

بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی موس شکلاتی حاوی سدیم کازئینات و ژلاتین

سعید میرعرب رضی^۱، محبت مجبی^{۲*}، محمدحسین حداد خداپرست^۳، آرش کوچکی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۸

چکیده

در این پژوهش اثر مقادیر مختلف ژلاتین (۱، ۲ و ۳ گرم) و سدیم کازئینات (۱، ۲ و ۳ گرم) بر ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی نمونه‌های موس شکلات برسی شد. همچنین از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی جهت تعیین روابط پارامترهای حسی و بدست آوردن مولفه‌های اصلی استفاده گردید. مشاهدات نشان داد نمونه موس شکلات حاوی دو گرم ژلاتین و سه گرم سدیم کازئینات بهترین ویژگی‌های حسی را داشت. نتایج حاصل از برآزش داده نشان داد که مدل پاورلا با داشتن R^2 بالا (۰/۹۹) و RMSE پایین بهترین مدل جهت توصیف رفتار جریان می‌باشد. ضریب قوام در نمونه‌ای از موس شکلات که سه گرم ژلاتین و سه گرم سدیم کازئینات را دارا بود، بیشتر بود. دانسیته نیز با افزایش مقدار پروتئین و کاهش مقدار ژلاتین، کاهش یافت. همچنین با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی مشخص شد پذیرش کلی نمونه‌ها همبستگی بالایی با نرمی، پوشش دهانی و ژله‌ای بودن داشت.

واژه‌های کلیدی: رئولوژی، ژلاتین، کازئینات سدیم، موس شکلاتی

(and Foegeding, 2007).

مقدمه

با وجود ساختار پیچیده‌ای این عوامل به دلیل سازگاری گروه‌های آب گریز با فاز گازی جذب سطوح بینابینی هوا-آب می‌شوند و با قرارگیری گروه‌های آب دوست به سمت آب و آب گریز به سمت هوا بصورت جزئی دناتورده می‌شوند. پروتئین‌ها کشش بین سطحی را نیز کاهش می‌دهند و می‌توانند با پروتئین‌های اطراف پیوند هیدروژنی، هیدروفوب و حتی کوالانسی برقرار کنند و فیلم‌های منسجمی ایجاد کرده که موجب افزایش پایداری حباب می‌شود (Nicorescu *et al.*, 2011).

در فرمولاسیون موس شکلاتی استفاده از سفیده تخم‌مرغ به عنوان عامل کفزا مرسوم می‌باشد. ولی به دلیل اینکه سفیده بصورت خام در فرمول موس استفاده می‌شود می‌تواند باعث ایجاد مشکلات تغذیه‌ای گردد. پروتئین‌های شیر، نمونه‌ای از پروتئین‌های غذایی هستند که قابلیت کف‌زایی و امولسیفایری مناسبی دارند. کازئینات یکی از انواع پروتئین‌های شیر و در واقع نوع محلول در آب کازئین می‌باشد که مخلوطی از فراکسیون‌های α_s1 ، α_s2 ، β و K است (Abascal and Jesus, 2009). کازئینات و کازئین در مواد غذایی سبب ایجاد ویژگی‌های مختلفی از جمله پیوند با آب و چربی، افزایش ویسکوزیته، کف‌زایی، ایجاد ژل و تولید امولسیون می‌شوند. این پروتئین‌ها در تهیه غلات صبحانه‌ای، غذاهای پخته شده، دسرها

موس^۵ نوعی دسر غذایی بر پایه سیستم کف می‌باشد که بیشتر بصورت خانگی تولید می‌شود، اما امروزه در مقیاس صنعتی نیز قابل تولید است. مطلوب‌ترین طعم موس، شکلاتی است اما طعم‌های پرتقال، لیمو و توت فرنگی آن نیز بازارپسندی مناسبی دارد. تولید صنعتی دسرهای لبنی بر پایه سیستم کف نیاز به دانش شکل‌گیری و پایداری کف‌ها با استفاده از اجزای تشکیل‌دهنده آن دارد (Jesus, 2009).

کف دیسپرسیونی است که در آن فاز گازی در فاز پیوسته (مایع یا جامد) پراکنده شده و شکل‌گیری آن نیازمند حضور عوامل فعال سطحی می‌باشد. پروتئین‌ها به دلیل توانایی جذب در سطوح بینابینی هوا-مایع و کاهش کشش بین سطحی بعنوان عوامل کف‌زا شناخته می‌شوند (Nicorescu *et al.*, 2011)، که در حین یا بعد از جذب اولیه این ترکیبات، پیوند پروتئین-پروتئین در سطوح بینابینی می‌تواند منجر به تشکیل شبکه‌ای گردد که باعث پایداری حباب شود (Davis

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳ و ۵- استادن گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* - نویسنده مسئول: (Email: mohebbatm@gmail.com)

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 ثانیه) زده شده بود، افزوده 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 سانتی‌گراد حل شد در پایان به موس افزوده شده، محصول نهایی در بسته‌ی پلاستیکی به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد.

اندازه‌گیری دانسیته

جهت تعیین دانسیته، مقداری از موس بلافاصله بعد از تولید به استوانه مدرج انتقال داده شده، وزن آن اندازه‌گیری شد، سپس دانسیته آن از رابطه ۱ به دست آمد (Haedelt et al., 2007):

$$(1) \quad \text{حجم ظرف (cm}^3\text{)} / \text{وزن موس شکلات (گرم)} = \text{دانسیته}$$

پارامترهای رئولوژیکی

خصوصیات رئولوژیکی مخلوط موس شکلاتی با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین (Bohlin Model, Visco 88, UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید. برای هر آزمون مقدار 15 ± 3 گرم نمونه به درون کاپ منتقل شد و نمونه‌ها جهت رسیدن به ثبات حرارتی به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه نگهداشته شدند. اسپیندل (C_{30}) بر اساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب شد. نمونه‌ها ابتدا تحت درجه برشی اولیه $14/1 \text{ s}^{-1}$ به مدت ۱۰-۱۵ ثانیه قرار گرفتند، سپس دامنه مشخصی از درجه برشی ($14/1$ تا 300 بر ثانیه) بر آن‌ها اعمال شد. بمنظور مدل‌سازی خواص جریان موس شکلاتی و توصیف داده‌های رئولوژیکی از مدل‌های متداول که جهت مطالعات جریان مستقل از زمان کاربرد دارند، شامل مدل‌های هرشل بالکی (۲)، بینگهام (۳)، پاورلا (۴) و کاسون (۵) استفاده شد. با استفاده از آنالیز آماری، مناسب‌ترین مدل ریاضی بر اساس شاخص‌های ضریب تبیین (R^2) و میانگین مجذورات خطا (RMSE) انتخاب شد.

$$(2) \quad \tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma}^0)^n$$

$$(3) \quad \tau = \tau_0 + \eta_p(\dot{\gamma}^0)^n$$

$$(4) \quad \tau = k(\dot{\gamma}^0)^n$$

$$(5) \quad \tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + \eta_{p1}(\dot{\gamma}^0)^{0.5}$$

که در این معادلات، τ ، تنش برشی (pa)، Y_0 ، (pa) سرعت برشی (s^{-1})، τ_0 تنش تسلیم (pa)، η_p ویسکوزیته پلاستیک (pa.s)، η_{p1} ویسکوزیته کاسون (pa.s)، n اندیس رفتار جریان، k ضریب قوام (pa.s) است (Mohammadi moghaddamm et al., 2009).

