

## بهبود کیفیت بستنی کم چرب به کمک هیدرولیز نسبی پروتئین‌های مخلوط بستنی با کیموزین (I)

عزیز همایونی راد<sup>۱</sup>، محمد رضا احسانی<sup>۲</sup>، محمد علی ابراهیم زاده موسوی<sup>۳</sup>،  
مصطفی ولیزاده<sup>۴</sup> و زهرا امام جمعه<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۳، ۵، دانشجوی دوره دکتری، دانشیار و استادیاران پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران - کرج

۴، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۷/۲۲

### خلاصه

بستنی کم چرب، بستنی‌ای است که کمتر از ۵ درصد (وزنی) چربی داشته باشد. تاکنون مطالعات زیادی در جهت تولید بستنی کم چرب و بدون چربی صورت گرفته است. هیدرولیز نسبی کازئین‌های مخلوط بستنی به وسیله آنزیم اساسی پنیر سازی (کیموزین) موجب بهبود پیکره و بافت بستنی می‌شود. در این مطالعه، استفاده از هیدرولیز آنزیمی پروتئین‌های شیر برای بهبود کیفیت بستنی کم چرب مورد بررسی قرار گرفت. مخلوط بستنی کم چرب (۲٪ چربی) تحت اثر پروتئولیز محدود توسط کیموزین قرار داده شد بدین ترتیب که چهار تیمار آزمایشی با دو سطح آنزیمی (IMCU/kg ۰/۷۵ و ۰/۹۵) در دو سطح زمانی مختلف (۳۰ و ۱۵ دقیقه) به همراه دو شاهد کم چرب (۲٪ چربی) و پر چرب (۷٪ چربی) در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد مورد آزمون واقع شدند. کیموزین مورد استفاده منشاء قارچی داشته و به صورت تجاری در دسترس است. پس از عمل آنزیم بر روی میسل‌های کازئین، دمای مخلوط تا  $63/3^{\circ}\text{C}$  افزایش داده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در این دما نگهداری شد تا آنزیم کیموزین غیرفعال شود. مخلوط مورد آزمایش در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۲ ساعت رسانیده شده و با استفاده از فنون مرسوم در بستنی سازی و با ضریب انبساط ۱۰۰-۹۵ درصد منجمد گردید. آزمایشات انجام یافته روی بستنی کم چرب شامل اندازه‌گیری ویسکوزیته، کشش سطحی، سختی و سرعت ذوب بستنی بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار آنزیمی منجر به افزایش ویسکوزیته و سختی و کاهش کشش سطحی و درصد ذوب شد. در نهایت تغییر عوامل فوق موجب ارتقاء کیفیت محصول گردید.

**واژه‌های کلیدی:** بستنی کم چرب، کیموزین، کیفیت، ویسکوزیته، کشش سطحی، سرعت ذوب و بافت.

### مقدمه

بستنی کم چرب، بستنی‌ای است که کمتر از ۵ درصد (وزنی) چربی داشته باشد. گاهی این نوع بستنی به عنوان دسر لبنی منجمد با چربی پائین نیز نامیده می‌شود. تاکنون مطالعات زیادی در جهت تولید بستنی کم چرب و بدون چربی صورت گرفته است. هدف تمام این تلاش‌ها تولید بستنی کم چربی بوده که خصوصیات مطلوب بستنی معمولی را داشته باشد اما در هر

صورت بستنی‌های کم چربی که قبلاً ساخته می‌شدند، خصوصیات نامطلوبی مثل بافت یخی و شکننده، پیکره ضعیف، پس‌مزه نامناسب، صمغی بودن، طعم نامتعادل و ذوب نامناسب داشتند (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۸).

یکی از راههایی که برای القای خصوصیات مطلوب بستنی معمولی در بستنی کم چرب مورد استفاده قرار گرفته است، عبارت است از کاربرد ترکیبات شبه چرب و مقادیر زیاد

پاک، شکر، مالتو دکسترین پودری (با  $DE = 28/30$ )، شربت گلوکز (با  $DE = 42$ ) و ماده خشک ۸۰ درصد، وانیل، روغن نباتی (تولید کارخانه نازگل - ایران) و صمغ گوار، صمغ کارنوب، پودر مونو-دی گلیسرید (CREMODAN<sup>®</sup> 809, Danisco, Denmark) و پلی سوربات (Danisco, Denmark).

-

آنزیم کیموزین پودری (CHR-HANSEN, Denmark), (CHY-MAX<sup>®</sup>) با منشا قارچی پس از انحلال در آب مقطر با استفاده از سمپلر (Volac High Precision Micropipette, John Poulten LTD. England) با دقت ( $\pm 1$  mL) برداشت گردیده و مورد استفاده قرار گرفت (۶).

