

اثر نسبت امولسیون حاوی قندهای الکلی و اندازه ذرات بر مقاومت حرارتی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و حسی شکلات

عبدالعلی اسمعیلی¹، نارملا آصفی^{2*}، سمیرا یگانه‌زاد³

1- کارشناسی ارشد، مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

2- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول (n.asefi@iaut.ac.ir)

3- استادیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

چکیده

در این مطالعه، اثر نسبت امولسیون حاوی قندهای الکلی و اندازه ذرات در افزایش نقطه ذوب شکلات در شرایط نیمه‌صنعتی بررسی گردید. به شکلات مرکب تهیه‌شده با اندازه ذرات 20 و 30 میکرون، فرمولاسیونی حاوی امولسیفایر PGPR، کره کاکائو، آب، ایزومالت و مالتیتول اضافه‌شده و از نظر بافت، تغییرات نقطه ذوب و خواص حسی (رنگ، بو، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی)، اندازه رطوبت و میزان آب فعال مورد بررسی قرار گرفت و با شکلات شاهد مقایسه شد. نتایج نشان داد که استفاده از مالتیتول و ایزومالت به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌ها شد ($P < 0/05$). از نظر سختی بافت، تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها مشاهده گردید که بیان‌کننده کاهش میزان سختی با افزایش امولسیون قندهای الکلی بود. بررسی ویژگی‌های حسی نشان داد که مالتیتول از نظر عطر و طعم مشابه نمونه کنترل می‌باشد و امتیاز بالاتری از نظر رفتار ذوب دهانی در مقایسه با ایزومالت در تمامی غلظت‌های مشابه کسب نمود. از نظر رنگ تمامی نمونه‌های تیمار شده روشن‌تر از نمونه‌های کنترل بوده و از نظر پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری در میان کل نمونه‌ها وجود نداشت ($P < 0/05$). به‌طور کلی باتوجه به اثر غیرمعنی‌دار این امولسیون فرموله‌شده در پذیرش کلی خواص حسی و اثر معنی‌دار آن در افزایش نقطه ذوب، می‌توان از این مواد در تولید شکلات مقاوم به حرارت، در نواحی گرمسیری استفاده نمود.

تاریخ دریافت: 1397/06/13

تاریخ پذیرش: 1397/09/05

واژه‌های کلیدی

اندازه ذرات

ایزومالت

شکلات

مالتیتول

نقطه ذوب

مقدمه

شکلات پس از مخلوط‌شدن و با کاهش اندازه ذرات¹ به محصولی با اندازه ذرات 20 میکرون یا کمتر که شکلات نرم و صاف خوانده می‌شود یا محصولی با اندازه 25 میکرون، شکلات با زبری متوسط و بالاتر از 30 میکرون، شکلات زیر تبدیل می‌گردد (Beckett, 1999; 2000). جهت دستیابی به رئولوژی مناسب مرحله ورز دادن² و به‌منظور تشکیل

شکلات سیستم کلونیدی است که در آن فاز مایع را کره کاکائو و فاز پراکنده را ذرات پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهند (مقصودی، 1388). کره کاکائوی موجود در شکلات هنگامی که در فرم پایدار حضور دارد در دمای دهان ذوب می‌شود (DeMan, 1999). مواد اولیه در تولید

¹ Refining

² Conching

را به مدت 6 ساعت تحمل می کنند (Frippiat, De Soete, Smits, & Keme, 2000).

Russell و Zenlea (1948) با افزودن آب گرم (6/5-48/9 درجه سانتی گراد) به مقدار 23-17 درصد به خمیر شکلاتی با اندازه ذرات کاهش یافته با دمای (4/4-54/3 درجه سانتی گراد) با محتوای چربی 28-23 گرم و در نهایت خشک کردن خمیر شکلاتی شکلات مقاوم به گرما تولید نمودند.

Simbürger (2009)، 1/8 تا 7 درصد آب را به شکلات معمولی به شکل مستقیم، امولسیون آب/روغن و امولسیون روغن/آب اضافه کرد و 30 تا 75 درصد ترکیب هیدروفیلی (نظیر سارکاریدها) به امولسیون آب/روغن اضافه کرد. شکلاتها بعد از قالب گیری توسط مایکروویو خشک شدند و شکلات مقاوم به گرما تولید شد.

