

## تاثیر پروتئین‌های آلبومین، سدیم کازئینات، کنسانتره آب پنیر و ژلاتین بر ریز ساختار موس شکلاتی

سعید میرعرب رضی<sup>۱\*</sup>، محبت محبی<sup>۲</sup>، محمد حسین حداد خداپرست<sup>۳</sup> و آرش کوچکی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲۴

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، تکنولوژی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۳</sup> استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*مسئول مکاتبه: Email: Saeed.mirarab86@yahoo.com

### چکیده

دسرهای لبنی بر پایه سیستم کف بازارپسندی خوبی دارند. موس، دسر هوا داده شده با ساختار کفی پایدار می‌باشد. در این پژوهش تاثیر مقادیر مختلف پروتئین‌های آلبومین، سدیم کازئینات، کنسانتره آب پنیر و ژلاتین بر ویژگی‌های بافتی (سفتی و مقاومت به خرد شدگی) و ریز ساختار ( قطر معادل و توزیع اندازه حباب) موس شکلاتی بررسی شد. نتایج نشان داد توزیع اندازه حباب به نحوی بود که نمونه‌های تولیدی حاوی آلبومین بیشترین تعداد حباب را در بخش کمتر از ۵ میکسل داشتند و بخش بزرگتر از ۲۰ میکسل سهم جزئی تری در تشکیل ریز ساختار موس شکلات داشت، همچنین نمونه‌های تولیدی حاوی ژلاتین بالا، سهم کمتری را در بخش بزرگتر از ۲۰ میکسل داشتند. قطر معادل حباب نیز با گذشت زمان افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های حاوی آلبومین و ژلاتین بالا کمتر بود. به طور کلی افزایش غلظت پروتئین سبب کاهش قطر معادل حباب گردید. میزان سفتی در نمونه‌هایی که حاوی مقادیر بالاتر ژلاتین بودند بیشتر بود اما نیروی شکست نمونه‌ها اختلاف معنی داری نداشت.

**واژگان کلیدی:** توزیع اندازه حباب، ژلاتین، قطر معادل

### مقدمه

تخم مرغ، ژلاتین و طعم دادن توسط میوه، شکلات و سایر افزودنی‌ها تهیه می‌شود. حضور فاز گازی در این محصول باعث تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی، بین سطحی و ظاهری می‌شود. همچنین با تولید محصولات جدید حاوی هوا نظیر بستنی، سود آوری بهبود می‌یابد که به همین دلیل تولید کف به فرایند کلیدی در صنعت غذا تبدیل شده است. ویژگی کف‌ها به مقدار زیادی

موس<sup>۱</sup> در زبان فرانسوی به معنای کف است و معمولاً به یک نوع دسر سرد گفته می‌شود که مهمترین ویژگی آن داشتن ساختاری متخلخل است. این دسر معمولاً با زدن سفیده تخم مرغ، خامه و همچنین استفاده از زرده

<sup>1</sup> Mousse

(آروما) و کاهش میزان کالری مطلوب است (اگیولرا و لیلفرد، ۲۰۰۸).

اندازه حباب نه تنها جهت تعیین مساحت ناحیه بین سطحی، بلکه در اتصال حباب‌های فاز گازی استفاده می‌شود (لیپینگ دو و همکاران، ۲۰۰۱). اندازه حباب پارامتر مهمی در جهت مشخص کردن پایداری کف می‌باشد. کوچک بودن اندازه حباب به دلایل زیر مطلوب می‌باشد:

الف- حباب‌های بزرگتر (در کسر حجمی گازی ثابت) منجر به کاهش در سطح مشترک حباب شده که باعث کاهش ظرفیت فاز مایع بی حرکت پیوسته و افزایش و سریع تر شدن زهکشی و کاهش احساس دهانی می‌شود؛ ب- بزرگ شدن لاملا<sup>۳</sup> حین انبساط کف موجب شکستن لاملا و افزایش عرض حباب و در نتیجه افزایش تسهیم نامتناسب حباب<sup>۴</sup> می‌شود؛ پ- حباب‌های بزرگتر به دلیل کاهش فشار درونی راحت تر دفورم شده که این همراه با کاهش مدول الاستیسیته است (کاهش سفتی کف) که منجر به کاهش توانایی شکل‌گیری یا حفظ شکل محصولات می‌باشد (مولر و همکاران، ۲۰۰۵).