-

مخلوط بستنی به میزان ۳۵ کیلوگرم در وت پنیرسازی با ترکیبی از اجزای عنوان شده در بند (الف) تهیه و بلافاصله یک نمونه از آن برای آنالیزهای شیمیایی برداشت گردیده و pH، اسیدیته، ماده خشک، چربی و پروتئین آن اندازه گیری شد. دستگاههای مورد استفاده برای این تجزیه‌ها به ترتیب شامل pH متر دیجیتال، بورت، آون  $105^{\circ}\text{C}$ ، بوتیرومتر ژربر و دستگاه کجلدال بود.

طرز تهیه مخلوط به این شکل بود که ابتدا تمام اجزای مایع در وت ریخته شده و بلافاصله عملیات همزنی و حرارت دهی انجام گرفت. پس از آنکه دمای مخلوط به حدود  $50-30^{\circ}\text{C}$  رسید، مواد جامد افزوده شدند. عملیات همزنی به مدت ۱۰-۵ دقیقه ادامه یافت و پس از آن مخلوط بستنی در دمای  $69^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه در پاستوریزاتور غیر مداوم (ویسکوباتور) پاستوریزه گردید. سپس مخلوط داغ در همزنایزر دو مرحله‌ای کاملاً یکنواخت شد. در همزنایزر فشاری معادل ۲۰۰۰ psi در مرحله اول و در حدود ۵۰۰ psi در مرحله دوم اعمال گردید. در حدود ۲۵ کیلوگرم از مخلوط به این روش همزن شده و در ظروف استوانه‌ای شکل ۵ کیلویی جمع آوری و توزین شده و به بقیه مخلوط ۵ درصد روغن نباتی افزوده شده و پس از همزدن به همزنایزر فرستاده شد و بلافاصله یک بیدون ۵ کیلوگرمی از مخلوط پرچرب (۷٪ چربی) تهیه گردید. مخلوط‌ها در بیدونهای استیل ۵ کیلوگرمی در

پایدارکننده در بستنی. چرا که احساس دهانی چرب بودن بستنی معمولی اغلب ناشی از چربی و پایدارکننده آن است. کاربرد مواد شبه‌چرب و افزایش مقدار مواد پایدارکننده و امولسیون‌کننده در بستنی کم‌چرب، هر چند که بافت نسبتاً نرمی ایجاد می‌کند، موجب بروز ویژگیهای نامطلوبی در بستنی می‌گردند. بستنی و دسرهای منجمدی که در فرمولاسیون آنها از ترکیبات شبه‌چرب استفاده می‌شود، دارای طعم نامطلوب و خصوصیات دهانی نامناسب هستند. این محصولات معمولاً شنی (gritty)، گچی (chalky) و یا مومی (waxy) بوده و موقع ذوب شدن بافت آنها از هم می‌پاشد (۳، ۶، ۸). مقدار آب غیرمنجمد در فرمولاسیون بستنی نیز عامل بسیار مهم دیگری در تعیین خصوصیات دهانی بستنی به شمار می‌رود. احساس دهانی خامه‌ای بودن در بستنی با افزایش میزان آب غیرمنجمد افزایش می‌یابد (۳). بنابراین اگر بتوانیم در بستنی کم‌چرب، مقدار آب منجمد، اندازه کریستالهای یخ و نیز مقدار آب غیرمنجمد را مشابه بستنی معمولی انتخاب کنیم، محصول بدست آمده دارای بافت نرم و خامه‌ای خواهد بود. این کار با افزودن ۷-۲ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر عملی می‌گردد. ترکیبات شیمیایی که عملکرد مشابهی با چربی دارند، علاوه بر طعم ناخواسته‌ای که در بستنی ایجاد می‌کنند، یک اثر پوشاندگی طعم‌های مطلوب در بستنی نیز از خود برجای می‌گذارند (۳، ۶). هیدرولیز نسبی کازئین‌های مخلوط بستنی به وسیله آنزیم اساسی پنیر سازی (کیموزین) باعث افزایش ویسکوزیته، بهبود بدنه (پیکره) و بافت بستنی می‌شود بدون اینکه اثر نامطلوبی بر طعم آن برجای گذارد. بستنی حاصل بعلت لغزنده بودن میسل‌های تجمع یافته کازئینی پس از هیدرولیز جزئی، یک حالت چرب‌مانند پیدا کرده و به هنگام مصرف، احساس مشابهی با محصول خامه‌ای ایجاد می‌کند (۶).

