. از سوی دیگر بررسی قوام بافت

جدول 3- تاثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات خصوصیات بافتی بستنی گیاهی بهینه و معمولی

زمان رسانیدن	سفتی بافت (g)		ضریب قوام (mJ)		چسبندگی (g)	
	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده
0	3450±12/2 <sup>a</sup>	10576±32 <sup>a</sup>	309/8±2/51 <sup>a</sup>	1139/3±2/38 <sup>a</sup>	9/1±0/22 <sup>c</sup>	17/9±0/71 <sup>a</sup>
2	2166±9/3 <sup>b</sup>	8751±23 <sup>b</sup>	184/3±2/62 <sup>b</sup>	859/8±1/81 <sup>b</sup>	8/8±0/19 <sup>a</sup>	15/9±0/67 <sup>b</sup>
4	1675±6/25 <sup>c</sup>	8397±22 <sup>c</sup>	160/6±1/29 <sup>bc</sup>	853/6±1/07 <sup>b</sup>	7/6±0/19 <sup>b</sup>	14/2±0/62 <sup>c</sup>
6	1386±5/23 <sup>cd</sup>	5624±17 <sup>d</sup>	119/3±2/13 <sup>c</sup>	450/9±1/31 <sup>c</sup>	7/3±0/21 <sup>b</sup>	12/4±0/53 <sup>d</sup>
8	1125±4/16 <sup>cd</sup>	2417±10 <sup>e</sup>	72/5±1/62 <sup>d</sup>	208/7±2/11 <sup>d</sup>	7/2±0/18 <sup>b</sup>	8/1±0/68 <sup>e</sup>
24	845±3/29 <sup>d</sup>	1230±7 <sup>f</sup>	71/5±1/07 <sup>d</sup>	111/7±1/34 <sup>e</sup>	6/9±0/17 <sup>bc</sup>	5/3±0/42 <sup>f</sup>

\*حروف یکسان در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار ( $P > 0/05$ ) است و حروف غیر یکسان در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) است.

در نمونه بستنی بهینه شده گیاهی نسبت به نمونه بستنی معمولی بسیار معنی‌دارتر ( $P < 0/05$ ) بود. به‌طور تقریبی مقدار شاخص چسبندگی در زمان 4 ساعت برای نمونه بستنی معمولی ثابت گردید و برای بستنی بهینه شده گیاهی تا زمان 24 ساعت روند کاهشی داشت. به‌نظر می‌رسد این زمان‌ها برای اتمام فرایند رسانیدن و بهبود این پارامتر کاملاً مناسب باشند.

چسبندگی به اثر ترکیبی نیروهای چسبندگی و پیوستگی و عوامل دیگری مثل ویسکوزیته و ویسکوالاستیسیته بستگی دارد (Adhikari et al., 2001). در مقایسه زمان‌های ابتدایی رسانیدن، چسبندگی نمونه بستنی گیاهی بهینه شده به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. به‌طور کلی نتایج بررسی این پارامتر نشان داد که (جدول 3) چسبندگی همه نمونه‌ها مورد بررسی با افزایش زمان رسانیدن کاهش پیدا کرد که روند تغییرات و کاهش چسبندگی



وجود پروتئین‌های سویا و نقش بدون انکار آن‌ها در پایدارسازی گلبول‌های هوا می‌توان این نتایج را توجیه کرد. عامری و همکاران (1390) بیان داشتند که پروتئین‌های سویا توانایی تشکیل کف بسیار خوبی داشته و قادر هستند نقش مؤثری در محصولات غذایی حجیم داشته باشند. از سوی دیگر در طی فرایند رسانیدن مخلوط بستنی، پروتئین‌ها و پایدارکننده‌های موجود در فرمولاسیون بستنی آبیگری کرده و موجب افزایش ویسکوزیته می‌شوند و فضا را برای حفظ و توزیع مناسب سلول‌های هوا فراهم می‌آورند که در نتیجه اورران افزایش می‌یابد. در اندازه‌گیری درصد اورران نمونه‌های بستنی باید بیان داشت با توجه به استفاده از دستگاه بستنی‌ساز آزمایشگاهی مقدار اورران مطلوب را می‌توان بین 28-30 درصد بیان داشت. مهدیان و همکاران (1390) اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات بستنی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن بود که افزایش درصد جایگزینی ماده جامد بدون چربی با آرد سویا در سطح بالاتر از 45 درصد، باعث بهبود میزان افزایش حجم نمونه‌ها گردید به طوری که این میزان برای نمونه 65 درصد آرد سویا بالاترین (28 درصد) بود. در پژوهش‌های مختلف مقادیر پایین برای ضریب افزایش حجم بستنی معمولی به دست آوردند و آن را به کارا نبودن دستگاه بستنی‌ساز مرتبط کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی کاملی داشت (Bahramparvar et al., 2011; Bahramparvar et al., 2012).