هدف از انجام این پژوهش بررسی ریز ساختار موس شکلاتی با استفاده از سیستم پردازش تصویر و بررسی اثر مقادیر مختلف پروتئین‌های آلبومین، سدیم کازئینات، کنسانتره آب پنیر و ژلاتین بر ویژگی‌های بافتی و ریز ساختار آن بود.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

در این تحقیق از سدیم کازئینات (۷۷ درصد پروتئین، شرکت میلاد، تهران، ایران)، ژلاتین (نوع B، بلوم ۱۶۰-۱۸۰، بنگلادش)، شکر (فریمان، مشهد، ایران)، پودر کاکائو (کارگیل، هلند)، خامه زده شده (ماهرنگ سحر

بستگی به ریزساختار آن‌ها، خصوصاً محتویات گازی و توزیع اندازه حباب بستگی دارد. ریز ساختار وابسته به شرایط فرایند تولید کف و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی فاز پیوسته می‌باشد (نارچی و همکاران، ۲۰۰۷). هوادهی در غذا باعث کاهش دانسیته محصول، تغییر بافت و رئولوژی محصول و در نتیجه تغییر در احساس دهانی و ظاهر، افزایش درک مزه به دلیل افزایش سطح، بهبود هضم، در محصولاتی مثل نان باعث بهبود ویژگی‌های ظاهری، سهولت در جویدن غذا و بهبود در دریافت عطر و طعم و کاهش کالری زایی می‌شود (زونگیا و اگیولرا، ۲۰۰۸). کیفیت محصولات بر پایه سیستم کف تا حد زیادی به مشخصات دیسپرسیونی آن بستگی دارد. میزان پذیرش مصرف کننده می‌تواند به میزان نرمی و احساس دهانی که مرتبط با ساختار هوای ریز موجود در شکلات (مربوط به حباب‌های ریزی که به سختی با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند) و یا روشنی و تردی شکلات که مرتبط به ساختار هوای درشت شکلات (مربوط به حباب‌های درشت) است، باشد (هادلت و همکاران، ۲۰۰۷).

در هر سیستم بر پایه کف توزیع متفاوتی از اندازه حباب مشاهده می‌شود. در بعضی از سیستم‌ها، اندازه حباب یکسان مطلوب است (مانند خمیر نان و خمیرابه کیک) که موجب بهبود کیفیت پخت می‌شود؛ در حالی که در برخی از محصولات گستره بیشتر موجب بهبود احساس دهانی می‌شود. به طور کلی توزیع اندازه در دیسپرسیون بستگی به شرایط عملیات مانند فشار، سرعت همزن، دما و ترکیب شیمیایی گاز دارد. در فرایند تولید، کنترل اندازه و توزیع ذرات حباب هوا ضروری می‌باشد. کاهش اندازه حباب در غذا، کنترل شکل حباب‌ها و توزیع ذرات برای اصلاح بافت، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، افزایش ناحیه بین سطحی (در حجم ثابت گاز)، کاهش سینرزیس، پخش شدن بهتر هوا

3 Lamella

4- Disproportionation

2 Bubble size distribution

شدند. سدیم کازئینات پس از اینکه به وسیله همزن مغناطیسی حل شد به مدت ۲ دقیقه زده و به مخلوط اضافه گردید. ژلاتین نیز پس از اینکه در آب با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد حل شد در پایان به موس افزوده شده، محصول نهایی در بسته ی پلاستیکی به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد.

شرق، ۲۷٪ چربی، مشهد، ایران) به عنوان مواد اولیه استفاده شد. در جدول ۱ فرمولاسیون‌های مختلف موس شکلاتی نشان داده شده است. جهت تولید موس، ابتدا پودر کاکائو و شکر در آب داغ (در حال جوش) حل شدند و به خامه که به مدت ۳ دقیقه با همزن خانگی (گوسونیک، ۵۴۰۰ دور بر دقیقه) زده شده بود، افزوده

جدول ۱- فرمولاسیون موس شکلات در نمونه‌های مختلف (بر حسب گرم)

شکر	پودر کاکائو	خامه زده شده	ژلاتین	سدیم کازئینات	آلبومین	کنسانتره آب پنیر	آب مقطر (سی سی)	
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۱	۰	۵۵	A1G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۱	۰	۵۵	A1G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۱	۰	۵۵	A1G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۲	۰	۵۵	A2G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۲	۰	۵۵	A2G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۲	۰	۵۵	A2G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۳	۰	۵۵	A3G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۳	۰	۵۵	A3G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۳	۰	۵۵	A3G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۱	۰	۰	۵۵	S1G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۱	۰	۰	۵۵	S1G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۱	۰	۰	۵۵	S1G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۲	۰	۰	۵۵	S2G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۲	۰	۰	۵۵	S2G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۲	۰	۰	۵۵	S2G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۳	۰	۰	۵۵	S3G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۳	۰	۰	۵۵	S3G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۳	۰	۰	۵۵	S3G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۰	۱	۵۵	W1G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۰	۱	۵۵	W1G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۰	۱	۵۵	W1G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۰	۲	۵۵	W2G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۰	۲	۵۵	W2G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۰	۲	۵۵	W2G3
۳۲	۶	۴۰	۱	۰	۰	۳	۵۵	W3G1
۳۲	۶	۴۰	۲	۰	۰	۳	۵۵	W3G2
۳۲	۶	۴۰	۳	۰	۰	۳	۵۵	W3G3