و محصولات زده شده^۱ کاربرد دارند. سدیم کازئینات بعنوان نمک کازئین، دارای عطر و طعم مطبوع با ظرفیت نگهداری آب مناسب و حلالیت بالا در آب می‌باشد (Morr et al., 2012).

در میان هیدروکلوتیدهایی که در صنعت غذا استفاده می‌شود ژلاتین به دلیل خصوصیات مطلوب کاربرد زیادی دارد. ویژگی‌های کاربردی ژلاتین را می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی کرد. گروه اول مربوط به تولید ژل (مانند قدرت ژل، زمان تشکیل ژل، دمای تشکیل، ذوب، ویسکوزیته، غلیظ‌کنندگی، و باند شدن با آب) می‌باشد و گروه دوم بر اساس رفتار سطحی ژلاتین (مانند تشکیل، پایداری امولسیون، تشکیل و پایداری کف) بیان می‌شوند.

از جمله خواص ویژه ژلاتین در صنعت غذا می‌توان به ذوب شدن در دهان، ژل‌های برگشت‌پذیر، فعالیت سطحی، سادگی استفاده و خصوصیات کاربردی زیاد مانند تولید ژل، غلیظ‌کنندگی، باند شدن با آب، تشکیل کف و تشکیل فیلم نام برد.

روش PCA^۲ یا تجزیه به مولفه‌های اصلی تکنیکی مفید جهت ارزیابی داده‌ها می‌باشد که محققان زیادی از این روش در تحلیل نتایج ارزیابی حسی استفاده کرده‌اند. در حقیقت کاربرد این روش برای تعداد زیادی متغیر اندازه‌گیری شده است که برخی از آن‌ها به هم بستگی داشته، در نتیجه موجب بروز خطا در تحلیل آن‌ها می‌شود. بنابراین با این روش تعداد متغیر اصلی کاهش یافته، تعداد کمتری متغیر مصنوعی (تحت عنوان مولفه‌های اصلی) بدست می‌آید که بیشترین واریانس متغیرهای مشاهده شده را دربردارند (یگانه زاد، ۱۳۹۱).

در این پژوهش از مقادیر مختلف ژلاتین و سدیم کازئینات جهت تولید موس شکلاتی استفاده شد. از این رو هدف از انجام این پژوهش تعیین مقدار مناسب پروتئین و ژلاتین در ساختار موس بود، به نحوی که نمونه‌ها از پذیرش مناسبی برخوردار گردند. هدف دیگر تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای حسی بود، به نحوی که فاکتورهایی که بیشترین تاثیر را در پذیرش کلی داشتند، مشخص گردیدند.

مواد و روش

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 شرق، ۲۷٪ چربی، مشهد، ایران) بعنوان مواد اولیه استفاده شد. در جدول ۱ فرمولاسیون‌های مختلف موس

1 Whipped Product

2 Principal Component Analysis

ارزیابی حسی

سرعت ذوب، مرتبط با سرعت ذوب شدن نمونه در دهان می‌باشد؛ روغنی بودن، مرتبط با حس کردن حالت چرب در دهان است؛ ظاهر، مرتبط با یکنواختی حفرات؛ رنگ، مرتبط با مقدار تیرگی رنگ ناشی از پودر کاکائو؛ پذیرش کلی، میزان پذیرش بدست آمده با توجه به تمامی پارامترهای ذکر شده (Kilcast and Clegg, 2002).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

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. از نرم افزار Matlab(R2011a) برای برآزش مدل‌های رنولژیکی استفاده شد. همچنین از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ جهت بدست آوردن مولفه‌های اصلی و ارتباط پارامترهای حسی، ویسکوزیته و دانسیته استفاده گردید.

جهت انجام آزمون حسی نمونه‌های موس شکلاتی، ۱۱ ارزیاب در محدوده سنی ۳۰-۲۳ سال (۶ مرد و ۵ زن) در آزمون شرکت کردند. پس از اینکه نمونه‌های موس شکلاتی به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد، ویژگی‌های مختلف آن توسط آزمون هدونیک نقطه‌ای (۱=بی‌نهایت ناخوشایند، ۲= بسیار ناخوشایند، ۳=متوسط ناخوشایند، ۴= کم ناخوشایند، ۵= متوسط، ۶= کم خوشایند، ۷= متوسط خوشایند، ۸= بسیار خوشایند، ۹=بی‌نهایت خوشایند) مورد ارزیابی قرار گرفت (یگانه زاد، ۱۳۹۱). جهت درک بهتر مفاهیم برای هر پارامتر تعاریفی در نظر گرفته شد (عطر و طعم کاکائو، میزان دریافت عطر و طعم ناشی از پودر کاکائو؛ شیرینی، مقدار احساس شیرینی مرتبط با ساکارز؛ نرمی، مقدار نرمی حس شده در دهان که وابسته به حضور و عدم حضور حباب بزرگ است؛ تخلخل، میزان هوای حس شده در دهان؛ ماسیدگی، مرتبط با دانسیته و سفتی؛ ژلی بودن، مرتبط با بافت ژلی ناشی از ژلاتین؛ پودری، مرتبط با حس کردن حالت پودری در دهان که بیشتر مرتبط با پودر کاکائو می‌باشد؛

جدول ۱- فرمولاسیون استفاده شده در تولید موس شکلاتی (برحسب گرم)

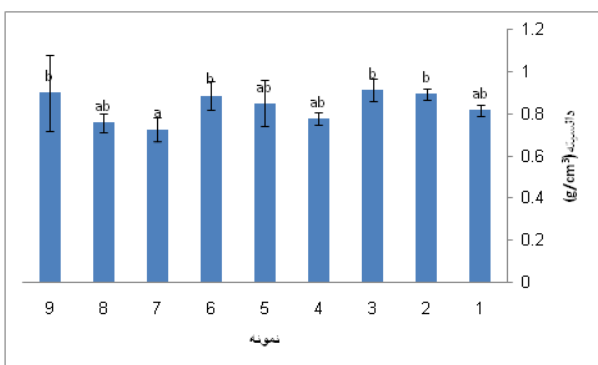
مواد اولیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
پودر کاکائو	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
خامه زده شده	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
سدیم کازئینات	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۳
ژلاتین	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
شکر	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
آب مقطر	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵

می‌شود. Pernell و همکاران (۲۰۰۲) نیز به همین نتایج دست یافتند.