**بررسی تأثیر زمان رسانیدن بر تغییرات فیزیکی (اورران و مقاومت به ذوب) بستنی بهینه شده گیاهی و بستنی معمولی**  
همان‌طور که در جدول 4 آورده شده است زمان رسانیدن به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بر اورران نمونه‌های بستنی بهینه‌شده و معمولی مورد بررسی تأثیرگذار بوده است. با افزایش زمان رسانیدن اورران در نمونه‌های بستنی به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بیشتر شده است بطوریکه شدت این تغییرات در نمونه بستنی گیاهی بهینه شده بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. در نمونه بستنی معمولی درصد اورران بعد از حدود 6 ساعت به مقدار مطلوبی می‌رسد که مقدار مشابه برای بستنی بهینه شده گیاهی حدود 8 ساعت بوده است. همان‌طور که کاملاً مشخص است (جدول 4) از زمان 8 ساعت تا 24 ساعت برای هر دو نمونه خصوصاً نمونه بستنی گیاهی تغییرات خاصی در اورران صورت نگرفت. با توجه به ثابت بودن نوع و مقدار همه ترکیبات تأثیرگذار بر روی اورران شامل پایدارکننده‌ها، مقدار ماده خشک و چربی و همچنین روش تولید یکسان نمونه‌های بستنی، به نظر می‌رسد تغییر نوع و مقدار پروتئین‌های مورد استفاده خصوصاً کازئین در شیر گاو برای استفاده در بستنی بر افزایش اورران در نمونه‌های مختلف تأثیرگذار بوده‌اند و در برخی موارد در نمونه‌های گیاهی توانسته‌اند در ایجاد اوررانی معادل بستنی معمولی نقش بسزایی داشته باشند. بستنی بهینه شده با شیرهای گیاهی اورران بسیار مطلوبی در حد بستنی معمولی داشت که با توجه به درصد و نوع پروتئین بالای آن خصوصاً

جدول 4- تأثیر زمان رسانیدن بر روند تغییرات خصوصیات فیزیکی بستنی گیاهی بهینه و معمولی

زمان رسانیدن	اورران		مقاومت به ذوب	
	معمولی	بهینه شده	معمولی	بهینه شده
0	14/69±0/22 <sup>a</sup>	16/12±0/42 <sup>a</sup>	37/75±0/47 <sup>a</sup>	35/14±0/52 <sup>a</sup>
2	22/67±0/31 <sup>b</sup>	18/16±0/52 <sup>b</sup>	48/82±0/64 <sup>b</sup>	48/17±0/73 <sup>b</sup>
4	26/41±0/49 <sup>c</sup>	22/17±0/61 <sup>c</sup>	59/28±0/76 <sup>c</sup>	57/18±0/94 <sup>c</sup>
6	29/48±0/45 <sup>d</sup>	25/36±0/68 <sup>d</sup>	68/9±0/52 <sup>d</sup>	65/35±0/90 <sup>d</sup>
8	30/27±0/59 <sup>d</sup>	27/86±0/61 <sup>e</sup>	76/78±0/96 <sup>e</sup>	72/65±1/3 <sup>e</sup>
24	30/5±0/46 <sup>d</sup>	28/64±0/48 <sup>e</sup>	79/67±0/95 <sup>ef</sup>	83/39±1/1 <sup>f</sup>

\*حروف یکسان در هر ردیف نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار ( $P > 0/05$ ) است و حروف غیریکسان در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) است.

افزایش زمان رسانیدن درصد مقاومت به ذوب نمونه‌ها به‌طور کاملاً معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) افزایش یافت، اما این افزایش در نمونه بستنی بهینه‌شده گیاهی بیشتر از نمونه بستنی معمولی بود. همان‌طور که مشاهده می‌گردد (جدول 4) این روند افزایشی مقاومت به ذوب در طی فرایند رسانیدن از زمان 8 ساعت به بعد بسیار کند شده و تقریباً برای هر دو نمونه یکنواخت بوده است که شیب این افزایش برای نمونه گیاهی بیشتر بود. پروتئین‌های سویا و نقش عملکردی آن‌ها خصوصاً جذب آب بالای آن‌ها در این زمینه نقش بسزایی دارد. با

کیفیت ذوب مناسب، به خصوص در بستنی‌های چوبی و قیفی اهمیت بالایی دارد. به دلیل اینکه اگر بستنی خیلی سریع ذوب شود، قابلیت خوردن مناسب را از دست می‌دهد. به علاوه، چنین محصولی به راحتی در معرض شوک حرارتی قرار می‌گیرد. در مقابل شوک، ذوب خیلی آهسته نیز در بستنی یک نقص به شمار می‌رود (Bahramparvar et al., 2011). نتایج این پژوهش نشان داد (جدول 4) که در مجموع درصد مقاومت به ذوب نمونه بستنی گیاهی بهینه شده و نمونه بستنی معمولی بسیار به همدیگر نزدیک بوده و با