## مواد و روش‌ها

-

مخلوط بستنی کم چرب با درصد مناسبی از مواد زیر تهیه گردید: شیر پس چرخ، خامه سنگین (۴۰٪) و شیرخشک بدون چربی از نوع Medium Heat از تولیدات کارخانجات لبنیات

Skewness and kurtosis قرار گرفتند و نرمال بودن داده‌ها ثابت گردید. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید که فاکتور اول در دو سطح آنزیمی ۰/۹۵ IMCU/kg و ۰/۷۵ و فاکتور دوم در دو سطح زمانی ۳۰ و ۱۵ دقیقه بکار رفت. چهار ترکیب نهایی فوق به همراه دو شاهد کم‌چرب (۲٪ چربی) و پرچرب (۷٪ چربی) بین شاهد‌ها با تیمارهای آزمایشی و نیز با یکدیگر انجام گرفت. در مواردی که اثر معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت، مقایسه میانگین براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

### نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری صفات کمی، وجود اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ ( $p < 0/01$ ) بین تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد. مقایسات گروهی (ارتوگونال) نشان داد که بین شاهد کم‌چرب و پرچرب در صفات ویسکوزیته، درصد ذوب و سختی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ( $p < 0/01$ ) وجود دارد. در حالیکه برای صفت کشش سطحی اختلاف معنی‌دار نیست. همچنین بین تیمارهای آزمایشی و شاهد کم‌چرب برای همه صفات فوق اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ( $p < 0/01$ ) مشاهده می‌شود. در حالیکه بین تیمارهای آزمایشی و شاهد پرچرب، ویسکوزیته و کشش سطحی اختلاف معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) نشان می‌دهد و در صفت سختی اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار است. از طرف دیگر در صفت «درصد ذوب» اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین سطوح مختلف آنزیم، سطح اول (۰/۷۵ IMCU) ویسکوزیته و سختی را بیشتر از سطح دوم افزایش داده و درصد ذوب را نسبت به سطح دوم، بیشتر کاهش می‌دهد. در حالیکه سطح دوم آنزیمی نسبت به سطح اول کشش سطحی را بیشتر کاهش می‌دهد. همچنین سطح زمانی ۱۵ دقیقه نسبت به ۳۰ دقیقه ویسکوزیته را بیشتر افزایش داده و درصد ذوب را بیشتر کاهش می‌دهد ولی بر سختی بستنی بی‌تاثیر بود. همچنین سطح زمانی ۳۰ دقیقه نسبت به ۱۵ دقیقه، کشش سطحی را بیشتر کاهش می‌دهد (جدول ۱).

ویسکوباتور قرار داده شده و تا دمای  $60^{\circ}\text{C}$  خنک گردیدند. دمای عمل آنزیم در این مطالعه  $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$  در نظر گرفته شد. دو تا از بیدون‌ها که با شماره‌های ۱ و ۲ مشخص گردید، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که یکی ۲٪ و دیگری ۷٪ چربی داشت. در بیدون‌های ۳ و ۴ آنزیم کیموزین به میزان ۰/۷۵ IMCU/Kg و در بیدون‌های ۵ و ۶ به میزان ۰/۹۵ IMCU/Kg اضافه گردید. بلافاصله پس از آنزیم‌زنی مخلوط‌ها بطور جداگانه به مدت ۲-۱ دقیقه همزده شدند و دمای عمل آنزیم با دامسنج کنترل گردید. مدت زمان هیدرولیز برای بیدون‌های ۳ و ۵، ۱۵ دقیقه و برای بیدون‌های ۴ و ۶، ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد. پس از سپری شدن زمان اثر آنزیم، درجه حرارت مخلوط با سرعت  $0/66^{\circ}\text{C}/\text{min}$  تادمای  $63/3 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$  بالا برده شده و به مدت ۳۰ دقیقه در این دما نگهداری گردید تا آنزیم غیرفعال شود. در نهایت مخلوط تا دمای  $20^{\circ}\text{C}$  خنک شده و به سردخانه با دمای  $4^{\circ}\text{C}$  انتقال و به مدت ۱۲ ساعت تحت فرآیند رسانیدن قرار گرفت. پس از ۱۲ ساعت رسانیدن ویسکوزیته ظاهری مخلوط بادستگاه ویسکومتر فونجیلاب (Viscometer, Visco Elite - Funjilab s.a.) و نیز کشش سطحی مخلوط با دستگاه تنسیومتر (Tensiometer, model k9, KRUSS GmbH, Hamburg, Germany) اندازه‌گیری شد و سپس مخلوط بستنی در دمای  $5 \pm 0^{\circ}\text{C}$  در دستگاه سرماساز منجمد شده و با ضریب انبساط  $100 \pm 0/5$  درصد در لیوان‌های بستنی پر شده و درب گذاری گردیده و بلافاصله به سردخانه  $30^{\circ}\text{C}$  - انتقال داده شد تا کاملاً سفت و سخت شود. بعد از یک هفته نمونه‌های بستنی به سردخانه  $18^{\circ}\text{C}$  - و  $12^{\circ}\text{C}$  - انتقال داده شده و ۲۴ ساعت در این دماها نگهداری شدند. روز بعد نمونه‌های  $18^{\circ}\text{C}$  - تحت آزمایش تعیین درصد ذوب و نمونه‌های  $12^{\circ}\text{C}$  - تحت آزمایش سختی بادستگاه بافت سنج (Texture Analyzer, H5Ks, Houns field, England.) قرار گرفتند (۱، ۳، ۵، ۶).