نتایج و بحث

دانسیته

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، میزان دانسیته در نمونه‌های مختلف موس شکلاتی متفاوت بود. کمترین دانسیته مربوط به نمونه ۷ (۳ گرم سدیم کازئینات و ۱ گرم ژلاتین) با بیشترین میزان پروتئین و کمترین مقدار ژلاتین بود. بطور کلی با افزایش مقدار هیدروکلوتیدها در فرمولاسیون موس، ویسکوزیته افزایش می‌یابد که این افزایش ویسکوزیته مانع ورود هوای بیشتر به درون مخلوط شده، در نتیجه دانسیته افزایش می‌یابد. پروتئین‌ها نیز به دلیل خاصیت کف‌زایی می‌توانند باعث کاهش دانسیته شوند. Haedelt و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که در شکلات‌هایی که هوادهی کمتری داشت، میزان نگهداری گاز کاهش و در نتیجه دانسیته افزایش می‌یافت. Indrawati و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزایش غلظت پروتئین منجر به افزایش سرعت جذب در سطوح بینابینی هوا-مایع و در نتیجه کاهش کشش سطحی و افزایش قابلیت کف‌زایی



شکل ۱- مقایسه دانسیته در نمونه‌های مختلف موس شکلاتی (p<0.05)

تأثیر کازئینات سدیم و ژلاتین بر برخی ویژگی‌های رئولوژیکی در جدول ۲ ضریب تبیین و میانگین مجذورات خطا در نمونه‌های

ویسکوزیته ژل افزایش یافت.

ارزیابی حسی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های مربوط به آزمون حسی در جدول ۴ نشان داده شده است. میزان عطر و طعم و شیرینی در نمونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) نداشت. اما علاقه ارزیابان حسی به نرمی در نمونه‌های ۲ (۱ گرم سدیم کازئینات و ۲ گرم ژلاتین) و ۸ (۳ گرم سدیم کازئینات و ۲ گرم ژلاتین) بیشتر بود. کمترین مقدار نرمی نیز مربوط به نمونه ۹ (۳ گرم سدیم کازئینات و ۳ گرم ژلاتین) بود. میزان تخلخل و ماسیدگی در نمونه‌های مختلف متفاوت بود. ارزیابان حسی نمونه ۸ را از لحاظ این دو ویژگی مناسب بیان نمودند. ارزیابان حسی حالت ژلی نمونه‌های ۲، ۵ (۲ گرم سدیم کازئینات و ۲ گرم ژلاتین) و ۸ را مناسب بیان کردند. پودری، روغنی بودن، ظاهر و رنگ در نمونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) نداشت. سرعت ذوب در نمونه‌های ۵ و ۸ بهترین حالت را دارا بود. پوشش دهانی نیز در نمونه‌های ۲، ۵ و ۸ از مقدار مناسب‌تری برخوردار بود. میزان پذیرش کلی نمونه‌های ۵ و ۸ بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. بطور کلی پذیرش کلی وابسته به میزان ژلاتین بود. ارزیابان حسی نمونه‌های دارای ژلاتین متوسط را بیشتر پسندیدند.

مختلف موس شکلاتی نشان داده شده است. هر چند که در نمونه‌های مختلف مدل هرشل بالکلی بالاترین مقدار R^2 و کمترین مقدار RMSE را دارا بود زیرا تنش تسلیم در این مدل منفی بود که نشانه‌ای از ناکارآمد بودن این مدل می‌باشد (عمادزاده، ۱۳۸۹). از این رو مدل پاورلا به دلیل مقادیر مناسب R^2 و RMSE بعنوان بهترین مدل انتخاب شد. نیز به دلیل وجود مقادیر تنش تسلیم در رفتار جریان نمونه‌های کره پسته کم‌کالری این مدل را نامناسب ارزیابی کرد.

تناسب این مدل برای محصولات مشابه از جمله بستنی توسط بهرام پرور و همکاران (۲۰۱۰)، ماست توسط Abu-Jdayil و Mohameed (۲۰۰۲) و خمیر یک توسط Sakiyan و همکاران (۲۰۰۴) مورد تأیید قرار گرفته است.

در جدول ۳ نتایج مربوط به رفتار جریان و ضریب قوام در نمونه‌های موس شکلاتی نشان داده شده است. بطور کلی ضریب قوام در نمونه‌های مختلف، با افزایش مقدار ژلاتین و پروتئین افزایش یافت. بیشترین مقدار ضریب قوام مربوط به نمونه ۹ (۳ گرم ژلاتین و ۳ گرم سدیم کازئینات) بود که بیشترین مقدار ژلاتین و پروتئین را دارا بود. کمترین ضریب قوام نیز مربوط به نمونه ۱ (۱ گرم ژلاتین و ۱ گرم سدیم کازئینات) بود. با افزایش مقدار ژلاتین به دلیل افزایش تعداد مولکول‌های با وزن مولکولی بالا در فاز مایع و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر جریان، مقدار ضریب قوام افزایش می‌یابد. Schrieber (۱۹۷۶) نیز گزارش کرد که با افزایش غلظت ژلاتین

جدول ۲- ضریب تبیین و میانگین مجذورات خطا در نمونه‌های مختلف

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	
پاورلا	۰/۹۹۶۱	۰/۹۹۰۱	۰/۹۹۷۶	۰/۹۹۶۴	۰/۹۹۶۸	۰/۹۹۵۷	۰/۹۹۳۸	۰/۹۹۹۱	۰/۹۹۹۵	R^2
	۰/۳۸۴	۰/۹۲۵	۰/۹۶	۰/۶۰۸	۰/۷۶۴	۱/۶۱	۰/۸۲	۰/۶۰۹	۰/۸۰۳	RMSE
بینگهام	۰/۹۸۲۹	۰/۹۷۷	۰/۹۸۵۴	۰/۹۸۵۹	۰/۹۷۹۲	۰/۹۸	۰/۹۷۸	۰/۹۸۹	۰/۹۹۲۶	R^2
	۰/۹۰۲	۱/۷۳	۲/۱۷۵	۱/۱۷۹	۲	۳/۴۸	۱/۵۸	۲/۴۱	۲/۸۶۵	RMSE
هرشل بالکلی	۰/۹۹۸۳	۰/۹۹۱۴	۰/۹۹۸۵	۰/۹۹۷۲	۰/۹۹۸۹	۰/۹۹۸۷	۰/۹۹۵۵	۰/۹۹۹۴	۰/۹۹۹۷	R^2
	۰/۲۷۷	۰/۸۵۳	۰/۶۹۳	۰/۵۵۶	۰/۴۶۳	۰/۹۲۱	۰/۷۴۸	۰/۴۲۶	۰/۵۸۵	RMSE
کاسون	۰/۹۹۱۱	۰/۹۸۵۹	۰/۹۹۳۱	۰/۹۹۰۹	۰/۹۹۱۳	۰/۹۸۹۵	۰/۹۸۸	۰/۹۹۵۵	۰/۹۹۷۳	R^2
	۰/۶۳	۱/۲۵	۱/۳۷۵	۱/۰۴۷	۱/۲۵۲	۲/۵۳	۱/۰۹	۱/۴۰۴	۱/۷۶۷	RMSE