روی همه پارامترهای مورد بررسی و برای هر دو نمونه بستنی گیاهی بهینه شده با شیر سویا و کنجد و بستنی معمولی تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و طی فرایند تولید مرحله رسانیدن به‌طور قطع باید برای بهبود کیفیت فیزیکوشیمیایی و بافتی به نحو مطلوبی اعمال گردد. مقادیر و ساختارهای متفاوت پروتئین‌های موجود در فرمولاسیون بستنی گیاهی و بستنی معمولی از جمله کازئین از مهم‌ترین علل تأثیرگذاری بر پارامترهای مختلف و همچنین تعیین بهترین و اقتصادی‌ترین زمان برای هر کدام از دو نوع بستنی بودند. در بستنی معمولی با وجود اینکه مقدار پروتئین کمتری در فرمولاسیون نهایی بستنی وجود داشت، اما با توجه به مقدار بیشتر کازئین و نقش عملکردی و مهم آن در ایجاد خصوصیات مهم مانند اورران و مقاومت به ذوب، بستنی معمولی در زمان کوتاه‌تری و در حدود 6 ساعت توانست در اکثر پارامترهای مورد بررسی مانند بافت، قوام، اورران و مقاومت به ذوب به مقادیر مطلوبی برسد و اما این مقادیر برای بستنی گیاهی تا حد 8 ساعت و گاهی بالاتر بودند. به‌نظر می‌رسد در این زمان‌ها می‌توان بهترین شرایط کیفی و اقتصادی را برای بستنی گیاهی و معمولی فراهم آورد. در نهایت می‌توان بیان داشت با توجه به وجود جمعیت زیاد گیاهخواران در ایران و سراسر دنیا و از سوی دیگر امکان تولید بستنی بدون لاکتوز برای افراد حساس به لاکتوز می‌توان بر روی تولید بستنی بر پایه شیرهای گیاهی و بهبود فرآیند آنها از جمله مرحله رسانیدن پژوهش‌های بیشتری انجام داد.

توجه به بیشتر بودن درصد پروتئین موجود در ماده خشک بستنی گیاهی بهینه شده می‌توان بیان داشت که گروه‌های عاملی هیدروفیل آن، آب آزاد بیشتری را به صورت آب هیدراسیون درآورده و با کاهش آب آزاد باعث افزایش میکروویسکوزیته در فاز غیر منجمد (سرم) بستنی و در نتیجه افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند. اصلاح نیز با افزایش پایداری امولسیون سبب افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند (Damodaran *et al.*, 2007) 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 (Bahramparvar *et al.*, 2008). نتایج گرفته شده از ویسکوزیته در شکل 3 نیز نشان از وجود یک افزایش معنی‌دار در ویسکوزیته مخلوط بستنی گیاهی و بستنی معمولی در طی زمان رسانیدن داشت که با توجه به این نتیجه افزایش مقاومت به ذوب را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون آمیخته بستنی نیز نسبت داد؛ بنابراین می‌توان گفت تمام مکانیسم‌های مؤثر بر افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون روی مقاومت به ذوب بستنی تأثیر گذارند. والسترا و همکاران (1995) در پژوهشی بیان داشتند که مخلوط بستنی که از ویسکوزیته بالاتری برخوردار است مقاومت به ذوب آن نیز بالاتر می‌باشد (Walstra *et al.*, 1995).

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به‌طور کلی نشان داد که زمان رسانیدن بر

## منابع

- 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, 1-33.
- 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, 299-305.
- Akalm, 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.
- Asadinejad, S.h., Habibi Najafi, M.B., Razavi, S.M.A., Nasiri Mahallati, M., 2007. Effect of Stabilizers and Aging Times on Physicochemical and Organoleptic Properties of Soft Ice Cream, 18th National Congress on Food Technology, Mashhad, Iran.
- Bahramparvar, M. and Mazaheri Tehrani, M., 2011. Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27, 389-407.
- BahramParvar, M. and Razavi, S., 2012. Rheological interactions of selected hydrocolloid-sugar-milk-emulsifier systems. *International Journal of Food Science & Technology*, 47, 854-860.
- Bahramparvar, M., Hadad, K.M.H. and Mohamad, A.A., 2008. Effect of substitution of carboxymethylcellulose and salep gums with Lallemandia royleana hydrocolloid on ice cream properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 4, 37-47.
- 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, 1660-1665.
- Damodaran, S., Parkin, K.L. and Fennema, O.R. eds., 2007. Fennema's food chemistry. *CRC press*.
- 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, 466-470.