Giddey و Dove (1984) شکلات مقاوم در برابر حرارت را با اضافه کردن 10-2 درصد امولسیون آب در روغن به مخلوط تولید نمودند. Tsurumi, Takemori, Takagi و Ito (1993) با تشکیل امولسیون روغن در آب (70-20 درصد آب، 80-30 درصد چربی و 20-1 درصد امولسیفایر) شکلات مقاوم به حرارت تولید نمود. Walter و Cornillon (2001) نشان دادند که امولسیفایر باعث تسهیل حرکت در فاز پیوسته چربی می شود و باعث توزیع ذرات شده و از تشکیل آگلومرها جلوگیری می کند و این می تواند روی نقطه ذوب شکلات مؤثر باشد. توزیع اندازه ذرات نیز یک شاخص کلیدی در ویژگی های رئولوژیکی شکلات است که به طور مستقیم بر پذیرش حسی شکلات و نقطه ذوب مؤثر است. ذرات درشت به دلیل سنی بودن در احساس دهانی بسیار مؤثرند اما ذرات ریز به دلیل تأثیر بر ویژگی های جریان شکلات مهم تر هستند (بیطرف، عباسی و حمیدی، 1392).

Afoakwa و همکاران (2008) نشان دادند که توزیع اندازه ذرات مستقل از اثر تغییر چربی و لستین بر برخی پارامترهای ذوبی شکلات، مؤثر باشد. باوجود تحقیقات متعدد درخصوص استفاده از قندهای الکلی و نیز نقش اندازه ذرات بر مقاومت حرارتی شکلات و تحقیقات محدود درخصوص استفاده از آب در فرمولاسیون شکلات، تاکنون گزارشی درخصوص تأثیر هم زمان استفاده از امولسیون حاوی این ترکیبات و تغییر اندازه ذرات بر خواص شکلات منتشر نشده است لذا هدف اصلی از این تحقیق، بررسی تأثیر امولسیون حاوی دو قند الکلی مالتیتول و

کریستال های مقاوم کره کائو، مشروط کردن¹ شکلات انجام شده و محصول به شکل قالبی یا پوششی درمی آید. تحقیقاتی زیاد و سرمایه گذاری های گسترده ای در مورد افزایش نقطه ذوب شکلات انجام شده است. تحقیقاتی پیشین نشان می دهد با اصلاح ریزساختار شبکه چربی، استفاده از پلیمرهای متصل شونده به روغن/چربی و افزایش نقطه ذوب فاز چربی می توان شکلات مقاوم به حرارت تولید نمود (Wan Aidah, Abdul Azis, Roselina, & Sabariah, 2014). محققان معتقدند زمانی که پلی آل های² مایع به شکلات اضافه می شوند با چربی موجود در شکلات واکنش می دهد که باعث افزایش ویسکوزیته محصول می گردد. امروزه پلی آل ها به طور وسیع در شکلات استفاده می شوند که از آن جمله می توان به استفاده از ایزومالت³، زایلیتول⁴ و مالتیتول⁵ (Sokmen & Gunes, 2006)، مالتیتول با یا بدون پلی دکستروز و اینولین (Rapaille & Gonze, 1995) اشاره کرد. امروزه استفاده از سایر کربوهیدرات های با قابلیت هضم کم، که علاوه بر تأمین شیرینی و کاهش کالری شکلات، اثرات مفید تغذیه ای دیگری نیز داشته و باعث بهبود رئولوژی، بافت، افزایش نقطه ذوب و پذیرش کلی می شوند، مورد توجه قرار گرفته است (Shourideh, Taslimi, Azizi, Mohammadifar, & Mashayekh, 2010).

تحقیقاتی متعددی درخصوص روش های مختلف افزایش مقاومت حرارتی در شکلات صورت گرفته است. علی اکبری، آصفی و یگانه زاد (1397) اثر نشاسته ذرت و ژلاتین را در فرمولاسیون شکلات شیری مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین دمای شروع ذوب شکلات حاوی ژلاتین و نشاسته ذرت 10 درصد به ترتیب 38/5 و 35/9 درجه سانتی گراد بود و این غلظت دمای ذوب شدن را به طور قابل توجهی در مقایسه با شکلات کنترل افزایش داده است. درحالی که تفاوت معنی داری در ویژگی های حسی نمونه های تیمار شده مشاهده نگردید. در پژوهشی ژل اینولین به مقدار 5 درصد به شکلات شیری معمولی مشروط شده اضافه شد. در این روش، افزایش مقاومت حرارتی مشاهده نگردید. در صورتی که در پژوهش دیگری شکلات های حاوی 4-18 درصد ژل اینولین با میانگین رطوبت 8-2/5 درصد و دمای 40 درجه سانتی گراد

¹ Tempering

² Polyols

³ Isomalt

⁴ Xylitol

⁵ Maltitol

انجام آزمایش‌ها در یخچال نگهداری شدند. نمونه‌های شاهد همان مخلوط‌های A و B بدون افزودن امولسیون بودند (کیومرثی، یگانه‌زاد، شهیدی، پهلوانلو و خوش‌گیش، 1396).

بررسی تغییر میزان رطوبت

رطوبت نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره 2705 (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، 1389) اندازه‌گیری شد.