## توزیع اندازه حباب

شرایط تصویرگیری باید به گونه ای باشد که عواملی مانند انعکاس که باعث اختلال در آنالیز می‌شوند، حداقل شوند. تصویرگیری با استفاده از دوربین دیجیتال (میکرو، دینولایت) که با پورت USB به رایانه متصل بود، انجام شد به این منظور دوربین که روی پایه ثابت بود، به سطح نمونه مماس شد. از نمونه‌ها تصاویری در ابعاد ۲۰۴۸x۲۰۶۰ پیکسل و با وضوح ۳۰۰ dpi گرفته شد و با فرمت JPG ذخیره گردید. برای پردازش تصاویر از نرم افزار Image J استفاده شد. از نمونه موس تولید شده، بلافاصله بعد از تولید (مخلوط موس شکلاتی) و ۲۴ ساعت پس از آن (محصول نهایی) تصویر برداری شد. جهت محاسبه پارامترهای تصویر پس از ۸ بیتی شدن، از تصحیح گاما و ارتقاء تمایز جهت پردازش تصویر استفاده شد. سپس تفریق پس زمینه و تکرار عمل ارتقاء تمایز جهت پردازش تصاویر اعمال گردید و در نهایت عمل آستانه گیری<sup>۱</sup> در کانال رنگی خاکستری با شدت  $10.5 \pm 5$  انجام گرفت. پس از محاسبه اندازه حباب در تصاویر توزیع اندازه به دسته کمتر از ۵ پیکسل، بین ۵-۲۰ پیکسل و بزرگتر از ۲۰ پیکسل تقسیم شد.

## قطر معادل حباب

در هر تصویر دامنه گسترده ای از حباب وجود دارد که هر کدام دارای اندازه ای متفاوت هستند. با استفاده از قطر معادل در هر تصویر می توان به یک عدد که بیانگر متوسط قطر تمام حباب‌ها است، رسید. مساحت هر حباب بر اساس تعداد پیکسل محاسبه می‌شود و توسط رابطه زیر می توان قطر معادل حباب را بدست آورد (خوان جرمین و خوزه آگیولرا، ۲۰۱۲):

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \text{area}}$$

معادله (۱):

## آنالیز بافت

پس از اینکه مخلوط نمونه‌های موس شکلاتی تهیه شد به ظرفی با قطر ۷۲ میلی متر انتقال داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری گردید. پس از اینکه نمونه‌های موس شکلات آماده شد از دستگاه (Texture Analyser (TA PLUS برای ارزیابی بافت آن استفاده شد. بدین منظور از پروب استوانه ای به قطر ۶۰ میلی متر برای نفوذ به عمق ۸ میلی متر و با سرعت ۲ mm/s استفاده شد و سفتی<sup>۷</sup> و نیروی شکست<sup>۸</sup> نمونه‌های موس شکلات محاسبه گردید (کیلاست و سلگ، ۲۰۰۲).

## تجزیه و تحلیل آماری

از طرح آماری کاملاً تصادفی (CRD) در قالب فاکتوریل و با سه تکرار استفاده و آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. نتایج در معرض آنالیز واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح آماری ۹۵ درصد مقایسه شدند. پردازش تصاویر با استفاده از نرم افزار Image J و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel 2007 صورت پذیرفت.

## بحث و نتیجه گیری

## توزیع اندازه حباب

پس از محاسبه اندازه حباب نمونه‌های مختلف، توزیع اندازه به سه بخش کمتر از ۵ پیکسل، بین ۵-۲۰ پیکسل و بزرگتر از ۲۰ پیکسل تقسیم شد. در بخش کمتر از ۵ پیکسل مخلوط موس شکلاتی، نمونه‌های A3G3 و A2G3 بیشترین و نمونه‌های W2G1 و W3G1 کمترین سهم را داشتند. در بخش بین ۵-۲۰ پیکسل نمونه‌های A3G3 و A2G3 کمترین و نمونه‌های W2G1 و S3G1 بیشترین سهم را داشتند. در بخش بزرگتر از ۲۰ پیکسل، نمونه‌های W1G2 و W1G1 بیشترین و

