اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی و جایگزین‌های چربی بر پایه پروتئین بر ویژگی‌های فیزیکی بستنی کم‌چرب وانیلی

سمانه فرجی کفشگری[1]، مهران اعلمی[2*]، مرتضی خمیری[2]، علی معتمدزادگان[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱۰)

چکیده

در این پژوهش تاثیر کنسانتره پروتئین آب‌پنیر به عنوان جایگزین چربی بر پایه پروتئین (در مقادیر ۰، ۲ و ٤ درصد)، ایزوله پروتئین سویا (در مقادیر ۰، ۱ و ۲ درصد) و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (در مقادیر ۰ و ۱ و ۲ درصد) بر ویژگی‌های فیزیکی بستنی کم‌چرب وانیلی (٤ درصد چربی) شامل میزان ذوب و سختی مورد بررسی قرار گرفت. الگوی الکتروفورز پروتئین‌های بستنی و عملکرد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی نیز در نمونه‌های بستنی با ژل SDS-PAGEبررسی شد. تمامی فرمولاسیون‌ها ماده خشک یکسانی داشتند(۳٤ درصد). نتایج حاصل نشان داد به کارگیری کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در فرمولاسیون بستنی‌های کم‌چرب به‌طور معنی‌داری موجب افزایش سختی و میزان ذوب شد($P<0/01$). هم‌چنین استفاده از ایزوله پروتئین سویا به‌طور معنی‌داری، موجب افزایش سختی و کاهش میزان ذوب شد ($P<0/01$). آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی در نمونه‌های بستنی نسبت به نمونه شاهد، موجب کاهش سختی و میزان ذوب شد ($P<0/01$) و طبق نتایج می‌توان دریافت استفاده از آنزیم‌ترانس‌گلوتامیناز میکروبی در بستنی‌های کم‌چرب نسبت به استفاده از این دو نوع پروتئین اثرات مطلوب‌تری به جای گذاشت.

کلید واژگان: آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی، ایزوله پروتئین سویا، بستنی کم‌چرب وانیلی، جایگزین چربی بر پایه پروتئین،کنسانتره پروتئین آب‌پنیر.

* مسئول مکاتبات: mehranalami@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، به‌دلیلمزایای تغذیه‌ای و سلامتی، مصرف بستنی کم‌چرب توسعه یافته است.بستنی کم‌چرب،بستنیاست که کمتراز ۵ درصد وزنیچربیدارد [۱]. تولیدکنندگان بستنی کم‌چرب با استفاده از جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات مانند مالتو-دکسترین یا جایگزین‌های چربی بر پایه پروتئین مانند کنسانتره پروتئین آب‌پنیر (WPC)،[1] بافت و طعم و ساختار آن را بهبود می‌بخشند. مطالعات نشان داده است که استفاده از جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات نسبت به جایگزین‌های چربی بر پایه پروتئین، مخلوط بستنی با ویسکوزیته بسیار زیادی می‌سازد که قابلیت زدن را کاهش می‌دهند. در حالی‌که برخی مطالعات نشان داده است کهWPC، پودر آب‌پنیر و بسیاری از فرآورده‌های آن می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان جایگزین ماده خشک شیر بدون چربیدر بستنی استفاده شوند. به‌دلیل ارزش تغذیه‌ای بالای ایزوله پروتئینسویا(SPI)،[2] کاربرد آن در موادغذایی توسعه یافته است. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (MTG)،[3] آنزیمی است که در پروتئین‌هایی مانند گلوبولین‌های سویا،پروتئینآب‌پنیر، کازئین، گلوتن و .... اتصالات عرضی ایجاد می‌کند و بر ویژگی-های پروتئین مانند پایداری حرارتی، ظرفیت نگه‌داری آب و ... تاثیر می‌گذارد. بنابراین در این طرح از WPC به‌عنوان جایگزین چربی و MTG جهت بهبود ساختار بستنی کم‌چرب حاوی SPI، استفاده می‌شود. پروتئین‌ها نقش مهمی در توسعه ساختار بستنی داشته و موجب پایداری کف می‌شوند[۲]. بنابراین، پلیمریزاسیون آن‌ها توسط MTG موجب تشکیل فیلم پروتئینی با مقاومت بیشتر و بهبود ویژگی‌های کاربردی در بستنی می‌شود [۳]. تحقیقات نشان داده است که افزودن ایزوله پروتئین آب‌پنیر در بستنی‌های کم‌چرب، افزایش معنی‌داری در سختی و پایداری ذوب دارد [٤]. غنی‌سازی بستنی کم‌چرب با SPI نشان داد که با افزایش میزان SPI، ویسکوزیته و رنگ سبز افزایش می‌یابد [۵]. هم‌چنین بستنی کم‌چرب غنی شده با SPI، احساس دهانی، ویسکوزیته و پوشش دهانی، دمای ذوب و افزایش حجم مناسب-تری یافته، اگرچه رنگ آن کمی تیره‌تر و سبزتر شد [٦]. هم‌چنین جایگزینی ٦ درصد پروتئین آب‌پنیر به‌عنوان جایگزین چربی در بستنی وانیلی کم‌چرب، اثرات قابل توجهی روی طعم وانیلی نداشته درحالی‌که بافت را بهبود می‌بخشد [۷]. در پژوهشی که توسط کاراکا و همکاران [۸] صورت گرفت، استفاده از جایگزین‌های چربی حاوی پروتئین‌های آب‌پنیر به‌طور معنی‌داری موجب بهبود خصوصیات حسی بستنی‌های با چربی کاهش یافته و کم‌چرب و نیز کاهش سختی آن‌ها شد.با وجود این‌که تحقیقات انجام شده بر ارزش تغذیه‌ای و درمانی بالای پروتئین سویا و عملکرد مناسب WPCبه‌عنوان جایگزین چربی و نقش MTGدر بهبود بافت مواد غذایی اذعان داشته‌اند، اما تاکنون در زمینه به‌کارگیری WPC، MTGو SPIبه‌طور همزمان در بستنی کم‌چرب پژوهشی انجام نگرفته است لذا در این مطالعه به تولید بستنی کم‌چرب با استفاده از WPC، SPIوMTGپرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد اولیه‌ای که در این پژوهش استفاده شد شامل شیرخشک پس‌چرخ، خامه استریل با ۲۵ درصد چربی، شیر استریل کم‌چرب ۱ درصد چربی، شکر، ثعلب، وانیل، استابیلایزر تجاری پالسگارد، WPC، SPI، MTG.