فعالیت آبی

برای سنجش فعالیت آبی نمونه از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina، ساخت سوئیس) استفاده گردید. نمونه‌ها خرد شدند و به صورت یکنواخت درآمدند سپس نمونه یکنواخت‌شده را داخل ظروف نمونه پلاستیکی ریخته به طوری که تا دو سوم ارتفاع ظرف از نمونه‌ها پر شد. سپس ظروف درون دستگاه قرار داده شده و درجه حرارت در 25 درجه سلسیوس ثابت نگهداشته شد. نمونه را به حال خود گذاشته تا به فشار بخار ثابت رسید. سپس میزان فشار بخار ثابت‌شده به فشار بخار آب خالص در 25 درجه سانتی‌گراد تقسیم گردید. حاصل تقسیم فعالیت آبی در 25 درجه سانتی‌گراد بود (Afoakwa, 2010).

آنالیز بافت

جهت آنالیز پروفیل بافت و اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تولیدی، از دستگاه آنالیز بافت (TA.XT plus، Stable Micro System، ساخت انگلستان) استفاده گردید. قطعه‌های شکلات با ابعاد $10 \times 20 \times 100$ میلی‌متر آماده شد و سپس در انکوباتر یخچال‌دار (مدل Rumed-type 1001، ساخت آلمان) در دمای 20 درجه سانتی‌گراد به مدت 6 ساعت نگهداری شدند. در این آزمون از پروب شماره 1/6، سرعت نفوذ $1/5$ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ 6 میلی‌متر استفاده گردید و حداکثر نیروی اندازه‌گیری شده به‌عنوان شاخص سختی گزارش گردید.

بررسی پروفیل ذوب شکلات

برای بررسی پروفیل ذوب نمونه‌های شکلات از کالریمتر روبشی افتراقی (DSC-100، Spico Company، ساخت چین) که مجهز به پایگاه آنالیز حرارتی است، استفاده شد. از قسمت داخلی مرکز شکلات برای آنالیز استفاده شد و با

ایزومالت و اندازه ذرات مخلوط شکلات بر مقاومت حرارتی شکلات و مطالعه ویژگی‌های فیزیکی و حسی آن با حفظ کیفیت اولیه و مطلوبیت محصول از نظر مصرف‌کننده، در جهت افزایش کاربرد چنین شکلاتی در مناطق گرمسیری کشور و یا فصول گرم سال بود.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این پژوهش پودر کاکائو (شرکت شکیناک، ساخت آلمان)، مالتیتول و ایزومالت (شرکت فودکم، ساخت چین)، لسیتین (شرکت کارگیل، ساخت هلند)، پلی‌گلیسرول پلی‌رسینولات¹ (PGPR) و کره کاکائو (شرکت کارگیل، ساخت هلند) و شکر (شرکت کارونف ساخت ایران) بود. ابتدا جهت تولید شکلات مرکب به مقدار یک کیلوگرم، مواد لازم در نسبت‌های زیر تهیه شد:

27 درصد پودر کاکائو، 28 درصد کره کاکائو، 0/5 درصد لسیتین و 0/2 درصد پلی‌گلیسرول پلی‌رسینولات، 40 درصد شکر. در دستگاه بال‌میل (شرکت آرمان خرد، ساخت ایران) حاوی ساچمه ضدزنگ و ضدسایش به قطر 8 میلی‌متر جهت آسیاب و مخلوط‌شدن ریخته شد. در مرحله اول خروج محصول از دستگاه بال‌میل بعد از گذشت 70 دقیقه برای حصول ذراتی با اندازه (30 میکرون) که مخلوط (A) نامیده شد و سپس بعد از سپری شدن 100 دقیقه حصول ذرات با اندازه (20 میکرون) که مخلوط (B) نامیده شد، انجام گرفت. در مرحله دوم به مخلوط (A) و (B) ایزومالت و مالتیتول به شکل ترکیب زیر اضافه گردید.

الف- امولسیفایر PGPR 5 درصد + 50 درصد کره کاکائو + 20 درصد آب + 25 درصد ایزومالت. ب- امولسیفایر PGPR 5 درصد + 50 درصد کره کاکائو + 20 درصد آب + 25 درصد مالتیتول که موارد (الف، ب) با دستگاه توراکس (مدل T25 digital ULTRA-TURAX- IKA، ساخت آلمان) هم‌وزن گردید و امولسیون آب در روغن تهیه شد.