جدول ۳- شاخص توان و ضریب قوام در نمونه‌های موس شکلاتی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
K (pa.s)	۰/۵۸۸±۰/۱۶ ^a	۱/۹±۰/۷۵ ^{ab}	۲/۳۲±۰/۲۵ ^{ab}	۱/۳۹±۰/۴۲ ^{ab}	۲/۰۴۵±۰/۴۲ ^{ab}	۱/۷۷±۰/۲۷ ^{ab}	۲/۰۳±۰/۸۷ ^{ab}	۰/۲۴±۰/۲۱ ^{ab}	۳/۱۹±۱/۰۴ ^b
n	۰/۶۹۸	۰/۶۱۷	۰/۷۲۲	۰/۶۲۴	۰/۵۸۸	۰/۷۰۲	۰/۶۲۶	۰/۶۴۱	۰/۶۹۸

اعداد با حروف لاتین مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های حسی در نمونه‌های مختلف موس شکلاتی

نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
عطرو طعم	۷/۳±۰/۶۷ ^a	۷/۱±۱/۱ ^a	۷/۱±۰/۷۳ ^a	۷/۲±۱/۰۳ ^a	۷/۳±۰/۹۴ ^a	۷/۱±۰/۷۳ ^a	۷/۲±۰/۷۸ ^a	۷/۲±۰/۹۱ ^a	۶/۹±۰/۵۶ ^a
شیرینی	۶/۶±۱/۸۹ ^a	۶/۵±۱/۵ ^a	۷±۱/۰۵ ^a	۶/۸±۱/۵۴ ^a	۶/۸±۱/۶۱ ^a	۷/۲±۰/۶۳ ^a	۶/۸±۱/۶۱ ^a	۷/۳±۱/۲۵ ^a	۷±۰/۶۶ ^a
نرمی	۶/۹±۱/۴۴ ^c	۷/۲±۱/۴۷ ^{cd}	۰/۲±۰/۶۳ ^{abc}	۶/۸±۱/۳۹ ^{bc}	۷±۰/۶۶ ^c	۷/۸±۰/۹۱ ^{ab}	۶/۹±۰/۸۷ ^c	۸/۱±۰/۷۳ ^d	۵/۴±۱/۲۶ ^a
تخلخل	۵/۹±۱/۷۹ ^a	۷±۱/۴۹ ^{ab}	۰/۷±۰/۹۴ ^{ab}	۶/۴±۱/۰۷ ^a	۷/۲±۱/۴۷ ^{ab}	۷±۱/۰۵ ^{ab}	۷±۱/۲۴ ^{ab}	۷/۸±۰/۹۱ ^b	۶/۳±۱/۲۵ ^a
ماسیدگی ^۱	۶/۷±۱/۱۵ ^{ab}	۶/۷±۱/۱۵ ^{ab}	۰/۹±۰/۸۷ ^{ab}	۷±۱/۴۱ ^{ab}	۶/۹±۱/۳۷ ^{ab}	۶/۳±۱/۱۵ ^a	۶/۹±۱/۲۸ ^{ab}	۷/۶±۰/۶۹ ^b	۵/۸±۱/۲۲ ^a
حالت زلی	۵/۷±۱/۶۳ ^{ab}	۶/۸±۱ ^{bc}	۶±۱/۴۱ ^{abc}	۶±۱/۱۵ ^{abc}	۶/۸±۱/۴۷ ^{bc}	۵/۳±۰/۸۲ ^a	۶/۲±۱/۳۹ ^{abc}	۷/۴±۱/۳۴ ^c	۵/۲±۱/۶۱ ^a
پودری	۷/۵±۱/۳۵ ^a	۶/۶±۱/۱۷ ^a	۷/۲±۰/۶۳ ^a	۷/۵±۱/۲۶ ^a	۶/۸±۱/۳۱ ^a	۶/۹±۰/۹۹ ^a	۶/۷±۱/۴۱ ^a	۷/۲±۱/۵۴ ^a	۶/۲±۱/۴۷ ^a
سرعت ذوب	۶/۶±۰/۹۶ ^{bc}	۷±۰/۶۶ ^{bc}	۵/۹±۱/۲۸ ^{ab}	۶/۹±۱/۱۹ ^{bc}	۷/۱±۰/۹۹ ^c	۵±۱/۲۴ ^a	۷±۰/۸۱ ^{bc}	۷/۳±۰/۹۴ ^c	۴/۹±۱/۶۶ ^a
روغنی بودن	۶/۴±۱/۵۷ ^a	۶/۴±۱/۱۷ ^a	۷/۱±۰/۹۹ ^a	۷/۱±۱/۵۲ ^a	۷/۴±۱/۳۴ ^a	۶/۴±۱/۲۶ ^a	۶/۹±۰/۹۹ ^a	۷/۴±۰/۶۹ ^a	۶/۲±۱/۳۱ ^a
پوشش دهانی	۶/۴±۱/۵ ^{abc}	۷/۳±۰/۹۴ ^c	۰/۹±۰/۸۷ ^{abc}	۶/۸±۱/۲۲ ^{abc}	۷/۴±۰/۶۹ ^c	۶±۱/۲۴ ^{ab}	۷/۱±۰/۵۶ ^{bc}	۷/۵±۱/۰۸ ^c	۵/۹±۱/۵۹ ^a
ظاهر	۶/۹±۰/۷۳ ^a	۷/۲±۰/۹۱ ^a	۷/۶±۰/۶۹ ^a	۷/۱±۰/۸۷ ^a	۷/۱±۱/۱ ^a	۷/۶±۰/۵۱ ^a	۷/۱±۰/۵۶ ^a	۷/۶±۰/۶۹ ^a	۷±۰/۸۱ ^a
رنگ	۷±۰/۸۱ ^a	۷/۶±۱/۰۷ ^a	۷/۶±۰/۸۴ ^a	۷±۱/۰۵ ^a	۷/۴±۱/۰۷ ^a	۷/۷±۰/۴۸ ^a	۷/۴±۰/۶۹ ^a	۷/۷±۰/۶۷ ^a	۷/۲±۰/۷۸ ^a
پذیرش کلی	۶/۷±۰/۴۸ ^{bc}	۷/۲±۰/۹۱ ^{bcd}	۶/۸±۰/۹۱ ^{bc}	۶/۴±۰/۶۹ ^b	۷/۳±۰/۹۴ ^{cd}	۰/۵±۰/۵۱ ^{bc}	۶/۹±۱/۱ ^{bcd}	۷/۷±۰/۶۷ ^d	۵/۵±۱/۲۶ ^a

اعداد با حروف لاتین مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد ندارند.