۲-۲- روش

در این پژوهش نمونه‌های بستنی بر اساس روش آکالم و همکاران [٤] تهیه شدند. تمامی نمونه‌های بستنی دارای ۳٤ درصد ماده خشک بودند. جهت تهیه مخلوط بستنی، ابتدا هر یک از مواد اولیه توزین گردیدند. در این پژوهش مقادیرSPI،WPCو MTGبا توجه به کارهای تحقیقاتی اولیه انتخاب شد. پس از توزین مواد اولیه، شیر و خامه با یکدیگر مخلوط و حرارت داده شدند. پس از رسیدن به دمای ٤۵ درجه سانتی گراد وحل شدن خامه در شیر، مخلوط مواد خشک شامل شکر، پایدارکننده، شیرخشک به آن اضافه شدند. در برخی از نمونه‌ها با توجه به نوع فرمولاسیون پیش‌بینی شده با استفاده از

1. Whey protein concentrate
2. Soy protein isolate
3. Microbial enzyme transglutaminase

Archive of SID
www.SID.ir

روش سطح پاسخ، WPCو SPIنیز همراه با سایر مواد خشک در همین مرحله به مخلوط بستنی اضافه شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه به وسیله هموژنایزر هیدولف با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه به‌طور کامل مخلوط گردیدند. در نمونه‌های حاوی MTGنیز، پس از اتمام عمل اختلاط و یکنواختی کامل توسط هموژنایزر، در این مرحله MTGاضافه شد و به مدت ٤٥ دقیقه در دمای٤٠ درجه سانتی‌گراد فعالیت نمود. جهت پاستوریزاسیون مخلوط حاصل از دمای۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه استفاده گردید. در طی فرآیند پاستوریزاسیون، MTGنیز غیر فعال شد. پس از پایان عملیات پاستوریزاسیون، مخلوط حاصل بلافاصله به وسیله حمام آب و یخ سرد گردید و جهت رسانیدن به مدت ٢٤ ساعت در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گرادنگه‌داری شد. عملیات انجماد بستنی به‌وسیله دستگاه بستنی‌ساز موسو به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. سپس نمونه‌های بستنی در ظروف پلاستیکی درپوش‌دار بسته‌بندی و سطح آن‌ها به وسیله قاشق صاف شد. نمونه‌های آماده شده در فریزر۱۸- درجه سانتی گراد نگه‌داری گردید. تولید نمونه‌ها با دو تکرار در روزهای مختلف انجام شد.

۲-۳- آزمایشات

۲-۳-۱- آزمایشات مقدماتی

آزمایشاتی که بر روی مواد اولیه صورت گرفت شامل اندازه‌گیری چربی شیر و خامه به روش حجمی ژربر[۹]، اندازه‌گیری پروتئین WPCو SPIو شیرخشک پس‌چرخ به روش کجلدال [۹]، اندازه‌گیری چربی شیرخشک پس‌چرخ و WPCو SPIبه روش سوکسله [۹]، اندازه‌گیری ماده خشک تمامی مواد فرمولاسیون بستنی [۱] بود.

۲-۳-۲- آزمایشات اصلی

آزمایشاتی که بر روی نمونه بستنی انجام گرفت شامل اندازه-گیری میزان ذوب شدن و سختی و بررسی الگوی الکتروفورز پروتئین‌ها بود که با روش زیر انجام شد.