برای تهیه فرمولاسیون نهایی، از دو نوع فرمولاسیون تهیه‌شده «الف» و «ب» به نسبت‌های صفر، 20، 30 و 40 درصد به مخلوط‌های (A) و (B) که تا دمای 40 درجه سانتی‌گراد خنک‌شده بود، اضافه گردید. بعد از مشروط‌کردن دستی، نمونه‌ها به قالب منتقل و در دمای سردخانه به مدت 30 دقیقه نگهداری شدند. نمونه‌ها پس از خروج از قالب در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی شده و تا

¹ Poly Glycerol Poly Ricinoleate

از فاکتورها، اثر متقابل آنها و آنالیز واریانس یک طرفه محاسبه و برای مقایسه میانگین تیمارها به منظور بررسی معنی دار بودن نتایج حاصله، از روش دانکن و سطح اطمینان 95 درصد استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 18 انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel نسخه 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج میزان فعالیت آبی

همان طور که در شکل (1-الف) و (1-ب) مشاهده می‌گردد با افزایش میزان امولسیون تا غلظت 30 درصد میزان فعالیت آبی محصول افزایش یافت. به گونه‌ای که تمامی نمونه‌ها دارای اختلاف معنی دار با نمونه شاهد بودند ($P < 0/05$). ولی بین تیمار 30 و 40 درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد. اثر مستقل غلظت‌های امولسیون در افزایش میزان فعالیت آبی، بسیار بیشتر از تغییرات اندازه ذرات در هر دو فرمولاسیون می‌باشد.

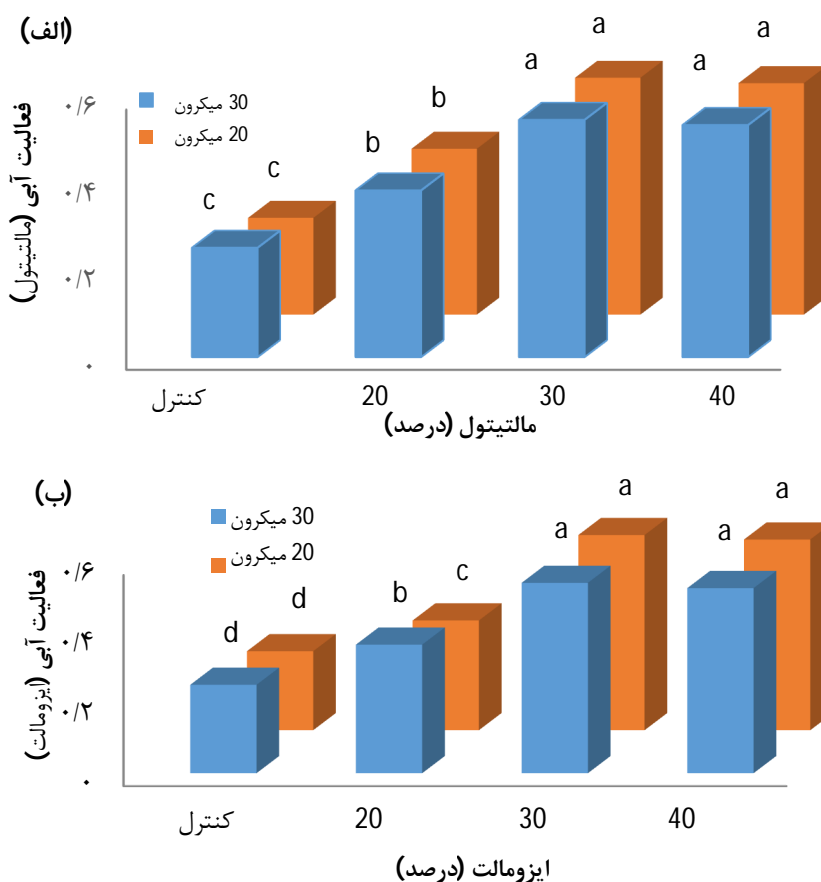
سرعت حرارتی 5 درجه سانتی‌گراد بر دقیقه از دمای 5 تا 50 درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها بر اساس تجزیه و تحلیل یک سری از ویژگی‌های مواد غذایی صورت گرفت. ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط 10 نفر ارزیاب حسی که آموزش اولیه را دیده بودند و با استفاده از آزمون هدونیک 5 نقطه صورت گرفت. شاخص‌های مورد ارزیابی شامل رنگ، عطر و طعم، بافت، رفتار ذوب دهانی، و پذیرش کلی بودند که امتیازدهی مابین 1 الی 5 بود، به طوری که امتیاز 1 ضعیف‌ترین و 5 بالاترین بود (مه‌دویان مهر و مظاهری طهرانی، 1393).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح تصادفی فاکتوریل با دو فاکتور اندازه ذرات و نسبت امولسیون به همراه نمونه شاهد انجام شد. تمامی آزمون‌ها در 3 تکرار انجام شد. تأثیر هر یک