اطلاعات جمع آوری شده از آزمایشات در برنامه نرم افزاری آماری MSTATC از لحاظ نرمال بودن تحت آزمون

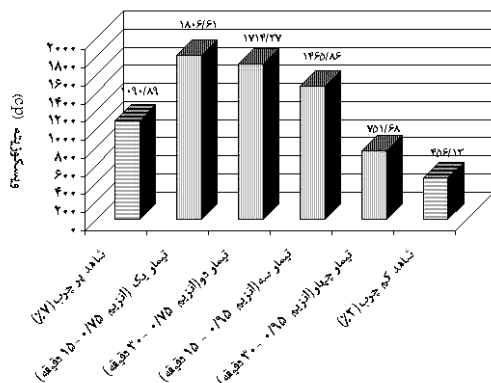
جدول ۱- مقایسه میانگین صفات کمی اندازه گیری شده در آزمایشات بستنی کم چرب در تیمارهای مختلف

فاکتور	سطح	صفات کمی		
		ویسکوزیته بعد از ۱۲ ساعت رسائیدن	کشش سطحی بعد از ۱۲ ساعت رسائیدن	درصد ذوب سختی
آنزیم	۱ (۰/۷۵)	۱۷۶۰ a <sup>+</sup>	۳۴/۱۹ a	۴/۷۱۸ a
	۲ (۰/۹۵)	۱۱۰۹ b	۲۵/۳۱ b	۲/۲۳۵ b
	۱ (۱۵ دقیقه)	۱۶۳۶ a	۳۱/۹۴ a	۴/۰۹۵ a
زمان	۲ (۳۰ دقیقه)	۱۲۳۳ b	۲۷/۵۶ b	۲/۸۵۸ a
	۱۱	۱۸۰۷ a	۳۶/۲۸ a	۵/۶۳۷ a
آنزیم × زمان	۱۲	۱۷۱۴ b	۲۳/۱۰ a	۳/۸۰۰ ab
	۲۱	۱۴۶۶ b	۲۷/۶۰ a	۲/۵۵۳ b
	۲۲	۷۵۱/۷ c	۲۳/۰۲ a	۱/۹۱۷ b

+ میانگین های فاقد حرف مشترک در هر مورد اختلاف معنی دار دارد ( $p < 0.05$ ).

## نتایج و بحث

روند کاهشی ویسکوزیته از سطح اول آنزیمی به سطح دوم آنزیمی را بدین صورت می توان توجیه کرد که احتمالاً با پیشرفت هر چه بیشتر هیدرولیز میسل های کازئینی، عمل الحاق و انعقاد با شدت بیشتری صورت گرفته و ساختار ژلی حاصل مستحکم تر می گردد. این عمل می تواند منجر به خروج آب غیر متحرک در ساختار ژلی شده و در نتیجه ویسکوزیته را کاهش دهد. با افزایش مدت زمان اثر آنزیم بر میسل ها، هیدرولیز پیشرفت بیشتری یافته و ویسکوزیته کاهش می یابد. هر چه ویسکوزیته مخلوط بستنی بالاتر باشد خصوصیات بافتی بستنی بهبود می یابد (۱، ۲، ۶). در نتیجه برای افزایش ویسکوزیته، سطح اول آنزیم (۰/۷۵) در مدت زمان ۱۵ دقیقه توصیه می شود (شکل ۱).

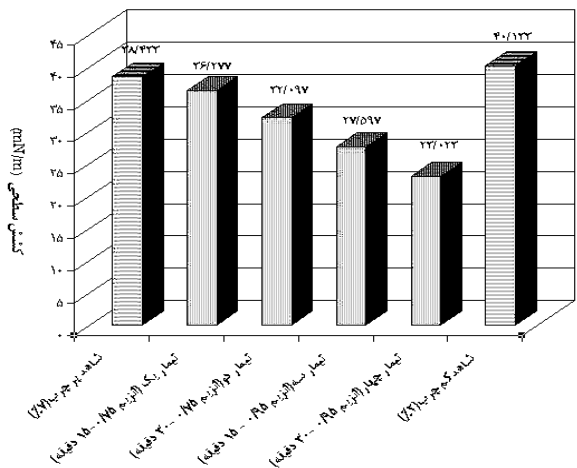


شکل ۱- مقایسه ویسکوزیته مخلوط های بستنی تیمار شده با آنزیم و شاهد های کم چرب و پر چرب بعد از ۱۲ ساعت رسائیدن (LSD=۲۶۳/۱۸)