۲-٤- اندازه‌گیری میزان ذوب شدن

یک قالب بستنی با وزن ۱±۳۰ گرم روی الکی با حفره‌های ۲ میلی‌متری قرار داده شد و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. پس از مدت ۳۰ دقیقه وزن مایع ذوب شده بر حسب درصدی از وزن نمونه اولیه اندازه‌گیری ومحاسبه شد [۱۰].

۲-۵- اندازه‌گیری سختی

اندازه‌گیری سختی بافت در دمای اتاق (۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد) و با دستگاه بافت‌سنج با مدل TA.XTو پروب استوانه‌ای از جنس استیل ضد زنگ با قطر ۲/۵ سانتی‌متر انجام شد. نمونه‌های بستنی به مدت ۱ ماه در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد و ٢٤ ساعت قبل از آزمون، در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد نگه-داری شدند. نمونه‌های بستنی در ظروف پلاستیکی در دو مکان روی سطح صاف و بزرگ قرار گرفتند و حداکثر نیروی فشاری بر حسب گرم طی نفوذ در نمونه به عنوان سختی اندازه‌گیری شد [٤]. شرایط آزمون به صورت جدول ۱ بود.

جدول ۱ شرایط آزمون سختی نمونه‌های بستنی

عمق نفوذ (میلی‌متر)	نیرو (گرم)	سرعت پروب طی نفوذ (میلی‌متر بر ثانیه)	سرعت پروب قبل و بعد از نفوذ (میلی‌متر بر ثانیه)
۱۵	۵	۳/۳	۳

نکته: تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

۲-٦- بررسی الگوی الکتروفورزپروتئین‌ها

الگوی الکتروفورز پروتئین‌های بستنی و عملکرد MTGدر نمونه‌های بستنی با ژل SDS-PAGEبررسی شد [۱۱].

۲-۷- طرح آماری

طرح مرکب مرکزی در قالب روش سطح پاسخ، با استفاده از نرم افزار Design Expertطراحی گردید. این طرح

Archive of SID
www.SID.ir

آزمایشی شامل ۸ نقطه فاکتوریل، ٦ نقطه محوری و ٦ تکرار در نقطه مرکزی بود. کلیه‌ی تیمارهادر ۲ تکرار صورت پذیرفتند. هم‌چنین محدوده‌ی متغیرهای مستقل شامل SPI، WPC و MTG، از آزمون‌های اولیه استنتاج گردید (جدول۲).

جدول ۲ متغیرهای مستقل و سطوح مورد استفاده آن‌ها در فرمولاسیون بستنی کم‌چرب

متغیرهای مستقل	سطوح و حدود متغیر ها		
	+۱	۰	−۱
SPI(درصد)	۲	۱	۰
WPC (درصد)	٤	۲	۰
MTG (درصد)	۲	۱	۰

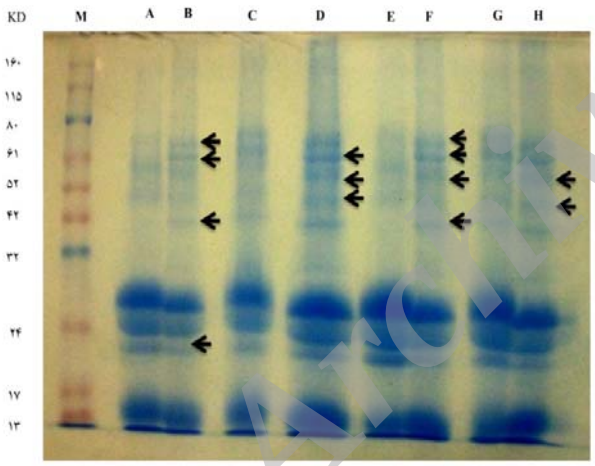
تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD)[4] با استفاده از نرم افزارDesign Expert[5] انجام گرفت. برای نشان دادن رابطه هریک از متغیرهای تابع (ویسکوزیته، اوران، PH، اسیدیته و پذیرش کلی)در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودارهای سطح پاسخ آن‌ها به وسیله نرم افزار Design Expertترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی برخی از مواد اولیه مصرفی در فرمولاسیون بستنی کم‌چرب در این پژوهش، از نقطه نظر میزان رطوبت، پروتئین و چربی در جدول ۳ آورده شده است.

۳-۱- الگوی الکتروفورز پروتئین‌های بستنی حاوی SPI, MTG و WPC

در این پژوهش اتصالات درون مولکولی پروتئین‌های شیر و پروتئین‌های افزوده شده به مخلوط بستنی شامل SPI و WPC تحت تاثیر عمل MTG، با SDS-PAGE بررسی شد. SDS-PAGE این یک روش پذیرفته شده برای مشاهده پیوندهای درون مولکولی تشکیل شده توسط MTG است. دراین روش اتصالات عرضی درون مولکولی از طریق تشکیل پیوندهای جدید با وزن مولکولی بالا نشان داده می‌شود. نتایج SDS-PAGE پروتئین‌های موجود در بستنی کم‌چرب در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ الگوی الکتروفورز پروتئین‌های SPI و WPC و سایر پروتئین‌های بستنی

M: پروتئین نشانگر الکتروفورز، A : نمونه شاهد، B : حاوی ۲ درصد MTG، C : حاوی ۲ درصد SPI و ٤ درصد WPC، D : حاوی ۲درصد MTG، ٤ درصد WPC و ۲ درصد SPI، E : حاوی ٤ درصد WPC، نمونه ٦ حاوی ٤ درصد WPC و ۲ درصد MTG، F: حاوی ۲ درصد SPI و H: حاوی ۲ درصد SPI و ۲ درصد MTG.