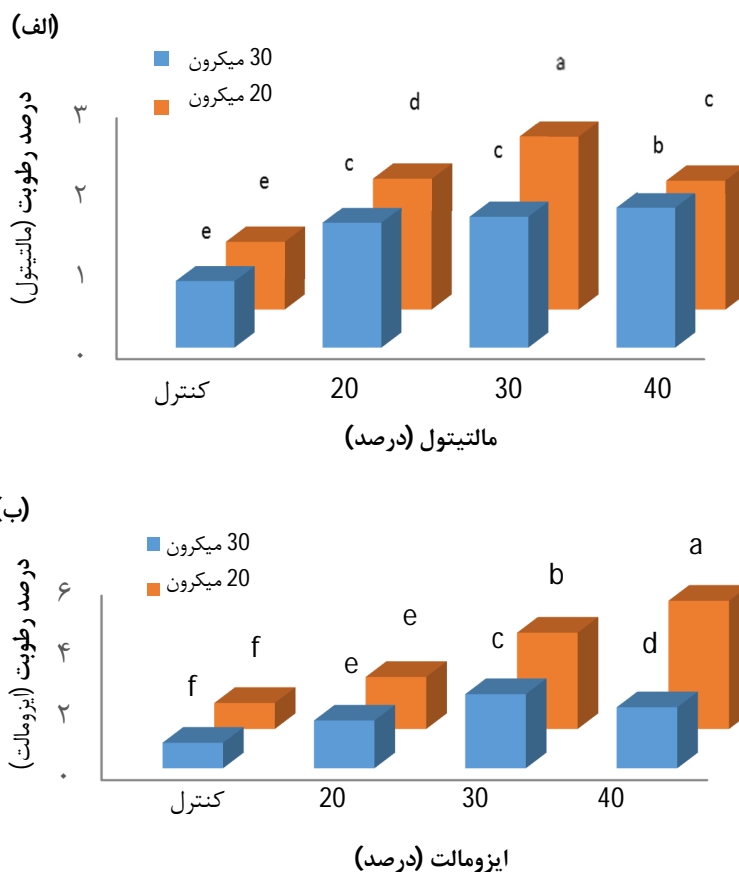
شکل 1 - مقایسه میانگین فعالیت آبی در شکلات حاوی غلظت‌های مختلف مالتیتول و ایزومالت حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی دار در سطح اطمینان 95 درصد می‌باشد.

بزرگ‌تر روند افزایش کندبوده و تفاوت معنی‌دار در بین نمونه‌های تیمار شده وجود ندارد ولی اختلاف معنی‌دار با نمونه شاهد دیده می‌شود ($P < 0/05$). بیشترین رطوبت در اندازه ذرات کوچک‌تر مربوط به امولسیون مالتیتول 30 درصد و در اندازه بزرگ‌تر مربوط به امولسیون مالتیتول 40 درصد می‌باشد و در هر دو اندازه کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه‌های شاهد است. در بررسی اثر امولسیون ایزومالت در خصوص افزایش رطوبت در شکل (2-ب)، مشاهده می‌گردد که با افزایش درصد ایزومالت در هر دو اندازه ذرات رطوبت نمونه‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار رطوبت در اندازه ذرات کوچک مربوط به امولسیون ایزومالت 40 درصد و در ذرات بزرگ‌تر مربوط به ایزومالت با مقدار 30 درصد می‌باشد.

باتوجه به اینکه در مواد غذایی افزایش پلی‌ال‌ها در جهت کاهش فعالیت آبی می‌باشد. در این پژوهش در فرمولاسیون الف و ب مقدار 20 درصد آب موجود است علت افزایش میزان فعالیت آبی در نمونه‌ها تا 30 درصد به علت وجود آب موجود در فرمولاسیون می‌باشد. به نظر می‌رسد که بعد از اتمام پیوندهای هیدروژنی بین عامل‌های هیدروکسیل قندهای الکلی با آب اثر افزایش غلظت آشکار شده و میزان فعالیت آبی در غلظت 40 درصد در هر دو تیمار مالتیتول و ایزومالت کاهش یافته است.

نتایج میزان رطوبت

نتایج بررسی رطوبت در شکل (2-الف) نشان می‌دهد که با افزایش میزان مالتیتول در تیمارهایی با اندازه ذرات



شکل 2- مقایسه میانگین درصد رطوبت در شکلات حاوی غلظت‌های مختلف مالتیتول و ایزو مالت حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد می‌باشد.

مالتیتول و ایزومالت مصرفی نسبت به ساکارز رطوبت بیشتری دارند و به دلیل حفظ رطوبت در مدت ورز دادن¹

بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌های دارای نسبت بالاتر قندها دیده شد. علت این موضوع را می‌توان به وجود گروه‌های آب‌دوست، حلالیت بالای قندهای الکلی در آب و خاصیت حفظ‌کنندگی رطوبت نسبت داد. همچنین،