جدول ۵- میزان همبستگی پارامترهای حسی

عطرو طعم	شیرینی	نرمی	تخلخل	ماسیدگی	زلی بودن	پودری	سرعت ذوب	روغنی بودن	پوشش دهانی	ظاهر	رنگ	پذیرش کلی	ویسکوزیته	دانسیته
۱	-۰/۲۸۷	-۰/۶۶۹	-۰/۱۳۴	-۰/۶۷۸	-۰/۴۸۵	-۰/۴۵۱	-۰/۷۴۲	-۰/۵۵	-۰/۵۳۷	-۰/۱۵۳	-۰/۱۸۲	-۰/۶۶	-۰/۷۴۱	-۰/۵۶۴
	۱	-۰/۱۲۵	-۰/۴۸۷	-۰/۱۰۲	-۰/۱	-۰/۱۳۷	-۰/۳۸۳	-۰/۲۷۷	-۰/۱۶۸	-۰/۷۲۶	-۰/۴۹۷	-۰/۰۹	-۰/۴۶۸	-۰/۰۲۷
		۱	-۰/۵۴۶	-۰/۸۸۸	-۰/۸۰۵	-۰/۳۱۹	-۰/۹۲۲	-۰/۵۹۴	-۰/۸۵	-۰/۰۷۸	-۰/۱۶۲	-۰/۸۷۴	-۰/۳۴۲	-۰/۰۶۲۵
			۱	-۰/۵۶۱	-۰/۴۷۶	-۰/۱۴۴	-۰/۳۷۸	-۰/۵۷۷	-۰/۶۵۵	-۰/۶۲۹	-۰/۸۰۲	-۰/۷۲۴	-۰/۳۴۶	-۰/۰۲۳۵
				۱	-۰/۸۱۴	-۰/۳۵۸	-۰/۸۳	-۰/۸۲۳	-۰/۸۳۲	-۰/۳۳۳	-۰/۲۲۷	-۰/۸۴۶	-۰/۰۳	-۰/۰۶۲۴
					۱	-۰/۱۷۸	-۰/۸۳۸	-۰/۷۳۷	-۰/۸۱۳	-۰/۰۷۹	-۰/۰۲۶	-۰/۶۳۹	-۰/۱۷	-۰/۰۵۲۱
						۱	-۰/۱۳۵	-۰/۱۲۸	-۰/۱۶۲	-۰/۳۳۸	-۰/۳۲۵	-۰/۵۲	-۰/۳۷	۰
							۱	-۰/۶۲۷	-۰/۸۸۷	-۰/۱۶۸	-۰/۰۵۴	-۰/۷۷۹	-۰/۳۸۷	-۰/۰۶۵۵
								۱	-۰/۷۴۸	-۰/۳۲۲	-۰/۱۹۲	-۰/۶۴۲	-۰/۰۲۹	-۰/۰۴۶۵
									۱	-۰/۱۵۵	-۰/۳۲۶	-۰/۸۷۵	-۰/۰۴	-۰/۰۴۱۳
										۱	-۰/۸۳۷	-۰/۳۹۶	-۰/۲۵۲	-۰/۱۸۳
											۱	-۰/۵۱۳	-۰/۳۹۴	-۰/۲۴۱
												۱	-۰/۲۵۶	-۰/۰۳۶
													۱	-۰/۳۱۶