7Stiffness  
8Fractal force

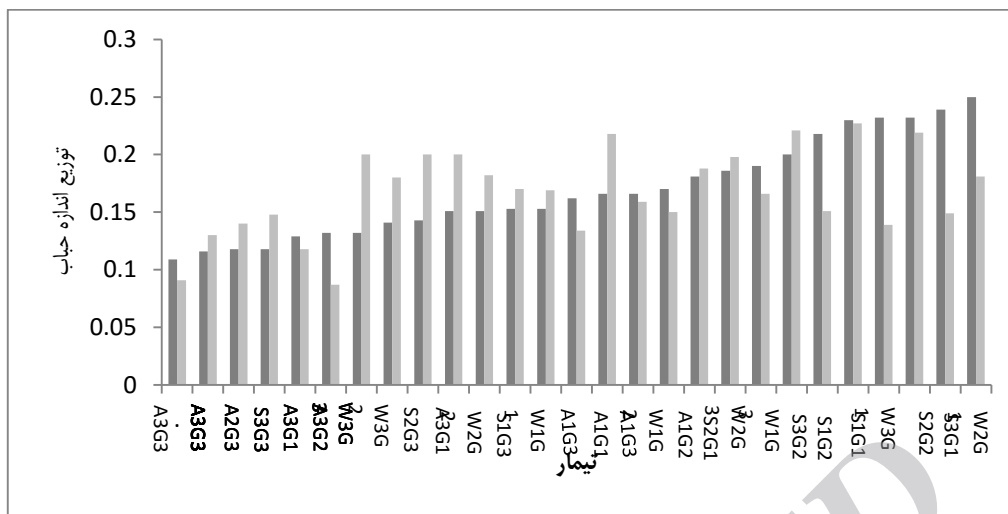
5Subtract Background  
6Threshold

دلیل این نتایج را می‌توان این‌طور بیان نمود که با گذشت زمان و در اثر مکانیسم‌های ناپایدارکننده، حباب‌ها به یکدیگر متصل شده و بزرگتر می‌شوند. با افزایش مکانیسم‌های ناپایدارکننده افزایش اندازه نیز بیشتر می‌باشد. در نمونه‌هایی که از آلبومین به عنوان عوامل کف زا استفاده گردید تعداد حباب با اندازه بزرگتر از ۲۰ میکسل کمتر بود زیرا آلبومین به دلیل رفتار ویسکوالاستیک بالاتر و تشکیل فیلم‌های پایدار موجب تولید حباب‌های با پایداری بالاتر گردید. اینداواتی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که حباب‌ها طی زمان به هم متصل شدند و زهکشی افزایش یافت. هم چنین در نمونه‌هایی که مقادیر بالاتر ژلاتین داشتند تعداد حباب با اندازه بزرگتر از ۲۰ میکسل کمتر بود زیرا افزایش مقدار ژلاتین می‌تواند سبب افزایش ویسکوزیته شود که این امر سبب می‌شود فرایند اتصال حباب‌ها به یکدیگر کند شده و در نتیجه حباب پایدار بماند.

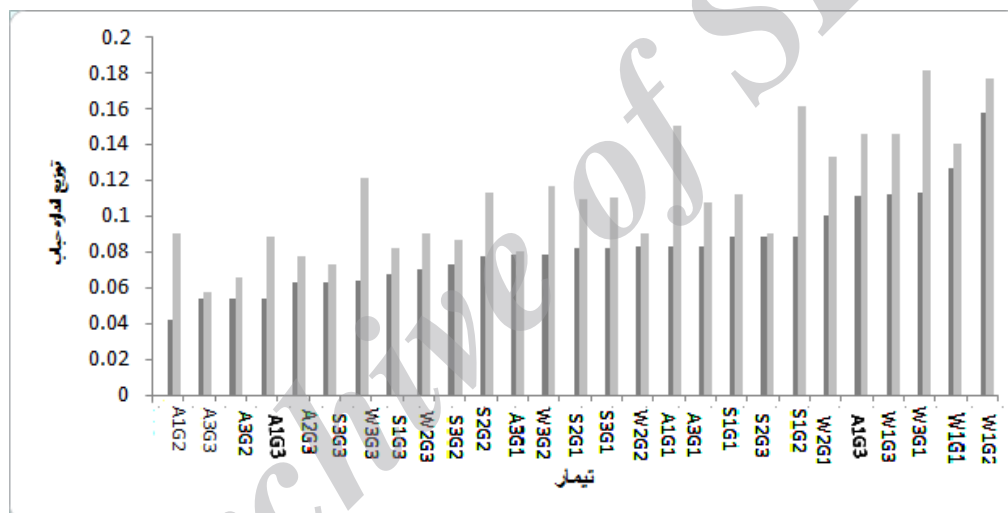
نمونه‌های A1G2 و A1G3 کمترین سهم را دارا بودند. در بخش کمتر از ۵ میکسل محصول نهایی موس شکلات، نمونه‌های W1G2, W2G1, W3G1 و S1G2 کمترین و نمونه‌های A3G1, A3G2, A3G3 بیشترین مقادیر را داشتند. در بخش ۵-۲۰ میکسل، نمونه‌های W3G3 و A3G3 کمترین و نمونه‌های W2G2, A3G1, W3G2 و A1G3 بیشترین مقادیر را دارا بودند. در بخش بزرگتر از ۲۰ میکسل، نمونه‌های W1G2, W3G1 و S1G2 بیشترین و نمونه‌های A1G2, A1G3, A3G2 کمترین مقدار را دارا بودند. با مشاهده دقیق تصاویر گرفته شده در فواصل زمانی معین، مشخص می‌شود که با گذشت زمان توزیع اندازه حباب‌ها یکسان نمی‌ماند. در مراحل اولیه، توزیع اندازه حباب یکسان است اما با گذشت زمان نامتقارن شده، چندین پیک در زمان‌های انتهایی نمود پیدا می‌کند باریک و همکاران (۲۰۰۹) نیز به همین نتایج دست یافتند. در تمامی نمونه‌ها سهم حباب‌های با اندازه بزرگتر از ۲۰ میکسل افزایش یافت،