- 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, 972-979.
- Goff, H. D. and R. W. Hartel (2013). *Ice Cream*. New York Springer.
- Goff, H.D., 1997. Colloidal aspects of ice cream—a review. *International Dairy Journal*, 7, 363-373.
- Goff, H.D., Davidson, V.J. and Cappi, E., 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperatures. *Journal of dairy science*, 77, 2207-2213.
- 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, 284-295.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Isiri Number 639. Milk and Products\_ Determination of the Total N (Kjeldahl).
- Jangi, B., Mashkoh, A., 2003. *Science technology of ice cream*. Ayiizh Press, First Edition.
- Jihad M. Ayman S. Khaled A. 2009. Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum Indicum*). *American Journal of Applied Sciences* 6, 888-896
- Kwok, K.C., Liang, H.H. and Niranjana, K., 2002. Optimizing conditions for thermal processes of soy milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 4834-4838.
- Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M., Shahidi, F., 2011. Evaluation of the effect of Soy Flour on Rheological properties of ice cream. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8, 107-114.
- Mortazavi, S.A., Ghods Rohani, M., Joyandeh, H., 2003. *Technology of Milk and Dairy Products*. Ferdowsi University Press. First Edition.
- Muse, M.R. and Hartel, R.W., 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87, 1-10.
- 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, 49-58.
- Soukoulis C., Lebesi D., and Tzia C. 2009. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115, 665-671.
- Soukoulis, C., Chandrinou, 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, 1816-1827.
- Varela, P., Pintor, A. and Fiszman, S., 2014. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. *Food hydrocolloids*, 36, 220-228.
- Walstra, P., 1995. Physical chemistry of milk fat globules. *Advanced dairy chemistry*, 2, 131-178.
- Yeganehzad, S., Tehrani, M.M., Shahidi, F. 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, 165-173.

## An investigation on the effect of aging time on the physicochemical, rheological and textural properties of vegetable-based ice cream of soy and sesame

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

Received: 2016.05.06

Accepted: 2016.11.09

**Introduction:** In the food industry, it is preferred to alter the formulations rather than modifying the legislations, so as to reduce the risk of facing consumer health. For instance, animal fats and oils could be replaced with vegetable oils to manufacture products with low cholesterol and saturated fatty acids. Application of vegetable-based products like vegetable-based milks as the sources which provide vegetable proteins and lipids in ice cream not only incorporates the nutritional values and health-promoting effects of vegetable compounds into ice cream, but also leads to the production of a novel product with specific properties such as lactose-free products, which could be attractive and useful for consumers. Soymilk is a vegetable-based milk with a suitable lipid and protein content. The main objective of this study was to investigate the aging time on physicochemical, rheological and textural changes of vegetable-based ice cream of soy and sesame, compared with the typical ice cream.

**Materials and methods:** Optimization of the vegetable-based ice cream was carried out by the textural parameters related to each other using RSM and the D-optimal design. The best soymilk: sesame milk ratio was found to be 55:45. Subsequently, all parameters including overrun, melting resistance, rheological properties and the textural variables during the aging times of 0, 2, 4, 6, 8 and 24 hours were examined for the evaluation of aging. The textural variables were measured in this method that after the 50-g samples of vegetable-based and typical ice creams were kept at ambient temperature for 5 min. A texture analyzer (Brookfield CT3-10kg, US) was employed to analyze their texture. To that end, a probe of 6 mm in diameter was selected to penetrate 15 mm into the sample at a rate of 2 mm/s. Rheological analysis was measured in this method that after 24 h of aging, the apparent viscosity of the ice cream mix samples was determined using a rotational viscometer (Bohlin Model Visco 88, Bohlin instruments, UK) equipped with a thermal circulator (Julabo, Model F12-MC, Julabo Labortechnik, Germany) with the shear rate of 51.8 1/s at 5±0.5°C.

**Results and discussion:** Investigation of the rheological and textural behavior of the samples showed that aging was significantly ( $p<0.05$ ) effective on these properties in particular, viscosity, consistency coefficient and stiffness, as the slope of the changes was higher for the vegetable-based ice cream during aging. Also, overrun and melting resistance significantly ( $p<0.05$ ) increased during aging so that the melting resistance of the vegetable-based ice cream was higher than that of the typical ice cream, contrary to overrun.

**Conclusion:** Overall, the best aging times of the vegetable-based and typical ice creams were 6 and 8 hours, respectively. The difference in the type and content of proteins, especially casein in the formulations was definitely the most important reason behind the changes in both types of the ice creams during aging.

**Keywords:** Aging, Vegetable-based ice cream, Soy, Sesame.

---

1 and 2. Ph.D. Student and Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.  
(Corresponding author's Email: mmtehrani57@gmail.com)