عطر و طعم	شیرینی	نرمی	تخلخل	ماسیدگی	ژلی بودن	پودری	سرعت ذوب	روغنی بودن	پوشش دهانی	ظاهر	رنگ	پذیرش کلی	ویسکوزیته	دانسیته
۱	۰.۲۸۷	۰.۶۶	۰.۱۳۴	۰.۶۷۸	۰.۴۸۵	۰.۴۵۱	۰.۷۴۲	۰.۵۵۰	۰.۵۳۷	۰.۱۵۳	۰.۱۸۲	۰.۶۶۰	۷۴۱.	۰.۵۶۴
شیرینی	۰.۲۸۷	۱۲۵.	۰.۴۸۷	۰.۱۰۲	۰.۱۰۰	۰.۱۲۷	۰.۳۸۳	۰.۲۷۷	۰.۱۶۸	۰.۷۲۶	۰.۴۹۷	۰.۰۹-	۴۶۸.	۰.۰۲۷
نرمی	۰.۶۶۹	۰.۱۲۵-	۰.۵۴۶	۰.۸۸۸	۰.۸۰۵	۰.۳۱۹	۰.۹۲۲	۰.۵۹۴	۰.۸۵۰	۰.۰۷۸	۰.۱۶۲	۰.۸۷۴	۳۴۲.-	۰.۶۲۵
تخلخل	۰.۱۳۴	۰.۴۸۷	۱	۰.۵۶۱	۰.۴۷۶	۰.۱۴۴	۰.۳۷۸	۰.۵۷۷	۰.۶۵۵	۰.۶۲۹	۰.۸۰۲	۰.۷۲۴	۰.۳۴۶	۰.۲۳۵
ماسیدگی	۰.۶۷۸	۰.۱۰۲	۰.۵۶۱	۱	۰.۸۱۴	۰.۳۵۸	۰.۸۳۰	۰.۸۲۳	۰.۸۳۲	۰.۳۳۳	۰.۲۲۷	۰.۸۴۶	۰.۳۰۰-	۰.۶۲۴-
حالت ژلی	۰.۴۸۵	۰.۱۰۰-	۰.۴۷۶	۰.۸۱۴	۱	۰.۱۷۸-	۰.۸۲۸	۰.۷۲۷	۰.۸۱۳	۰.۰۷۹	۰.۰۲۶	۰.۶۳۹	۰.۱۷۰-	۰.۵۲۱-
پودری	۰.۴۵۱	۰.۱۲۷	۰.۱۴۴	۰.۳۵۸	۰.۱۷۸-	۱	۰.۱۳۵	۰.۱۲۸	۰.۱۶۲	۰.۱۲۸	۰.۳۲۵	۰.۳۳۸	۰.۳۷۰-	۰
سرعت ذوب	۰.۷۴۲	۰.۳۸۳	۰.۹۲۲	۰.۸۳۰	۰.۱۳۵	۱	۰.۱۳۵	۰.۶۲۷	۰.۶۲۷	۰.۱۶۸-	۰.۰۵۴-	۰.۷۷۹	۰.۲۸۷-	۰.۶۵۵-
روغنی بودن	۰.۵۵۰	۰.۲۷۷	۰.۵۹۴	۰.۸۲۳	۰.۷۲۷	۰.۱۲۸	۱	۰.۶۲۷	۰.۷۴۸	۰.۳۲۲	۰.۱۹۲	۰.۶۴۲	۰.۰۲۹	۰.۴۶۵-
پوشش دهانی	۰.۵۳۷	۰.۱۶۸	۰.۶۵۵	۰.۸۲۳	۰.۸۱۳	۰.۱۶۲	۰.۸۸۷	۰.۷۴۸	۱	۰.۱۵۵	۰.۳۲۶	۰.۸۷۵	۰.۰۴۰-	۰.۳۱۶
ظاهر	۰.۱۵۳	۰.۷۲۶	۰.۶۲۹	۰.۸۰۲	۰.۳۳۳	۰.۳۳۸	۰.۱۶۸-	۰.۳۲۲	۰.۱۵۵	۱	۰.۸۳۷	۰.۳۹۶	۰.۲۵۲	۰.۱۸۳
رنگ	۰.۱۸۲	۰.۴۹۷	۰.۸۰۲	۰.۲۲۷	۰.۰۲۶	۰.۳۲۵	۰.۰۵۴-	۰.۱۹۲	۰.۳۲۶	۰.۸۳۷	۱	۰.۵۱۳	۰.۳۹۴	۰.۲۴۱
پذیرش کلی	۰.۶۶۰	۰.۱۲۵-	۰.۵۴۶	۰.۸۸۸	۰.۸۱۴	۰.۳۵۸	۰.۸۳۰	۰.۸۲۳	۰.۸۳۲	۰.۳۳۳	۰.۲۲۷	۰.۸۴۶	۰.۳۰۰-	۰.۳۶۰-
ویسکوزیته	۰.۷۴۱	۰.۶۶۰	۰.۱۳۴	۰.۶۷۸	۰.۴۸۵	۰.۴۵۱	۰.۷۴۲	۰.۵۵۰	۰.۵۳۷	۰.۱۵۳	۰.۱۸۲	۰.۶۶۰	۱	۰.۳۱۶
دانسیته	۰.۵۶۴	۰.۰۲۷	۰.۶۲۵	۰.۲۳۵	۰.۵۲۱-	۰	۰.۶۵۵-	۰.۴۶۵-	۰.۴۱۳-	۰.۱۸۳	۰.۳۴۱	۰.۳۶۰-	۰.۳۱۶	۱

شدت رنگ، طعم، سختی و لاستیکی بودن یافت نمونه‌ها بود.

در شکل ۲ انتخاب مولفه های اصلی بر اساس مقدار ویژه نشان داده شده است. شیب خط در سه مولفه اول نسبت به سایر مولفه ها بیشتر است و در واقع یکی دیگر از تعیین مولفه های اصلی در روش PCA توجه به شیب خط نمودار مذکور است (رضایی، ۱۳۸۹). همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده، سه جزء اول (با دارا بودن بیشترین مقادیر ویژه) ۸۱/۷۳۲ درصد از کل واریانس داده ها را می سازند.

داده‌های جدول ۶ وزن نسبی هر متغیر را در سه جزء اصلی ۱، ۲ و ۳ بعد از چرخش (عملیاتی برای تشخیص بهتر تفاوت‌ها) نشان می‌دهد. با استفاده از این ضرایب امتیاز اجزای اصلی در ارزیابی حسی نمونه‌های مورد آزمون تخمین زده شد. هرچه میزان قدر مطلق این ضرایب بیشتر باشد، خصوصیات اندازه‌گیری شده اهمیت بیشتری در ساختن جزء اصلی مورد نظر داشته است (یگانه زاد، ۱۳۹۱). بنابراین نرمی، حالت ژلی، سرعت ذوب، پوشش دهانی و ویسکوزیته مهمترین اجزای موثر در عامل اول، شیرینی، تخلخل و ظاهر مهمترین اجزا در عامل دوم و پودری مهم ترین جزء در عامل سوم می‌باشد. یگانه‌زاد (۱۳۹۱) از تجزیه به مولفه‌های اصلی برای آنالیز پارامترهای حسی-توصیفی و یافتن عوامل اصلی و بررسی رابطه بین عوامل اصلی و پذیرش کلی در شکلات شیری استفاده کرد. و Kilcas و Clegg (۲۰۰۲) با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی روابط بین پارامترهای حسی و فیزیکی را در موس شکلات بررسی کردند.

Haedelt و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که شکلات‌های تولید شده به وسیله آرگون و نیتروژن دارای ویژگی‌هایی از قبیل سخت‌تر بودن، تخلخل کمتر، آهسته‌تر آب شدن در دهان و میزان بالاتر عطر و طعم بودند. این محصولات نسبت به شکلات تولید شده با دی‌اکسید کربن و نیتروز اکسید حالت خامه‌ای و شدت عطر و طعم کاکائویی بیشتری داشتند.

PCA ابعاد ماتریس را با حداقل تغییرات کم می‌کند (et al., Lachnit 2003). ابعاد (ترکیبات اصلی) فضای بدست آمده با توجه به شاخص‌هایی که بیشترین ارتباط را با هر ابعاد برای هر ارزیاب دارد تفسیر می‌شود. در جدول ۵ ضریب همبستگی پارامترهای حسی نشان داده شده است که این ضریب هر چه به ۱ نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده رابطه نزدیکتر دو پارامتر می‌باشد. بیشترین میزان همبستگی پذیرش کلی با پوشش دهانی بود که ضریب همبستگی ۰/۸۷۵ داشت. نرمی با ضریب ۰/۸۷۴ و ماسیدگی نیز با ضریب ۰/۸۴۶ رابطه نزدیکی با پذیرش کلی داشت. Zander و Probola (۲۰۰۷) از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی برای ارتباط ویژگی‌های بافتی دو نوع گوشت استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که این تکنیک می‌تواند کاربرد صنعتی داشته باشد. خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) بمنظور بررسی ویژگی‌های حسی و روابط پنهان بین آنها در پوره طالبی از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) استفاده کردند. نتایج نشان داد که از میان ۱۶ صفت حسی تعریف شده برای ارزیابی حسی ژل مک طالبی، مهم‌ترین و مؤثرترین آن‌ها بر پذیرش کلی نمونه‌های پاستیل طالبی،