نمودار (۱) روند تغییرات ویسکوزیته تیمارها را پس از ۱۲ ساعت رسائیدن مخلوط نشان می دهد. همچنانکه ملاحظه می شود، در تیمار شماره یک (IMCU ۰/۷۵ به مدت ۱۵ دقیقه) ویسکوزیته مخلوط کم چرب بیشتر از مخلوط پر چرب است. آنزیم کیموزین یک پروتئاز اختصاصی است که باعث شکسته شدن پیوند فیل آلانین و متیونین (اتصال ۱۰۶-۱۰۵) در میسل های کازئینی شده و در نتیجه آن بخشی از کازئین کاپا از ساختار میسل جدا شده و وارد سرم می گردد (۷، ۹، ۱۰). در اثر این واکنش پایداری میسل های کازئینی کاهش پیدا کرده و تجمع میسل ها صورت می گیرد. هیدرولیز جزئی میسل های کازئینی به وسیله کیموزین در مخلوط بستنی موجب اتصال میسل ها به یکدیگر شده و ساختار ژلی در مخلوط بستنی به وجود می آید. ساختار ژلی، ویسکوزیته مخلوط را افزایش می دهد (۶، ۱۳).

بر اساس مطالعات چانق و مارشال (۱۹۹۵)، افزایش غلظت کیموزین از ۰/۵۹ به ۰/۶۴ و ۰/۸۵ موجب افزایش صعودی ویسکوزیته مخلوط می شود. نتایج حاصل از مطالعه دو غلظت ۰/۷۵ IMCU/kg و ۰/۹۵ کیموزین نشان می دهد که سطح آنزیمی اول (۰/۷۵) ویسکوزیته ظاهری مخلوط را نسبت به شاهد کم چرب افزایش می دهد در حالیکه سطح دوم آنزیم (۰/۹۵) نسبت به سطح اول ویسکوزیته را کمتر افزایش می دهد.

زمان اثر آن، سطح اول آنزیم (۰/۷۵) در مدت زمان ۱۵ دقیقه توصیه می شود (شکل ۲).



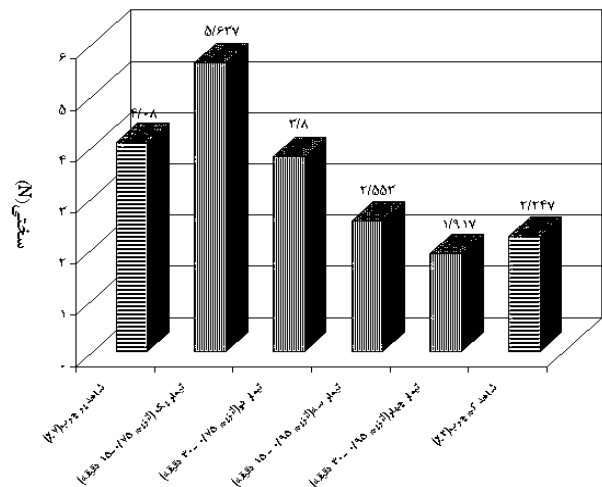
شکل ۲- مقایسه کشش سطحی مخلوط‌های بستنی تیمار شده با آنزیم و شاهد‌های کم‌چرب و پرچرب بعد از ۱۲ ساعت رسانیدن (LSD=۳/۹۴)

سختی یکی از خصوصیات مطلوب بافتی در بستنی است. از آنجا که فرمولاسیون شاهد کم‌چرب و پرچرب کاملاً یکسان بوده و تنها شاهد پرچرب به میزان ۵ درصد چربی بیشتری در فرمولاسیون خود داشت، لذا به نظر می‌رسد که افزایش ماده خشک در شاهد پرچرب، سختی محصول را نسبت به شاهد کم‌چرب، افزایش داده است. اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی و شاهد‌های کم‌چرب و پرچرب را به این صورت می‌توان توجیه کرد که در بستنی تیمار شده با آنزیم (بوژه سطح آنزیمی ۰/۷۵) تجمع و به هم پیوستن میسل‌های کازئینی باعث افزایش سفتی می‌شود (۶). همچنین هیدرولیز کازئین‌ها باعث کاهش پایداری میسل‌ها شده و امکان ایجاد شبکه سه‌بعدی پروتئینی بوجود می‌آید که در نهایت منجر به تشکیل ژل می‌شود. این عمل نیز موجب افزایش سختی بستنی می‌گردد (۶). اما با پیشرفت هیدرولیز، تمایل میسل‌ها به انتقاد و تشکیل لخته‌های کوچک پروتئینی افزایش یافته و در نتیجه پیوندهای بین میسل‌های تجمع‌یافته (بین لخته‌ها) تضعیف می‌گردد و شبکه ژلی استحکام خود را از دست می‌دهد (در