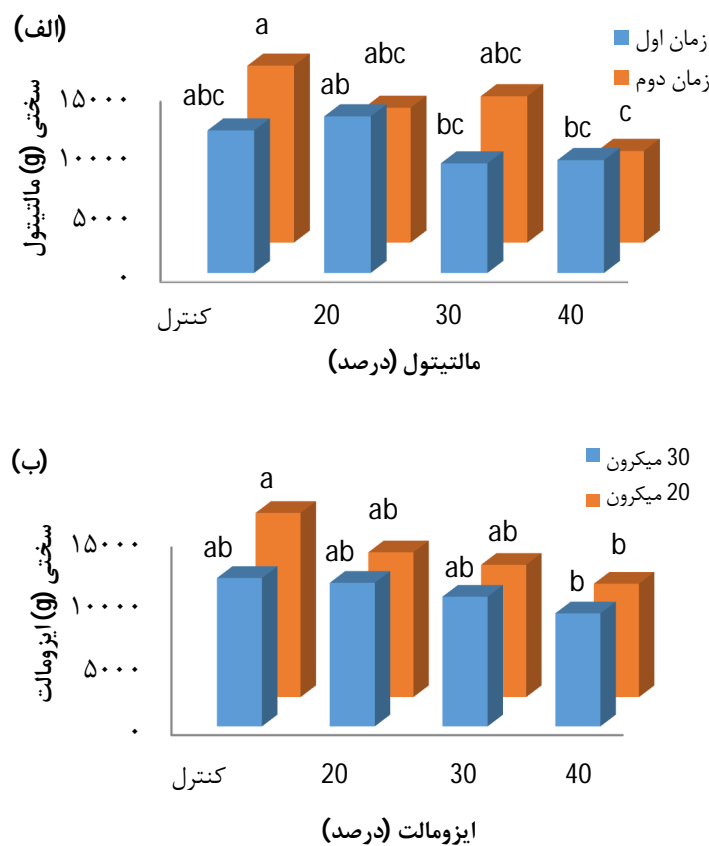
¹ Knead

نمونه‌ها رطوبت بیشتری از نمونه شاهد داشتند.

آنالیز بافت

در شکلات تولیدشده با افزایش میزان امولسیون قند الکلی، میزان سختی تیمارها کاهش پیدا کرد به طوری که کمترین میزان سختی را در هر دو اندازه ذرات، نمونه حاوی 40 درصد امولسیون مالتیتول و ایزومالت داشت. درحالی‌که بیشترین میزان سختی در نمونه شاهد مشاهده گردید (شکل 3).

مقدار کمتری رطوبت از دست می‌دهند. در مقایسه ایزومالت با مالتیتول دیده می‌شود که ایزومالت در نسبت بالا ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتری را دارد. که این ویژگی مربوط به نوع و میزان ساکاریدهایی با وزن مولکولی بالاست. به طور کلی با کاهش اندازه ذرات میزان کارایی و جذب رطوبت به علت افزایش سطح به حجم افزایش پیدا می‌کند. نتایج حاصل در خصوص رطوبت با پژوهش Bitaraf و همکاران (2013) مطابقت دارد. آنها به بررسی تولید شکلات تلخ کم‌کالری پری‌بیوتیک با استفاده از اینولین، پلی‌دکستروز و مالتودکسترین پرداختند. تمام



شکل 3- نتایج مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف مالتیتول و ایزومالت بر سختی نمونه‌های شکلات حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد می‌باشد.