نتیجه‌گیری

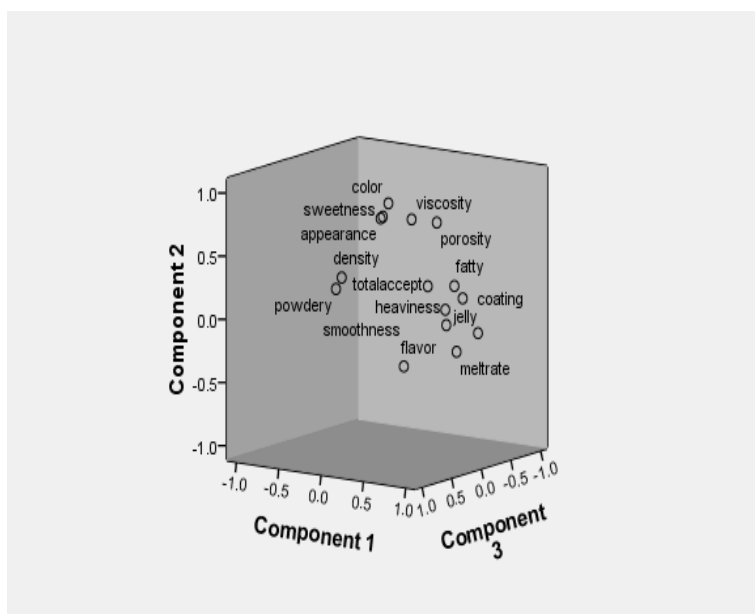
با توجه به بازار پسندی مناسب محصولات کم‌کالری، تولید محصولات بر پایه سیستم کف می‌تواند باعث سودآوری فراوان شود. در این پژوهش بمنظور رسیدن به محصولی با ساختار مناسب از مقادیر مختلف ژلاتین و سدیم کازئینات جهت تولید موس شکلات استفاده شد. مدل پاورلا به دلیل مقادیر مناسب R^2 و RMSE بعنوان بهترین مدل انتخاب شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار ژلاتین و پروتئین، ویسکوزیته محصول افزایش یافت. همچنین نمونه‌های موس شکلاتی حاوی ۲ گرم ژلاتین بیشترین پذیرش کلی را داشتند. پروتئین‌ها نیز به دلیل قابلیت کف‌زایی باعث کاهش دانسیته شد، ولی ژلاتین به دلیل افزایش ویسکوزیته موجب افزایش دانسیته شد.

از بین تیمارهای مختلف مشخص شد که ژلاتین تاثیر بیشتری بر تمامی ویژگی‌های موس داشت؛ بطوری که با تغییر مقدار ژلاتین ساختار موس تغییرات زیادی می‌یافت. با استفاده از روش PCA ارتباط بین ویژگی‌های حسی مشخص گردید و نتایج نشان داد که بیشترین میزان همبستگی پذیرش کلی با نرمی، ماسیدگی و پوشش دهانی بود. پس ویژگی‌های بافتی بیشترین تاثیر را بر ارزیابان حسی داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان پروتئین سدیم کازئینات را بعنوان جایگزین مناسب سفیده تخم مرغ در فرمولاسیون موس شکلات استفاده نمود.

جدول ۶- ضرایب اولین دو مولفه اصلی بعد از چرخش

	۱	۲	۳
عطرو طعم کاکائو	-۰/۶۱۳	-۰/۲۷۴	-۰/۵۹
شیرینی	-۰/۱۵۷	۰/۷۱۸	-۰/۱۱۷
نرمی	۰/۹۱۷	۰/۰۴۴	۰/۳۰۹
تخلخل	۰/۵۶	۰/۷۶۹	-۰/۰۴
ماسیدگی	-۰/۸۸۶	۰/۱۵۸	۰/۲۸۱
حالت ژلی	۰/۹۵	-۰/۰۸۷	-۰/۱۷۹
پودری	-۰/۰۲۵	۰/۳۲۴	۰/۸۹۶
سرعت ذوب	۰/۹۴۷	-۰/۱۸۳	-۰/۱۸
روغنی بودن	-۰/۷۵۵	۰/۲۸۴	-۰/۰۵۸
پوشش دهانی	-۰/۹۳۱	-۰/۲۲	-۰/۰۵۱
ظاهر	-۰/۰۵۱	۰/۷۹۱	۰/۱۴۳
رنگ	-۰/۱۰۸	-۰/۹	۰/۱۳۲
پذیرش کلی	۰/۷۹۸	-۰/۳۶	۰/۴۵۲
ویسکوزیته	-۰/۱۹۹	-۰/۶۲۲	-۰/۶۹۹
دانسیته	-۰/۶۰۱	۰/۲۰۸	-۰/۰۹۴

میزان نزدیکی پارامترهای مختلف و اثر آن‌ها بر یکدیگر در شکل ۳ نشان داده شده است. مختصات محصولات در PCA نشان‌دهنده میزان ارتباط پارامترها می‌باشد. بعنوان مثال حالت ژلی، پوشش دهانی و سرعت ذوب در دهان در مکان‌هایی نزدیک بهم واقع شده‌اند که بیانگر ارتباط این پارامترهاست.