4. Central Composite Design (CCD)
5. Design Expert, 8.0.7.1 Trial, Stat-Ease Inc.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳ ترکیبات شیمیایی مواد اولیه مصرفی در فرمولاسیون بستنی کم‌چرب

مواد اولیه	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)
SPI	۷/۳٦	۸۷/۵	۰/۲
WPC	٦/۱۷	۳۵	۰/٤
شیر خشک پس‌چرخ	٤/۵۳۲	۳۷	۰/٤
شیر	۹۰/۳۷	۳	۱
خامه	٦۸/٦۵۹	۳/۲	۲۵

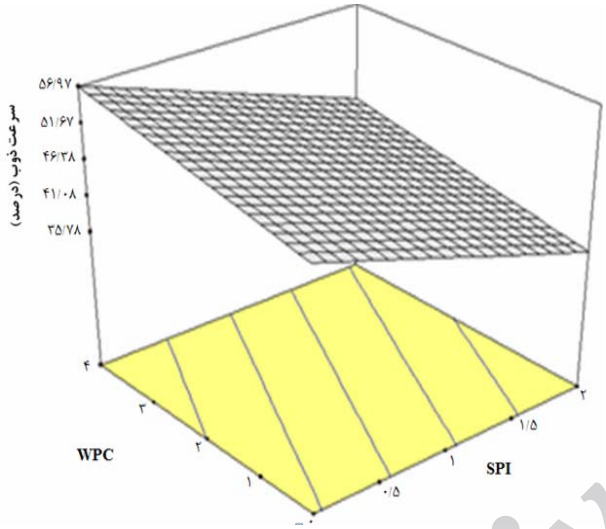
* رطوبت بر اساس وزن مرطوبو پروتئین و چربی بر اساس وزن خشک نمونه گزارش گردیده‌اند و نتایج میانگین سه تکرار است.

با توجه به این‌که در تمامی چاهک‌ها غلظت یکسانی از پروتئین بارگذاری شده است، نتایج نشان داد که در حضور MTG، پلیمریزاسیون پروتئین‌ها اتفاق می‌افتد و پروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالاتر تشکیل می‌شوند و این پروتئین‌های سنگین، نمی‌توانند وارد ژل شوند، در نتیجه ایجاد رنگ در زمینه ژل (streaking) می‌کنند و شدت رنگ زیاد می‌شود. از مقایسه هر یک از دو ردیف Aو B، Cو D، Eو F و Gو Hبا یکدیگر، مشخص می‌شود که در نمونه‌های حاوی MTG، از شدت باندهای حدود ۳۰- ۲۰ کیلو دالتون کاسته شد و باندهای جدیدی در ناحیه بالای ٤۲ کیلو دالتون تشکیل شده است.

این نشان می‌دهد که MTGاز طریق برقراری اتصالات عرضی بین پروتئین‌های با وزن مولکولی پایین، پروتئین‌های بزرگ‌تری تشکیل می‌دهد[۱۲، ۱۳]. این نتایج نشان می‌دهد که MTGباعث اتصال پروتئین‌های مختلف و ایجاد پروتئین های جدید می‌شود و در واقع این پروتئین با پروتئین‌های دیگر باند شده، ایجاد پروتئین‌های سنگین‌تر می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که پروتئین‌های با وزن مولکولی پایین در واکنش‌های آنزیمی شرکت نموده و به پروتئین‌های سنگین‌تر تبدیل شده‌اند.

۳-۲- اثر متقابل افزودن WPC وSPI بر میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی

در شکل۲ اثرات ترکیبی WPCو SPIبر میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی نمایش داده شده است.



شکل ۲ تغییرات ذوب شدن نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار SPI و WPC

ملاحظه می‌گردد که افزایش مقدار WPCو SPI به ترتیب موجب افزایش و کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی گردید و افزایش غلظت SPIدر غلظت‌های ثابت WPCموجب کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی می‌گردد و این روند کاهشی در محدوده‌ای که غلظت‌های .SPIبالاتر از ۱/۵ و WPCکمتر از ۲ درصد شدیدتر بوده که با میزان ذوب شدن در محدوده‌ای از غلظت‌های SPIکمتر از ۰/۵ و WPCبالاتر از ۲ درصد که میزان ذوب شدن این محدوده قابل مقایسه است. میزان ذوب شدن نمونه‌ها به ترتیب با احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار گزارش شد. علت افزایش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی در اثر جایگزینیWPC به نوع پروتئین آن بر می‌گردد. زیرا به علت وجود قندهای محلول بیشتر در WPC، نقطه انجماد مخلوط حاویWPC کاهش بیشتری یافته و لذا در زمان یکسان انجماد، بستنی نرم‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها تولید شده