مطالعات میکروسکوپی ساختمان بستنی نشان می‌دهد که پروتئین‌ها جذب سطح گلبولهای چربی می‌شوند. ترکیبات فعال سطحی مثل امولسیون‌کننده‌ها می‌توانند جایگزین پروتئین‌های جذب شده به سطح گلبولهای چربی شده و در نتیجه کشش سطحی را کاهش دهند (۲، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷). البته پروتئین‌ها نیز دارای فعالیت سطحی (سورفاکتانت) هستند. اما ترکیبات امولسیون‌کننده بسیار فعال‌تر از پروتئین‌ها عمل می‌کنند و کشش سطحی را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهند. با کاهش مقدار کشش سطحی، قابلیت زدن و هوادهی مخلوط بستنی افزایش می‌یابد. بطوریکه می‌توان در بستنی‌های تیمار شده با آنزیم ضریب انبساط را تا ۲۵۰ درصد افزایش داد. از سوی دیگر این عمل موجب ضعیف شدن پیکره و چروکیدگی بستنی در زمان انبارداری می‌شود. از آنجا که در فرمولاسیون مخلوط‌های بستنی (تیمارها و شاهد‌ها) از ترکیبات امولسیون‌کننده و پایدارکننده یکسانی استفاده شده بود، منطقی به نظر می‌رسد که ما بین شاهد کم‌چرب و پرچرب کشش سطحی اختلاف معنی‌داری نداشته باشد. کاهش کشش سطحی در تیمارهای آنزیمی احتمالاً مربوط به هیدرولیز جزئی کازئین‌ها و خروج بخشی از کازئین کاپا از ساختار میسلی است که در نتیجه آن تمایل میسل‌ها به تجمع و ایجاد اتصال ما بین همدیگر افزایش یافته و لذا پروتئین‌ها در تشکیل ژل شرکت می‌کنند و در نتیجه ترکیبات امولسیون‌کننده به راحتی در مرز مشترک چربی-سرم قرار می‌گیرند و کشش سطحی را هر چه بیشتر کاهش می‌دهند. فرضیه دیگر این است که احتمالاً آن بخش از کازئین کاپا که از میسل کازئینی جدا می‌شود، به دلیل داشتن قسمتهای آبگریز و آبدوست به عنوان یک امولسیون‌کننده عمل کرده و در نتیجه موجب کاهش کشش سطحی در مخلوط بستنی می‌گردد. همچنانکه می‌دانیم، کازئین کاپا یک گلیکو ماکرو پپتید است که بخش قندی آن آبدوست می‌باشد. برای کاهش هر چه بیشتر کشش سطحی در مخلوط بستنی، سطح دوم آنزیمی (۰/۹۵) در مدت زمان ۳۰ دقیقه مناسب‌تر است. اما با توجه به اثرات منفی کاهش کشش سطحی و نیز تحت تاثیر قرار گرفتن سایر خصوصیات مطلوب بستنی با افزایش مقدار آنزیم و

گلبولهای چربی در دیواره حبابهای هوا و افزایش قوام بستنی پرچرب است (۱۱، ۱۴، ۱۵). در عدم حضور ترکیبات امولسیون کننده، دیواره حبابهای هوا توسط پروتئین های شیر پوشیده می شود. این حالت جذب گلبولهای چربی به لایه بین سطحی هوا-سرم را با مشکل مواجه می کند در نتیجه سرعت ذوب افزایش می یابد (شاهد کم چرب). جذب گلبولهای چربی در دیواره حبابهای هوا، فاکتور بسیار مهمی در مقاومت به ذوب محصول نهایی است (۱۱). هیدرولیز جزئی میسل های کازئینی و تمایل آنها به تشکیل شبکه پروتئینی، حضور پروتئین ها در دیواره حبابهای هوا را کاهش داده و سرعت ذوب را کاهش می دهد (تیمار شماره یک) (۱۱). ساختار ژل پروتئینی منجر به افزایش ویسکوزیته و قوام و پایدارتر شدن پیکره بستنی با احاطه کردن حبابهای هوا می شود. همچنین اثر امولسیون کنندگی کازئین کاپا به کاهش سرعت ذوب کمک می کند. افزایش غلظت امولسیون کننده ها موجب تضعیف شدت ذوب و پایداری شدید سیستم کف می شود و در نتیجه سرعت جریان ترکیبات بستنی از الک سیمی کاهش می یابد (۲، ۶). همچنین امولسیون کننده ها موجب کاهش اندازه حبابهای هوا شده و در نتیجه سرعت ذوب کاهش می یابد (۴، ۵، ۱۲). احتمال دیگر در مورد تاثیر آنزیم و مدت زمان اثر آن بر درصد ذوب این است که ایجاد ساختار ژل پروتئینی، مقداری از آب موجود در بستنی را به حالت غیرمتحرک در می آورد و در نتیجه شبکه ای پدید می آورد که قطرات ریز آب در داخل آن گرفتار شده اند. این آب به سختی منجمد شده و دیرتر از حالت انجماد خارج می شود. زیرا هدایت حرارتی شبکه پروتئینی کمتر از آب بوده و به عنوان عایق عمل می کند و در نتیجه سرعت ذوب در تیمارهای آنزیمی کاهش می یابد. با افزایش مقدار آنزیم و مدت زمان اثر آن، هیدرولیز کازئین ها پیشرفت می کند و شبکه ژل تضعیف می شود و آب آزاد افزایش می یابد و متعاقب آن سرعت انتقال حرارت در سرتاسر بستنی افزایش یافته و بستنی سریعتر ذوب می شود (تیمار شماره ۴). سرعت ذوب پائین یکی از خصوصیات مطلوب بافت بستنی است. لذا برای رسیدن به بافت مطلوب در بستنی، سطح اول آنزیم (۰/۷۵) در مدت زمان ۱۵ دقیقه توصیه می شود (شکل ۴).