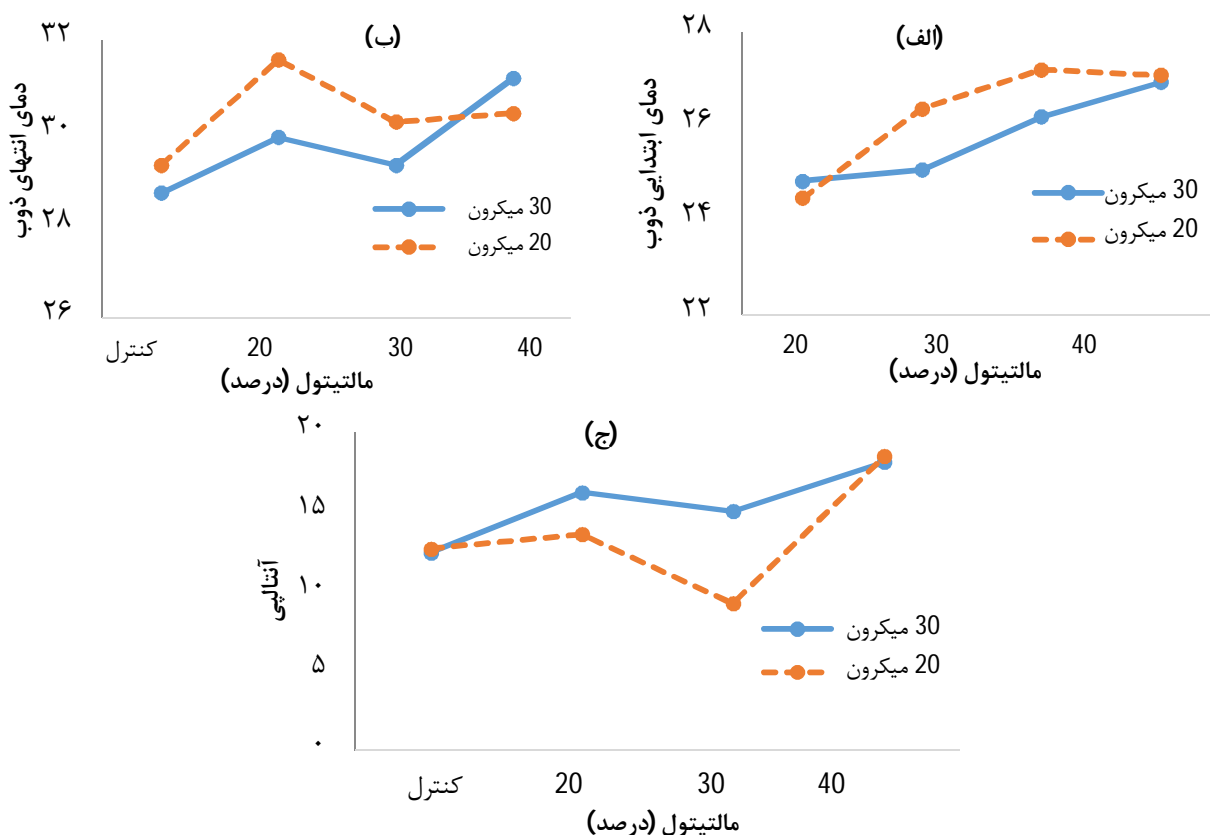
رطوبت، باعث کاهش سختی (تردی) محصولات می‌شود در پژوهش حاضر به علت عدم معنی‌داری بین دو اندازه ذرات در نگهداری رطوبت به نظر می‌رسد معنی‌دار نبودن سفتی بافت در ارتباط با اندازه ذرات نیز به همین علت خواهد بود. در همین ارتباط Fowler, Paterson, Afoakwa و Vieira (2008) بیان کردند که عوامل مختلفی مثل

علت این کاهش را می‌توان به حفظ رطوبت بالای پلی‌ال‌ها نسبت داد (Devereux, Jones, McCormack, & Hunter, 2003). ضمناً پژوهش‌های متعدد نشان داده است که افزودن امولسیفایر (PGPR) میزان سختی را کاهش می‌دهد. Franck (2002) در پژوهشی بیان نمود که افزودن ترکیبات جاذب رطوبت به علت خاصیت جذب و حفظ

پروفیل ذوب

همان‌طور که در **شکل (3)** مشاهده می‌گردد با افزودن امولسیون مالتیتول به تیمارها در هر دو زمان، میزان دمای ابتدای ذوب تمام نمونه‌ها افزایش یافته است. این روند افزایش در اندازه ذرات 20 میکرونی تا میزان 30 درصد امولسیون مالتیتول دارای روند افزایشی بوده و در غلظت 40 درصد تقریباً حالت خطی به خود گرفته است. دلیل این امر را می‌توان با توجه به **شکل (4)** مشاهده نمود که بیشترین دمای ابتدای ذوب در کل زمان‌های آزمایش متعلق به تیمار مالتیتول با غلظت 30 درصد در اندازه ذرات کوچک‌تر با دمای 27/2 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در حالی که کمترین دما نیز متعلق به همین اندازه ذرات در تیمار کنترل می‌باشد. همچنین در بررسی دمای انتهای ذوب مشاهده می‌گردد که با افزایش درصد امولسیون مالتیتول میزان دمای انتهای ذوب نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. همچنین با توجه به نمودار تغییرات آنتالپی مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان امولسیون در هر دو اندازه ذرات میزان آنتالپی روند صعودی به خود گرفته و بیشترین میزان آن در نمونه‌های حاوی 40 درصد امولسیون مالتیتول می‌باشد.

ساختار شرایط تولید و مشروط کردن و پلی‌مورفیسم بلورهای چربی نیز سفتی شکلات را تحت تأثیر قرار می‌دهند بنابراین شاید بتوان تغییر سفتی نمونه‌ها را به شرایط تهیه و تولید نسبت داد Franck (2002). شوریده، تسلیمی، عزیزی، محمدی‌فر و مشایخ (1389) تأثیر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده تاگاتوز¹ و فیبر رژیمی اینولین را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که نمونه حاوی 100 درصد اینولین میزان سختی کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت. علاوه بر این، محققین مختلف در بررسی اثر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های مختلف در تهیه کیک اسفنجی نتایج مشابهی در بررسی آنالیز بافت مشاهده نمودند (Lee, Wang, & Lin, 2008). در خصوص کاهش سختی بافت، Raoufi, Tehrani, Farhoosh و Golmohammadzadeh (2012) اثر افزودن آب و امولسیفایر PGPR را روی خواص بافتی و حسی شکلات‌های شیری مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان داشتند که با افزایش هم‌زمان میزان رطوبت و امولسیفایر میزان سختی به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. اثر افزایش محتوای آب و امولسیفایر در نرم‌شدن شکلات بسیار بیشتر از اثر افزایش امولسیفایر به‌تنهایی است.