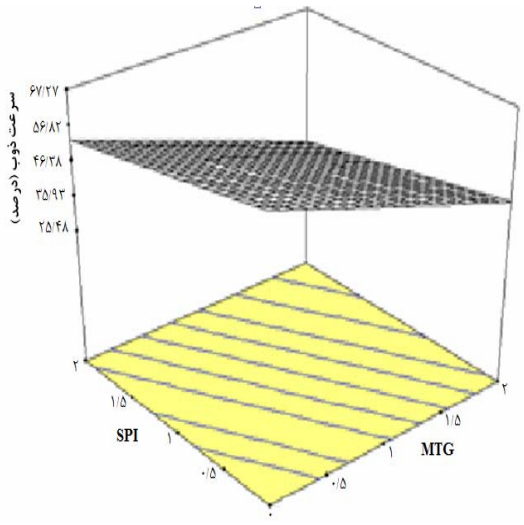
Archive of SID
www.SID.ir

که مقاومت به ذوب مخلوط نسبت به شاهد کاهش بیشتری یافته است [۱٤]. در این خصوص نیز نتایج مشابهی به دست امده که در ذیل به آن اشاره می‌کنیم. ردی [۱۵] و خالفا [۱٦] در مقالات خود بیان کردند که با افزایش نسبت جایگزینی مواد جامد آب‌پنیر در مخلوط، زمان لازم برای ذوب کاهش می‌یابد.گای [۱۷] نیز گزارش کرده است که اگرچه افزایش سطوح جایگزینی WPCباعث افزایش میزان ذوب نمونه‌ها شد، اما این اختلاف معنی‌دار نبوده است. [۱۰، ۱] نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. اما نتایج مخالفی دیگری نیز وجود دارد. اهم و همکاران [۱۸] گزارش کردند که بستنی‌های حاوی دیری لو (نوعی جایگزین چربی بر پایه پروتئین آب‌پنیر)، میزان ذوب کم‌تری نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند. از طرف دیگر همان‌طور که از نمودار پیداست با افزایش سطح جایگزینی SPIبه‌طور معنی‌داری از میزان ذوب نمونه‌های بستنی به‌طور معنی‌داری کاسته شد ($P<۰/۰۵$). کاهش میزان ذوب نمونه‌های حاویSPI می‌تواند به علت ویژگی اتصال آب SPI جهت تشکیل شبکه ژل باشد که مانع حرکت آزادانه مولکول‌های آب میانمولکول‌های مخلوط شده است. همین طور، ال ناگار و همکاران [۱۹] در پژوهش خود گزارش کردند که اینولین ممکن است به عنوان یک پایدارکننده عمل کند زیرا به دلیل داشتن ظرفیت جذب آب موجب کاهش حرکت آزادانه مولکول‌های آب شده و در نتیجه موجب کاهش ویژگی‌های ذوب نمونه‌های بستنی شده است.

۳-۳- اثر متقابل افزودن MTG وSPI بر میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی

در شکل ۳ مشاهده می‌گردد که افزایش مقدار MTGو SPIهر دو موجب کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی گردید و افزایش غلظت MTGدر غلظت‌های ثابت SPIموجب کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی شد.

این روند کاهشی در محدوده‌ی غلظت‌های SPIبالاتر از ۱ و MTGبالاتر از۱/۵ درصد شدیدتر است که این مسئله بیان‌گر مناسب بودن این محدوده‌ی غلظت از SPIوMTG در افزایش مقاومت به ذوب بستنی می‌باشد.



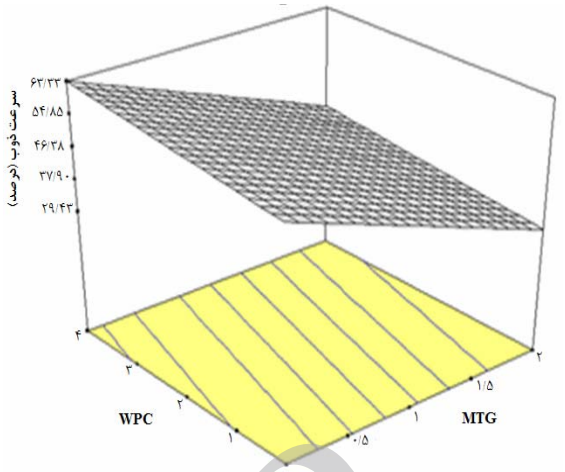
شکل ۳ تغییرات میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار SPI و MTG

افزایش مقدار MTGموجب افزایش پایداری و بهبود مقاومت به ذوب نمونه‌های بستنی شده است که این امر به‌واسطه پلیمریزاسیون پروتئین‌های موجود در مخلوط بستنی شامل WPCو SPIو پروتئین‌های شیر از طریق فعالیت MTGو درگیری حباب‌های هوا در این شبکه پروتئینی که منجر به کاهش میزان انتقال حرارت و ذوب شدن می‌شود قابل توجیه است که با نتایج روسا و همکاران [۲۰] نیز مطابقت دارد. اثرات MTGو SPIبر میزان ذوب شدن نمونه‌ها با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار گزارش شد.