خارج توده های میسلی). همین عامل می تواند منجر به کاهش سختی در محصول گردد. از طرف دیگر با افزایش مقدار آنزیم و زمان اثر آن، میزان آب غیر منجمد در بافت بستنی افزایش پیدا می کند و در نتیجه سختی تنزل می یابد (نمودار ۳). احتمال دیگر در مورد کاهش سختی با پیشرفت هیدرولیز این است که با افزایش مقدار آنزیم و مدت زمان اثر آن، شبکه پروتئینی دچار تضعیف شده و ویسکوزیته کاهش پیدا می کند در نتیجه حبابهای هوا به هنگام هوادهی و انجماد می تواند به همدیگر بپیوندند و تعداد کمی حباب هوا با اندازه های بزرگتر پدید آید. در چنین شرایطی به هنگام وارد ساختن نیرو بر محصول توسط دستگاه بافت سنج، حبابهای درشت هوا به سادگی تغییر شکل داده و در نتیجه سختی بافت کاهش می یابد (۲، ۱۵). سختی نسبتا بالا در بستنی مطلوب است لذا برای افزایش سختی، سطح اول آنزیم (۰/۷۵) در مدت زمان ۱۵ دقیقه توصیه می شود.



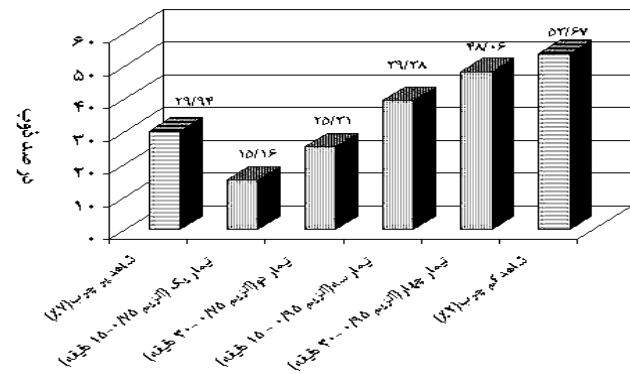
شکل ۳- مقایسه سختی بستنی تیمار شده با آنزیم و شاهد های کم چرب و پرچرب (LSD=۰/۵۶)

برای ارزیابی سرعت ذوب نمونه های بستنی به وسیله ابزارهای آزمایشگاهی، درصد ذوب نمونه های بستنی در پایان ۳۰ دقیقه در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  مبنای مقایسه قرار گرفت. همچنان که در نمودار (۴) ملاحظه می شود، سرعت ذوب شاهد کم چرب نسبت به شاهد پرچرب بیشتر است که علت آن قرار گرفتن

بافت را در بستنی کم‌چرب ایجاد کرده و عیوب ناشی از کاهش چربی را برطرف می‌سازد بدون اینکه طعم نامطلوبی در بستنی ایجاد کند. در برخی موارد خصوصیات بستنی کم‌چرب تیمار شده با آنزیم بهتر از بستنی پرچرب خواهد بود.

### سپاسگزاری

از گروه تحقیق و توسعه لبنیات پاستوریزه پاک و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی به خاطر فراهم ساختن امکانات این تحقیق قدردانی می‌شود. همچنین از آقای مهندس احمد یاری خسروشاهی و آقای مهندس دربان آستانه به خاطر مساعدت در تجزیه و تحلیل داده‌ها سپاسگزاری و تقدیر می‌گردد.