شکل ۱- توزیع اندازه حباب در بخش کمتر از ۵ میکسل مخلوط موس شکلاتی و موس شکلاتی



شکل ۲- توزیع اندازه حباب در بخش ۲۰-۵۰ میکسل مخطوط موس شکلاتی و موس شکلاتی



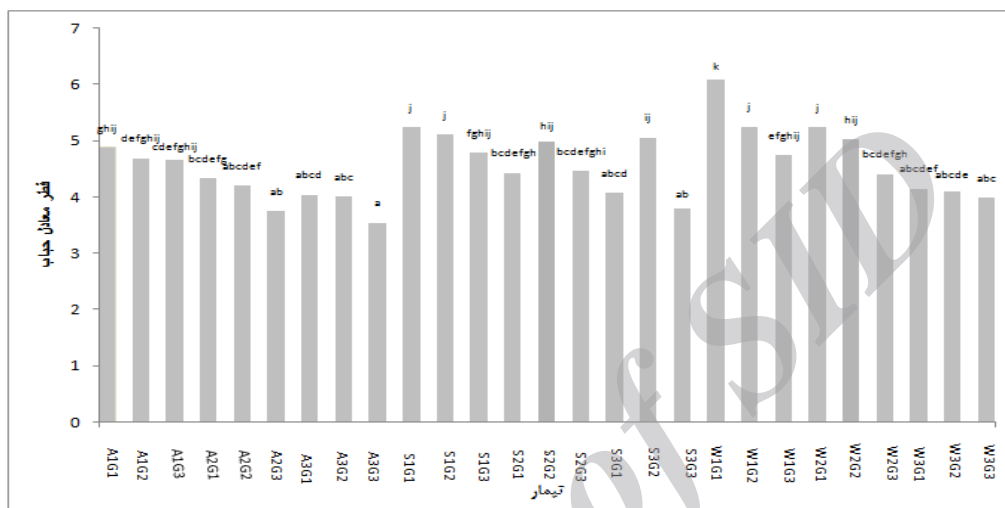
شکل ۳- توزیع اندازه حباب در بخش بزرگتر ۲۰ میکسل مخطوط موس شکلاتی و موس شکلاتی

افزایش ویسکوزیته و غلظت پروتئین کاهش می‌یابد (پاتینو و همکاران، ۱۹۹۵). میزان حلالیت و انعطاف پذیری پروتئین در آرایش فضایی، برهمکنش، گسترش در سطوح بینابینی هوا-مایع و تشکیل فیلم ضخیم ویسکوز موثر می‌باشد. در حین تشکیل کف، آلومین پس از جذب در سطوح بینابینی هوا-آب تغییری در ساختار سوم و به ندرت دوم آن ایجاد می‌شود که پایدارتر از دو پروتئین دیگر می‌باشد به همین دلیل قطر معادل نمونه‌های حاوی آلومین کوچکتر بود. سدیم کازئینات پروتئینی با ساختار مارپیچ تصادفی است که

قطر معادل حباب در مخلوط موس شکلاتی در مخلوط موس شکلاتی کوچکترین قطر معادل حباب مربوط به نمونه‌های A2G2، S3G3 و A3G3 بود. به طور کلی با افزایش غلظت ژلاتین و پروتئین قطر معادل حباب کوچکتر شد. بزرگترین قطر معادل مخلوط موس شکلاتی در نمونه W1G1 بود که ۱ گرم پروتئین کنسانتره آب پنیر و ۱ گرم ژلاتین داشت. بسته به نوع پروتئین‌ها برای تشکیل کف؛ توانایی پروتئین برای رسیدن به سطوح بینابینی، کاهش کشش سطحی و پایدار کردن سطوح جدید متفاوت می‌باشد. زهکشی با

بینابینی جذب می‌شود و به دلیل انعطاف پذیری بیشتر می‌تواند نوآرایی زودتری در سطوح بینابینی داشته باشد که موجب کاهش کشش سطحی و تجزیه راحت تر حباب حین تشکیل کف و در نهایت اندازه حباب کوچکتر می‌شود (سینق، ۲۰۱۱).

به سرعت در سطوح بینابینی جذب می‌شود، در حالی که پروتئین آب پنیر ساختاری کروی با انعطاف مولکولی پایین دارد که سخت تر به سطوح بینابینی انتشار پیدا می‌کند. از آنجایی که سدیم کازئینات فعالیت سطحی بیشتر از پروتئین آب پنیر داشته، سریعتر در سطوح