۳-٤- اثر متقابل افزودن MTG وSPI بر میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی

در شکل ٤ ملاحظه می‌گردد که افزایش مقدار WPCو MTGبه ترتیب موجب افزایش و کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی گردید و افزایش غلظت MTG در غلظت‌های ثابت WPCموجب کاهش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی می‌گردد و این روند کاهشی در غلظت‌های MTGبالاتر از ۱/۵و WPCکمتر از ۳ درصد شدیدتر است که این مسئله بیان‌گر مناسب بودن این محدوده‌ی غلظت در مورد میزان ذوب شدن می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

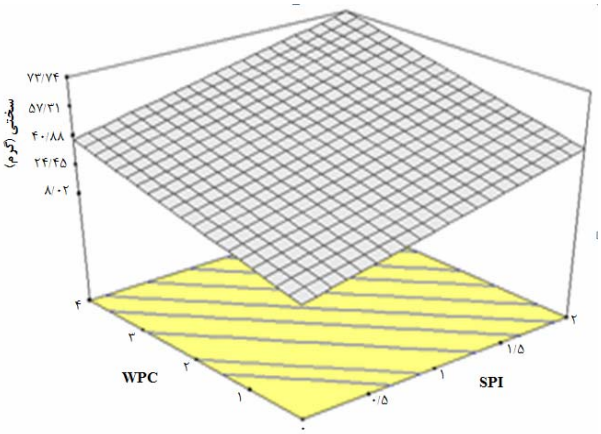


شکل٤ تغییرات میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار WPC و MTG

اثرات MTGو WPCبر میزان ذوب شدن نمونه‌ها به ترتیب با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار گزارش شد. تاثیر MTGدر کاهش میزان ذوب شدن از تاثیر WPCدر افزایش میزان ذوب شدن نمونه‌های بستنی بیشتر بوده است.

۳-۵- اثر متقابل افزودن WPC وSPI بر سختی نمونه‌های بستنی

همان‌طورکه از شکل ٥ مشخص است افزودن هم‌زمان SPIو WPCموجب افزایش سختی در نمونه‌های بستنی شد و با افزایش سطح جایگزینی به میزان سختی اضافه شد. طوری‌که بیشترین مقدار سختی ۷۳ /۷٤۱ گرم در نمونه حاوی ٤ درصد WPCو ۲ درصد SPIمشاهده شد.



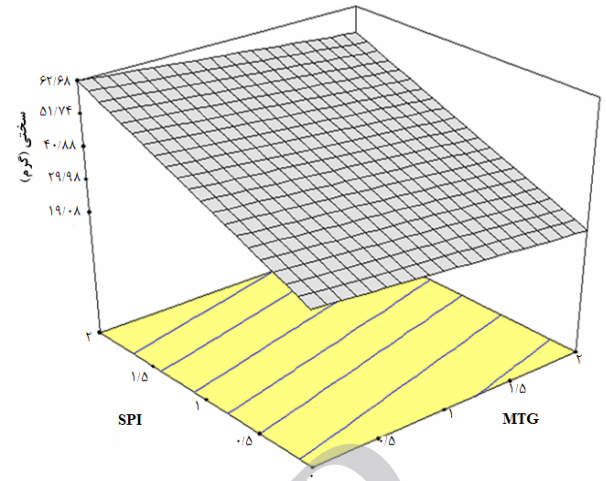
شکل ٥ تغییرات سختی نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار SPI و WPC

با افزایش SPIدر غلظت‌های ثابت WPC، سختی نمونه‌های بستنی افزایش می‌یابد. تغییرات مقدار SPIنسبت به تغییرات مقدارWPCتاثیر بیشتری بر سختی نمونه‌ها داشت. در این پژوهش افزودن SPIیا WPCتاثیر معنی‌داری بر سختی بستنی به‌جای گذاشت، به نظر می‌رسد بتوان تغییرات مشاهده شده در میزان سختی بافت را با مکانیسم‌هایی که از طریق خاصیت جذب آب SPIو WPCموجب افزایش ویسکوزیته سیستم و به دنبال آن موجب افزایش سختی شده‌اند مرتبط دانست. از آن‌جایی که قدرت جذب آب SPIنسبت به WPCبیشتر است، افزایش بیشتر ویسکوزیته و به دنبال آن ایجاد سختی بیشتر در بستنی‌های حاوی SPIنسبت به بستنی‌های حاوی WPCدور از انتظار نیست. ماوس و هارتل [۲۱]گزارش کردند که سختی در بستنی با ویژگی‌های رئولوژی مخلوط بستنی نیز در ارتباط مستقیم است. مطابق با نظر آن‌ها بستنی‌هایی با شاخص قوام بالا، خیلی ویسکوز بودند و این ویسکوزیته سختی را افزایش داد.