شکل ۴- مقایسه درصد ذوب بستنی تیمار شده با آنزیم و شاهد‌های کم‌چرب و پرچرب (LSD=۶/۲۴)

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ۰/۷۵IMCU/kg کیموزین در مدت زمان اثر ۱۵ دقیقه بهترین

### REFERENCES

- Adapta, S., H. Dingeldein, K. A. Schmidt, & T. J. Herald. 2000. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *J. Dairy Sci*, 83: 2224.
- Aime, D.B., S. D. Arntfield, L. J. Malcolmson, & D. Ryland. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*. 34: 237-246.
- Asher, Y.J., M. A. Molard, S. Jordan, T. J. Murice, & K. B. Caldwell. 1993. Process for producing low or non fat ice cream. United States Patent. 5215777.
- Bear, R.J., M. D. Wolkaw, & K. M. Kasperson. 1997. Effect of emulsifiers on the body and texture of low-fat ice cream. *J. Dairy Sci.*, 80: 3123.
- Bear, R.T., N. Krishnaswamy, & K. M. Kasperson. 1999. Effect of emulsifiers and food gum on non-fat ice cream. *J. Dairy Sci.*, 82: 1416.
- Chang, J. L., R. T. Marshal, & H. Heymann. 1995. Casein micelles partially hydrolyzed by chymosin to modify the texture of low-fat ice cream. *J. Dairy Sci.*, 78: 2617-2623.
- Dagleish, D.G. 1983. Coagulation of renneted bovine casein micelles: dependence on temperature, calcium ion concentration and ionic strength. *J. Dairy Res*. 50: 331.
- Dorp, M.V. 1996. Carbohydrates as fat replacers in ice cream. *Confectionery production*, 62(9): 12-13.
- Fox, P.F. 1969. Milk-clotting and proteolytic activities of rennet and of bovine pepsin and porcine pepsin. *J. Dairy Res*. 36:427.
- Fox, P.F. 1987. The enzymatic coagulation of milk. In the cheese: chemistry, physics and microbiology. Vol: 1. D. G. Dagleish, ed. Appl. Sci. Publ. Ltd. London. England.
- Gaonkar, A.G. 1995. Ingredient interactions: Effects on food quality. Marcel Dekker, New York.
- Goff, H.D. & W. K. Jordan. 1989. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *J. Dairy Sci.*, 72(1):18.

13. Goff, H.D., V. J. Davidson, & E. Cappl. 1994. Viscosity of ice cream mix at pasteurization temperature. *J. Dairy Sci.*, 77:2207.
14. Goff, H.D. 1997. How important is fat in ice cream? *Canadian Dairy*: 76(3):22-23.
15. Goff, H.D., E. Verespei, & A. K. Smith. 1999. A Study of fat and air structures in ice cream. *International Dairy J.* 9: 817.
16. Goff, H.D. 2000. Controlling ice cream structure by examining fat-protein interactions. *The Australian J. Dairy Tech.* 55: 78.
17. Pelan, B.M.C., K. M. Watts, I. J. Campbell, & A. Lips. 1997. The stability of aerated milk protein emulsions in the presence of small molecule surfactants. *J. Dairy Sci.*, 80: 2631.
18. Tancibok, K.U. & B. C. Sekula. 1997. Reduced calorie ice cream-type frozen desserts and butter fat mimetics therefore. USP. 5645881.



## **Improving the Quality of Low-Fat Ice Cream By Hydrolyzing of Casein Micelles with Chymosin**

**A. HOMAYOUNI RAD<sup>1</sup>, M.R. EHSANI<sup>2</sup>, S.M. MOUSAVI<sup>3</sup>,  
M. VALIZADEH<sup>4</sup> AND Z. EMAM-DJOMEH<sup>5</sup>**

**1, 2, 3, 5, Ph. D. Student, Associate, Assistant and Assistant Professors,  
University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran-  
Karaj, 4, Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz**

**Accepted Oct. 13, 2004**

### **SUMMARY**

Low-fat ice cream bears less than 5% fat in its composition. Much work has been done to produce either low or non-fat ice cream. Partial hydrolysis of casein micelles by chymosin employment can improve both the body and texture of ice cream. The purpose in this research was to improve the quality of low-fat ice cream through chymosin. Low-fat (2%) ice cream was prepared from mixes that were subjected to limited chymosin proteolysis. The mix was treated with either 0.75 or 0.95 IMCU of chymosin per kilogram of mix for either 15 or 30 min at 60°C. Chymosin has originally been produced from fungi and is nowadays available in market. Having the mix held at 63.3°C for 30 min after processing inactivated chymosin. Treated mixes were aged for 12 hr at 4°C and the ice cream was produced (95-100% overrun) using conventional techniques. Viscosity, surface tension, hardness and melting rate were evaluated, data analysis being done based on randomized complete block design (RCBD). Following chymosin treatment, viscosities as well as hardness were significantly increased but surface tension and melting rate decreased. The related changes in physico-chemical properties were observed to improve the quality of final product.

**Key words:** Low-fat ice cream, Chymosin, Quality, Viscosity, Surface tension, Melting rate, Texture.