شکل ۴- قطر معادل حباب در مخلوط موس شکلاتی

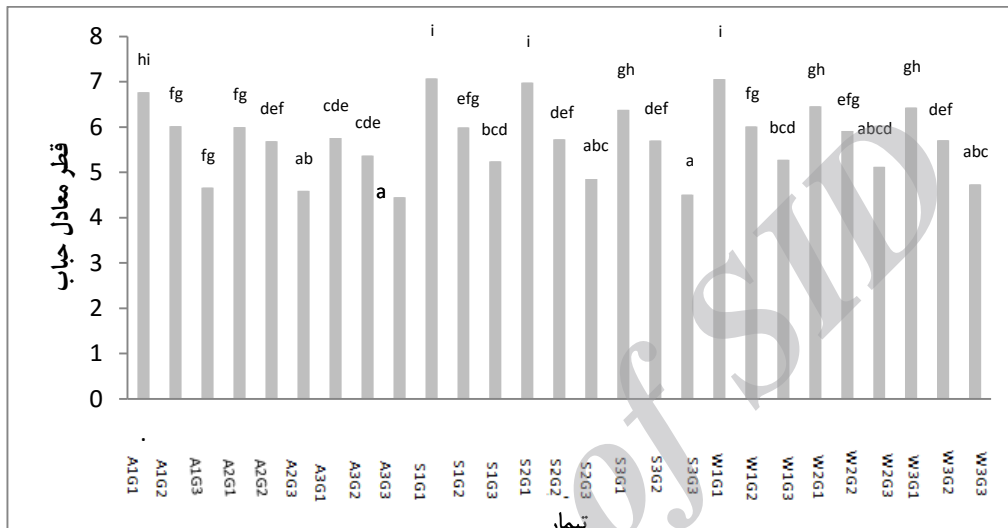
بهتری داشت و این کف پایدارتر بود. در pH خنثی کف زایی و پایداری سدیم کازئینات مناسب می‌باشد؛ در حالی که ویژگی‌های کف کنسانتره پروتئین آب پنیر نامناسب است، اما در pH ایزوالکتریک سدیم کازئینات (۴/۵) و کنسانتره آب پنیر (۴/۲) این ویژگی‌ها متفاوت بود؛ به طوری که در مورد سدیم کازئینات کاهش و در کنسانتره آب پنیر بهبود ویژگی‌ها مشاهده شد. مولکول‌های کروی پروتئین آب پنیر نمی‌توانند به خوبی فشرده شده و فیلم مناسبی تشکیل دهند. از طرف دیگر ژلاتین با افزایش ویسکوزیته فاز مایع باعث کاهش کشش بین سطحی می‌شود که در نتیجه از شدت عوامل ناپایدار کننده کاسته شده و حباب کوچک باقی می‌ماند (گوپلن و همکاران، ۲۰۱۱). یانگ و فونج‌دینگ (۲۰۱۱) دریافتند ویژگی‌های کف با افزودن مقادیر مختلف شکر (۳/۲۷-۶۳/۴ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) تغییر یافت. افزودن شکر اندازه حباب اولیه را کاهش داد که مربوط

#### قطر معادل در نمونه‌های موس شکلات

در نمونه‌های A3G3 و S3G3 که میزان ژلاتین و پروتئین بالا بود کوچکترین قطر معادل مشاهده شد اما در نمونه‌های S1G1، W1G1 و S2G1 بیشترین اندازه حباب مشاهده شد. به طور کلی افزایش مقدار ژلاتین تأثیر زیادی در کاهش اندازه حباب داشت و افزایش مقدار پروتئین نیز باعث کاهش اندازه حباب شد. هنگامی که ویسکوزیته افزایش یابد، اتصال حباب‌ها به یکدیگر آهسته تر شده، پایداری حباب افزایش می‌یابد و در نتیجه اندازه حباب کوچک می‌ماند. پروتئین‌ها نیز با کاهش کشش سطحی باعث کاهش اندازه حباب می‌شوند. مارینوا و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که با افزایش غلظت پروتئین (از ۰/۰۰۱ تا ۵ درصد) سدیم کازئینات و کنسانتره آب پنیر، قابلیت کف زایی و پایداری افزایش ولی اندازه حباب کاهش یافت. سدیم کازئینات به دلیل الاستیسیته سطحی پایین‌تر کف زایی

کاهش اندازه حباب شد. کف‌های ایزوله پروتئین آب پنیر زهکشی مایع سریعتر نسبت به پروتئین سفیده تخم مرغ داشت. شکر اورران را کاهش داد زیرا هوای کمتری توانست وارد محلول با ویسکوزیته بالا شود، همچنین شکل‌گیری کف را نیز به تاخیر انداخت.

به پایداری بالاتر کف و کسر فاز کمتر هوا می‌باشد. کف‌های سفیده تخم مرغ نسبت به کف‌های ایزوله پروتئین آب پنیر حباب‌های کوچکتر و کسر فازی کمتر هوا داشتند. افزایش غلظت ساکارز موجب کاهش سرعت زهکشی مایع به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و