۳-٦- اثر متقابل افزودن MTG وSPI بر سختی نمونه‌های بستنی

همان‌طور که در شکل ٦ مشخص است، در غلظت‌های ثابت SPI، با افزایش MTGمیزان سختی نمونه‌ها کاهش یافت.همان‌طورکه در مباحث قبلی بیان شد، با افزایش SPIمیزان سختی بستنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱)که این امر به‌واسطه عملکرد SPIدر ایجاد ویسکوزیته بیشتر و اوروان کم‌تر محصول تولیدی قابل توجیه است اما با افزایش مقدار MTG، با وجود نقش MTGدر افزایش ویسکوزیته، از شدت سختی نمونه‌های بستنی به‌طور معنی‌داری کاسته شد (P<۰/۰٥).

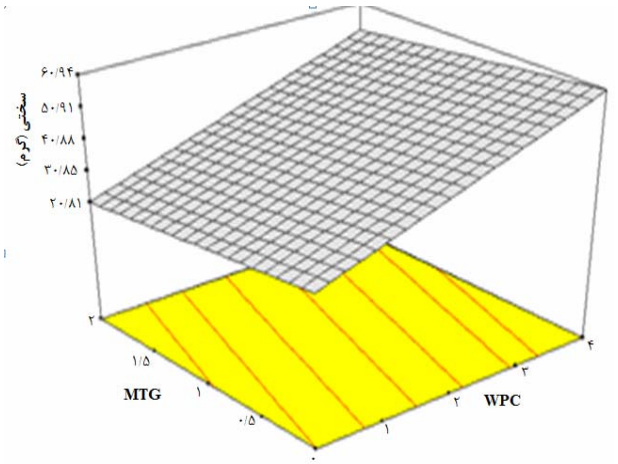
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٦ تغییرات سختی نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار SPI و MTG

علت کاهش سختی در اثر افزودن MTGرا می‌توان پلیمریزاسیون پروتئین‌های SPIو کازئین‌های موجود در بستنی و تشکیل شبکه سه یعدی توسط MTGدانست که موجب درگیری حباب‌های هوا دراین شبکه شده است که افزایش حضور هوا در بستنی مقاومت به نفوذ پروب و سختی را کاهش داده است [۲۲-۲٤].

۳-۷- اثر متقابل افزودن MTG و WPC بر سختی نمونه‌های بستنی



شکل ۷ تغییرات سختی نمونه‌های بستنی در اثر تغییرات مقدار WPC و MTG

همان‌طورکه از شکل ۷ مشخص است که در غلظت‌های ثابت MTG، با افزایش WPCمیزان سختی نمونه‌ها افزایش یافت طوری‌که در محدوده غلظت MTGکمتر از ۱ و WPCبیشتر از ۳ میزان سختی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۱)که این امر به‌واسطه عملکرد WPCدر جذب آب و ایجاد ویسکوزیته بیشتر محصول تولیدی قابل توجیه است با این حال با افزایش مقدار MTG، سختی به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵).تغییرات مقدار WPCنسبت به تغییرات مقدار MTGتاثیر بیشتری بر سختی نمونه‌ها داشت. افزایش سختی در اثر افزایش WPCرا می‌توان به افزایش ویسکوزیته در حضور WPCنسبت داد که با دلایلی که در مورد SPIدر بالا به آن اشاره شده است قابل توجیه است.

٤- نتیجه گیری

تاکید روز افزون متخصصین تغذیه بر استفاده از مواد غذایی کم-چرب و افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به اثرات نامطلوب چربی بر سلامت بدن، باعث گرایش جهانی مصرف‌کنندگان به سمت فرآورده‌های غذایی کم‌چرب شده است. نتایج نشان داد که بستنی‌های کم‌چرب حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز نسبت به نمونه‌های کم‌چرب حاوی کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و ایزوله پروتئین سویا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بهتری داشتند. بنابراین، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی می‌تواند به تولیدکنندگان بستنی به خصوص در تولید مخلوط‌هایی که چربی آن‌ها کاهش یافته، پیشنهاد شود.

٥- منابع

[1] Asadi Nejad, SH., Habibi Najafi, B., Rizvi, A., Nasiri Mohalati, M. 2004. Effect of whey protein concentrate cream cheese on the physicochemical and organoleptic properties. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Mashhad, year 11, Issue 4..

[2] Chegeni, B. Meshkat, A. 2006. History of ice cream in science and technology. Ayyizh Publications, Tehran, Iran.

Archive of SID
www.SID.ir

[3] Pinterits, A ., Arntfield, S. D. 2008. Improvement of canola protein gelationproperties through enzymatic modifi cation with transglutaminase. *Food Science and Technology*, 41, 128 138.

[4] Akalm, A. S., Karagozlu, C., and Unal, 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] Friedeck,K.G., Karagul-Yuceer,Y.2003.Soy protein fortification of a low –fat dairy- based ice cream.*Food Science*,68, 2651-2657.