شکل ۳- سهم ویژگی‌های حسی اندازه‌گیری شده در مولفه‌های اصلی اول و دوم

- Abascal, D.M., and JesUs G.F, 2009, Surface tension and foam stability of commercial calcium and sodium caseinates, *Food Hydrocolloids*, 23, 1848–1852.
- Abu-Jdayil, B., and Mohameed, H, 2002, Experimental and modelling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affected by the storage time, *Journal of Food Engineering*, 52, 359–365.
- BahramParvar, M., Razavi, S.M., and Khodaparast, M.H, 2010, Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids, *Food Science Technology Int*, 79-88.
- Davis, J.P., and Foegeding, E.A, 2007, Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins, *Colloids and SurfacesB: Biointerfaces*, 54, 200–210.
- Emadzadeh, B, 2011, Formulation of low-calorie pistachio butter and evaluation of the rheological, sensory and chemical characteristics: A surface response methodology. PhD thesis. Ferdowsi university of Mashhad.
- Emadzadeh, B., Razavi, S.M.A., and Hashemi, M, 2011, Viscous flow behavior of low calorie pistachio butter: A response surface methodology, *International journal of nuts and related sciences*, 2, 37-47.
- Haedelt, J., Beckett, S.T., and Niranjani, K, 2007, Bubble-included chocolate: relating structure with sensory response, *Journal of Food Science*, Vol. 72, Nr. 3.
- 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.
- Khalilian, S., F. Shahidi, M. Elahi, M. Mohebbi Formulation of new products, fruit puree cantaloupe (Mac gel) by RSM and PCA methods. *Quarterly Journal of food processing and preservation*. 2(1):41-54
- Lachnit, M., Busch-Stockfisch, M., Kunert, J., & Krahl, J, 2003, Suitability of free choice profiling for assessment of orange-based carbonated soft drinks, *Food Quality and Preference*, 14, 257–263.
- Mohammadi moghaddam, T., Razavi seyed, M.A., Malekzadegan, F., Shaker ardekani, A, 2009, Chemical composition and rheological characterization of pistachio green hulls marmalade, *Journal of Texture Studies*, 40, 390–405.
- Morr, J., Kinsella, E., and Charles, V, 2012, Milk proteins: Physicochemical and functional properties, *Food Science and Nutrition*, Volume 21, Issue 3.
- Nicorescu, I., Vial, C., Talansier, E., Lechevalier, V., Loisel, C., Della Valle, D., Riaublanc, A., Djelveh, G., Legrand, J, 2011, Comparative effect of thermal treatment on the physicochemical properties of whey and egg white protein foams, *Food hydrocolloids*, 25, 797-808.
- Pernell, C.W., Foegeding, E.A., Luck, P.J., and Davis, J.P, 2002, Properties of whey and egg white protein foams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 204, 9–21.
- Probola, G., and Zander, L, 2007, Application of PCA method for characterisation of textural properties of selected ready-to-eat meat products, *Journal of Food Engineering* 83, 93–98.
- Rezai, R., 2010, Optimization of plum Pastille Formulation. M.Sc thesis. Ferdowsi university of Mashhad.
- Sakiyan, O., Sumnu, G., Sahin, S., and Bayram, G, 2004, Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter, *European Food Research and Technology*, 635-638.
- Schrieber, R. 1976. Edible Gelatin: Types, Properties, Use and Applications in the Food Industry. Gordian. pp.356-364.
- Yeganezad, S., 2013, Optimization probiotic milk chocolate containing soy protein. PhD thesis. Ferdowsi university of Mashhad.

Study of organoleptic and rheological properties of chocolate mousse incorporating sodium caseinate and gelatin

S. Mirarab Razi¹, M. Mohebbi^{2*}, M. H. Haddad Khodaparast³, A. Koocheki⁴

Received: 2014.01.12

Accepted: 2014.08.19

Introduction: Proteins are widely used in food industry because it has functional properties such as formation and stabilization of foam systems. These molecules had surface-active properties. They rapidly adsorb at interface during the foaming processes and form a film around gas bubbles. The bulk properties has important role in the stabilization foam system. It has been shown that protein adsorption is influenced by molecular properties, such as size, shape, surface hydrophobicity, conformation, and charge and conditions in the bulk solution, such as bulk concentration, pH and ionic strength. The foaming properties depend on many intrinsic factors (size, structure of protein, hydrophobicity, surface potential, charge, etc.); and environmental and processing factors (protein concentration, pH, temperature, addition of other ingredients, etc.) Foams are colloidal systems in which gas phase dispersed in an aqueous continuous phase. Foaming operation is usually devoted to produce lighter products, modify the appearance and the texture of food products, therefore, it be used to production new products adapted to consumer choice and needs, using air as a zero-cost component. Microstructure has fundamental role in foam properties. At foam based products, bubble size is of most importance at the foam properties, because it influences on texture, the mouth-feel and the stability of the aerated product. Many food products have aerated structure. In these foods, the gas phases, forms small bubbles that modify microstructure and mouth feel properties of product. Aerated desserts have shown a great market potential, which is dependent on consumer behavior, interested in lighter and healthier products. Food products based on foam structure such as chocolate mousse have good marketing; therefore deep knowledge about their properties is important. Mousse is an aerated dessert with stabilized foamy structure which little attention has been paid to industrial production. Although, the most popular mousse flavor is chocolate, orange, lemon and strawberry have good marketability.

Materials and method: This study follows two important objectives; first, the effect of different amount of gelatin concentration and sodium caseinate on rheological, physical and sensory properties of chocolate mousse is investigated. Then, the relationship this parameters was discussed on the basis of laboratory results using PCA method. Chocolate mousse was include of, Gelatin(Bangladesh, type B, bloom 160-180), Cacao powder(Cargill Co., Netherlands), Whipped cream(Mahrang sahar shargh CO., Iran 27% fat), Sugar(Fariman, Iran) and Sodium caseinate (Milad, Iran). Chocolate mousse samples were prepared with different amount of gelatin (1, 2 and 3 gr) and sodium caseinate (1, 2 and 3 gr) concentrations. Gelatin was first dissolved in hot water. Next, cacao powder and sugar were stirred in hot water and added to whipped cream agitated by Gosonic home mixer with speed 5400 RPM for 3 minutes. Then, Sodium caseinate was mixed in distilled water for 2 minutes and added to mixture prepared. Finally, mousse was placed in refrigerator after stirring with gelatin solution. The samples were stored in a refrigerator for 24 hours.

Results and Discussion: In this work, physical, sensorial and rheological properties of chocolate mousse were investigated. Rheological measurements were carried out using a rotational viscometer (Bohlin Model Visco 88, Bohlin Instruments, UK) equipped with a heating circulator (Julabo, Model F12-MCand, Julabo Labortechnik, Germany) and C30 spindle. All the experiments were performed at 25°C±0.2. A pre shearing of 10-15 s at 14.1 s was applied to all samples. Sample flow was measured by registering the shear stress/ shear rate data at an increasing trend from 14.1 to 300 s. To describe the time independent flow behavior, the experimental

1- MSc student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2 and 3- Professors, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4- Associated Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(*Corresponding author: mohebbatm@gmail.com)

data (shear stress-shear rate) were fitted by Herschel- Bulkley, Bingham, power law, and Casson models. Sensorial properties were tested at the same optical condition and environmental temperature. Chocolate mousses were evaluated using hedonic analysis procedures by a sensory panel of ten assessors, who had been selected and trained. Sensorial properties were evaluated based on 1 to 9 scores. The gas hold-up was calculated by comparing the density of the aerated chocolate with the gas-free density of solid chocolate. PCA method was used for determination of the relation of sensory attributes and main component.

Conclusion: Results showed that chocolate mousse incorporating 2 gr gelatin and 3 gr sodium caseinate had the best sensory properties. According to the R^2 ($R^2 > 0.99$) and RMSE values, it is obvious that the Power-law models can properly describe non-newtonian flow behavior of samples. Behavior index (n) and consistency coefficient (k) were obtained from fitting power-law model. Consistency coefficient was high in the sample containing 3 gr gelatin and 3 gr sodium caseinate. Density values decreased with increase in protein content and decrease in gelatin content. Based on PCA results, total acceptance of samples was severely related to the smoothness, jelly and melting rate attributes.

Keywords: Rheology, Gelatin, Sodium Caseinate, Chocolate Mousse