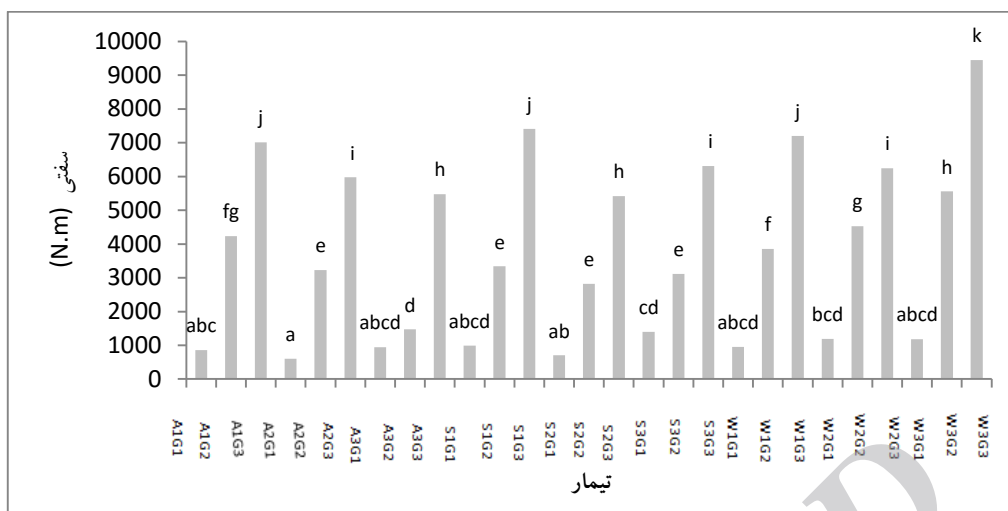
شکل ۵- قطر معادل حباب در مخلوط موس شکلاتی

دادند. یافته این محققان نشان داد که افزایش ژلاتین باعث افزایش سختی، آدامسی بودن و پیوستگی شد.

#### سفتی

میزان سفتی نمونه‌های موس شکلاتی در شکل ۶-۳ نشان داده شده است. نمونه‌های A2G1، S2G1 و A1G1 نرم‌ترین و نمونه‌های S1G3، A1G3، W3G3 و W1G3 سفت‌ترین حالت را دارا بودند. سفتی در نمونه‌هایی که ژلاتین بالاتری داشتند بیشتر بود. احتمالاً ژلاتین نقش اصلی را در تشکیل ژل، ساختار و سفتی آن دارد. افزایش ژلاتین می‌تواند باعث کاهش اورران و در نتیجه سفتی بیشتر شود. بولاند و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که با افزایش مقدار ژلاتین سفتی ژل افزایش یافت. رضایی و همکاران (۱۳۹۰) پاستیل میوه ای بر پایه آلو را با نسبت‌های مختلف نشاسته و ژلاتین مورد بررسی قرار

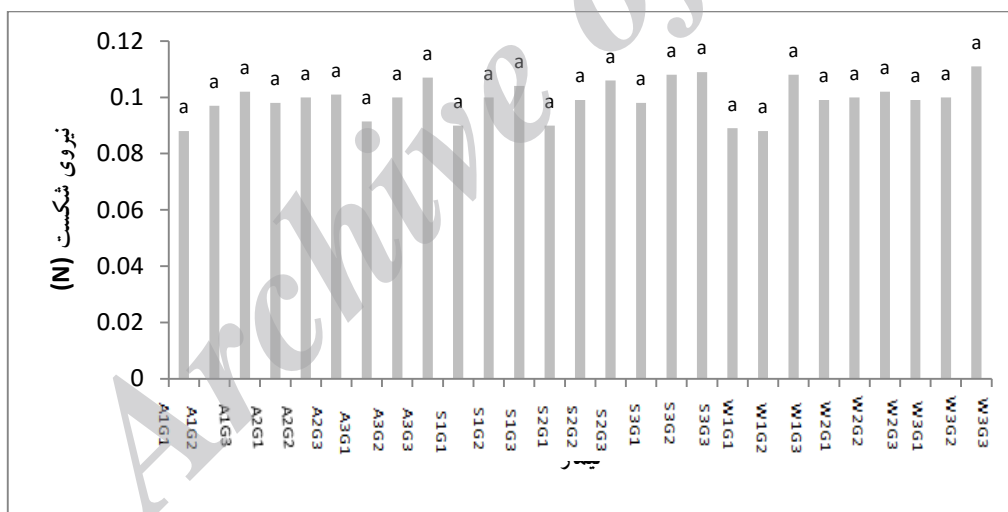




شکل ۶- میزان سفتی نمونه‌های موس شکلات

### نیروی شکست

این پارامتر اگرچه با افزایش ژلاتین به صورت جزئی افزایش یافت اما در بین نمونه‌های مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نشد.



شکل ۷- نیروی شکست نمونه‌های موس شکلات

### نتیجه‌گیری

می‌باشد. در این پژوهش تأثیر مقادیر مختلف پروتئین‌های آلبومین، سدیم کازئینات، کنسانتره آب پنیر و ژلاتین بر ویژگی‌های بافتی و ریز ساختار ساختار موس شکلاتی بررسی شد. نتایج نشان داد توزیع اندازه حباب نمونه‌های حاوی آلبومین به نحوی بود که بیشترین تعداد حباب در بخش کمتر از ۵ میکسل بود و بخش کمتر از ۲۰ میکسل سهم جزئی تری در تشکیل

کف دیسپرسیونی است که فاز گازی در فاز پیوسته (مایع یا جامد) پخش شده، شکل‌گیری آن نیازمند حضور عوامل فعال سطحی است. پروتئین‌ها به عنوان عوامل تولید کف در صنعت غذا کاربرد زیادی دارند. موس شکلات جزو مواد غذایی بر پایه سیستم کف می‌باشد که از بازار پسندی مناسبی بر خوردار

افزایش در نمونه‌های حاوی آلومین و ژلاتین بالا کمتر بود. به طور کلی افزایش غلظت پروتئین سبب کاهش قطر معادل حباب گردید. نیروی شکست در بین نمونه‌های مختلف اختلاف معنی داری نداشت اما میزان سفتی با افزایش مقدار ژلاتین افزایش یافت.