[6] KHashayar, P. 2006. Enriched of low-fat ice cream with soy. Sixteenth National Congress of Iranian food. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

[7] Yilsay,T.O,Yilmaz,L,Bayzit,A.A. 2006. Theeffectofusingawheyprotein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream .*European Food Research Technology*,222,171-175.

[8] Karaca, O.B., Guven, M., Yasar, K., S., Kahyaoghlu, T. 2009. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams whit various fat replacers, *Dairy Technology*, 62,93-99.

[9] Parvaneh, V. 2006. chemical quality control testing of foods. Third edition. Press Institute of Tehran University. 332 p.

[10] Lee, F. Y., White, C. H. 1991. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *DairyScience*, 74,1170–1180.

[11] Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680e685.

[12] Sharma, R., Lorenzen, P. C., & Qvist, K. B. 2001. In fluence of transglutaminase treatment of skim milk on the formation of e-(g-glutamyl)lysine and the susceptibility of individual proteins towards cross-linking. *International Dairy Journal*, 11 (10), 785-793.

[13] Moon, J. H., Hong, Y. H., Huppertz, T., Fox, P. F., & Kelly, A . L. 2008. Properties of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *International Journal of Dairy Technology*, 62, 27 -32.

[14] Razavi, A., Habibi Najafi, B. 2000. Affect replace dairy and soy ice cream stabilizer on the chemical and physical properties. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 32 (3), 624-615.

[15] Reddy, V. P. 1987. Studies of value of Channa whey solids in the preparation of ice cream in partial replacement of milk solids non-fat of mix. Indian J. *Dairy science*, 40, 128-131.

[16] Khalfalla, S. M., Mahran, G. A. 1975. The Use of whey solids in ice cream. Egyptain J. *Dairy Science*. 3, 43-50.

[17] Guy, E. J. 1980. Partial replacement of nonfat milk solids and cane sugar in ice cream with lactose-hydrolyzed sweet whey solids. *Food Science*, 45,129–133.

[18] Ohem, R. I.,Marshal, R.T., Heymann, H. 1997. Sensory and physical properties of ice cream containing milk fat or fat replacers. *Dairy Science*, 81, 1222-1228.

[19] El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorica, C.M., Kuri, V., Brennan, C.S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *DairyTechnology*. 55, 89-93.

[20] Rossa, N. R., Sá, E. M. F., Burin, V. M., Bordignon-Luiz, M. T. 2011. Optimization of microbial transglutaminase activity in ice cream using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 44, 29-34.

[21] Muse, M.R., and Hartel, R.W. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness, *Dairy Science*, 87, 1-10.

[22] Tanaka, M., Pearson, A. M., deMan, J. M. 1972. Measurement of ice cream with a constant speed penetrometer. *Food Science and Technology*. 5,105–110.

[23] Goff, H. D., B. Freslon, M. E. Sahagian, T. D. Hauber, A. P. Stone, Stanley, D.W. 1995. Structural development in ice creamdynamic rheological measurements. *Texture Studies*. 26,517–536.

[24] Wilbey, R.A., Cooke, T., Dimos, G. 1998. Effects of solute concentration, overrun and storage on the hardness of ice cream. Pages 186–187 in Ice Cream: Proceedings of the International Symposium held in Athens, Greece, 18–19 September 1997. W. Buchheim, ed. *International Dairy Federation*, Brussels, Belgium.

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of microbial transglutaminase and protein-based fat replacers on the physical properties of low-fat ice cream

Faraji Kafshgari, S. [1], Alami, M. [2*], Khomeiri, M. [2], Motamedzadegan, A. [3]

1. MSc. in Food Science and Technology. Gorgan university of agricultural sciences and natural resources.
2. Associate professor. Department of Food Science and Technology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
3. Associate professor. Department of Food Science and Technology. Saari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

(Received: 93/1/24 Accepted: 93/5/10)

The present research work was aimed to evaluate the effects of whey protein concentrate (WPC) at different levels of 0, 2, and 4%, as a protein based fat replacer, soy protein isolate (SPI) (0, 1, and 2%) and microbial transglutaminase (MTG) (0, 1, and 2%) on some physical properties of a low fat vanilla ice cream (4% fat). Electrophoresis pattern of ice cream proteins and effect of MTG on proteins were analyzed by SDS-PAGE. Total solids of all formulations was adjusted on 34%. Results showed that application of WPC in formulation of low fat ice cream significantly increased hardness and melting values, while SPI significantly ($P<0.01$) increased hardness and reduced melting value. MTG decreased hardness and melting of ice cream samples compared to the control ($P<0.01$). Results showed that application of MTG in low fat ice cream was more useful than the utilization of SPI and WPC in terms of hardness and melting properties.

Keywords: Microbial transglutaminase, Soy protein isolate, Low fat ice cream, Protein-based fat replacer, Whey protein concentrate.

Archive of SID

* Corresponding Author E-Mail Address: mehranalami@gmail.com

www.SID.ir