ریز ساختار آن داشت. همچنین افزایش مقدار ژلاتین سبب استحکام حباب و در نتیجه مانع افزایش اندازه حباب گردید و نمونه‌های تولیدی حاوی ژلاتین بالا سهم کمتری در بخش بزرگتر از ۲۰ میکسل داشتند. قطر معادل حباب نیز با گذشت زمان افزایش یافت که این

#### منابع مورد استفاده

- رضایی ر، شهیدی ف، الهی م، محبی م، و نصیری محلاتی م، ۱۳۹۰، آنالیز پروفایل بافت پاستیل آلو به روش حسی و دستگاهی و بهینه سازی فرمولاسیون آن، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۸، ۳۹-۳۰.
- Aguilera JM, and Lillford PJ, 2008. Food Materials Science. Springer 169-203.
- Barik T K, and Roy A, 2009. Statistical distribution of bubble size in wet foam. Chemical Engineering Science 64: 2039-2043.
- Boland AB, Buhr K, Giannouli P, and Van Ruth, S M, 2004. Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. Food Chemistry 86(3): 401-411.
- Liping D, Yuqing D, Ales P, and Robert DT, 2001. Measurement of bubble size distribution in protein foam fractionation column Using capillary probe with photoelectric sensors. Applied Biochemistry and Biotechnology 91-93.
- Germain JC, and Aguilera JM, 2012. Identifying industrial food foam structures by 2D surface image analysis and pattern recognition. Journal of Food Engineering 111: 440-448.
- Guillén GMC, Giménez B, López-Caballero, M E, and Montero MP, 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. Food Hydrocolloids 25: 1813-1827.
- Haedelt J, Beckett S T, and Niranjan K, 2007. Bubble-included chocolate: relating structure with sensory response. Journal of Food Science Vol. 72, Nr. 3:138-142.
- Indrawati L, Wang Z, Narsimhan G, and Gonzalez J, 2008. Effect of processing parameters on foam formation using a continuous system with a mechanical whipper. Journal of Food Engineering 88: 65-74.
- Kilcast D, and Clegg S, 2002. Sensory perception of creaminess and its relationship with food structure. Food Quality and Preference 13: 609-623.
- Marinova KG, Basheva ES, Nenova B, Temelska M, Mirarefi AY, Campbell B, and Ivanov I B, 2009. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. Food Hydrocolloids 23: 1864-1876.
- Muller Fischer N, and Windhab E J, 2005. Influence of process parameters on microstructure of food foam whipped in a rotor-stator device within a wide static pressure range. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 263, 353-362.
- Narchi I, Vial C, and Djelveh G, 2007. Influence of bulk and interfacial properties and operating conditions on continuous foaming operation applied to model media. Food Research International 40: 1069-1079.
- Patino RJM, Naranjo Delgado MD, and Linares Fernfindez JA, 1995. Stability and mechanical strength of aqueous foams containing food proteins. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 99: 65-78.
- Singh H, 2011. Aspects of milk-protein-stabilised emulsions. Food Hydrocolloids, 25: 1938-1944.
- Yang X, and Foegeding EA, 2011. The stability and physical properties of egg white and whey protein foams explained based on microstructure and interfacial properties. Food Hydrocolloids 25: 1687-1701.
- Zuniga RN, and Aguilera JM, 2008. Aerated food gels: fabrication and potential applications. Trends in Food Science and Technology 19: 176-187.

## Effect of proteins albumin, sodium caseinate, whey protein concentrate and gelatin on microstructure and texture of chocolate mousse

S Mirarab Razi<sup>1\*</sup>, M Mohebbi<sup>2</sup>, M H Haddad Khodaparast<sup>3</sup>, A Koocheki<sup>2</sup>

Received: August 02, 2014 Accepted: July 15, 2015

<sup>1</sup>MSc Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Professor Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*Corresponding author: saeed.mirarab86@yahoo.com

### Abstract

Aerated desserts have shown a great market potential. Mousse is an airy dessert had stable foamy structure. In this study the effect of different concentrations of albumin, sodium caseinate, whey protein concentrate and gelatin on texture feature (stiffness and fractal force), and microstructure (bubble size distribution and equivalent bubble diameter) of chocolate mousse were evaluated. Result of bubble size distribution showed at samples including albumin, most of bubble was in smaller 5 pixel part and section of larger than 20 pixel had low effect on microstructure mousse chocolate. Also samples including high amount gelatin had lesser portion in section on more than 20 pixels. Equivalent bubble diameter increased during aging but samples including albumin and high amount gelatin had little increasing. Totally increasing amount of protein caused equivalent bubble diameter decreased. Stiffness was more in sample including high amount gelatin. Fractal force had no significant different.

**Keywords:** Bubble size distribution, Gelatin, Equivalent bubble diameter