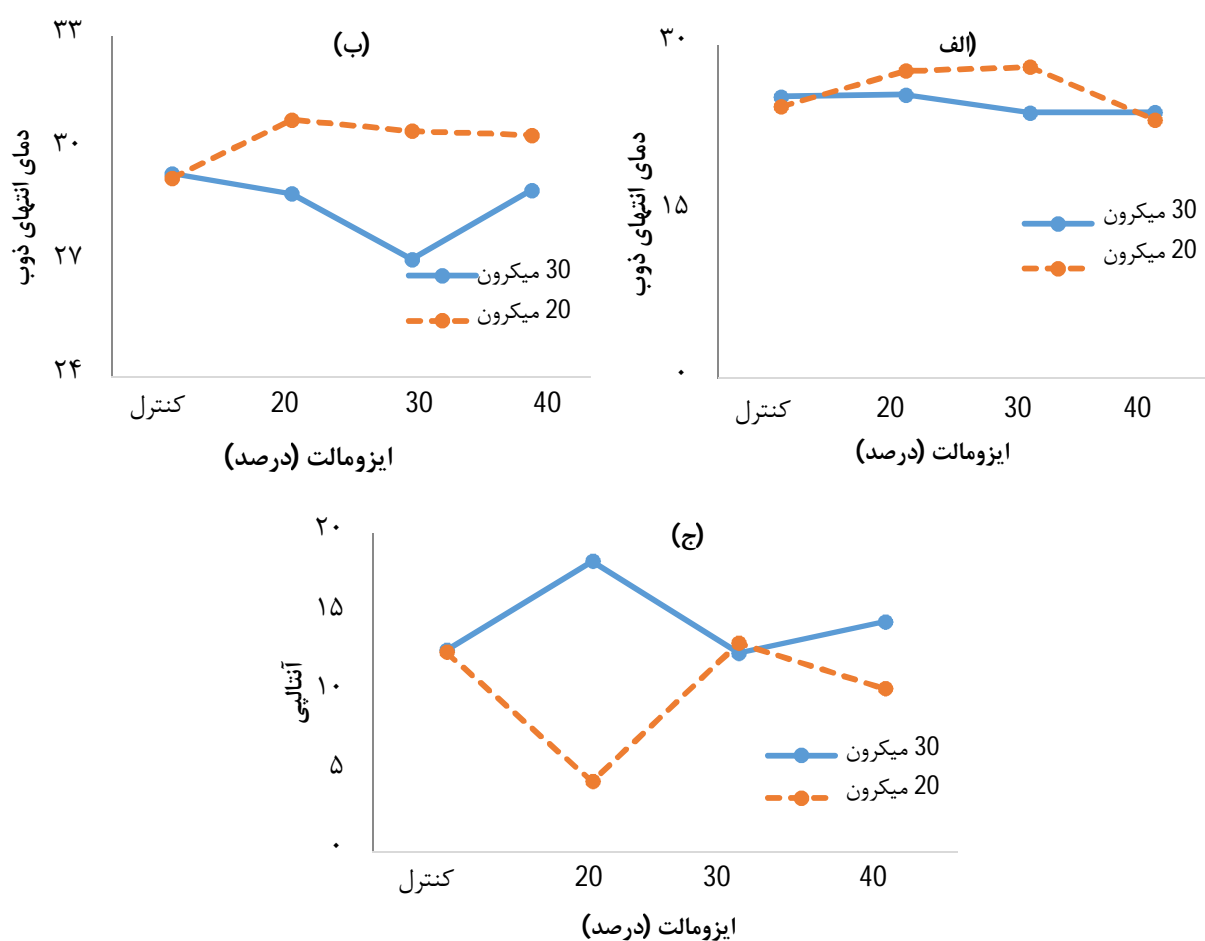


شکل 3- روند خصوصیات ذوب‌شدنی پروفیل ذوب شکلات حاوی مالتیتول

¹ Tagatose

ویسکوزیته مسئول توانایی حفظ شکل شکلات در دماهای بالا باشد. احتمالاً پلی‌مرهای ذکر شده می‌توانند چربی را هم به دام ببندازد و در نتیجه از نشت چربی نیز در دمای بالا جلوگیری کنند و یا اینکه امولسیفایر باعث تسهیل حرکت در فاز پیوسته چربی می‌شود و باعث توزیع ذرات شده و از تشکیل آگلومرها جلوگیری می‌کند و این می‌تواند روی نقطه ذوب شکلات مؤثر باشد. یافته‌های حاصل از این پژوهش در خصوص شیرین‌کننده مالتیتول در هر دو اندازه و ایزومالت در اندازه ذرات کوچک‌تر مشابه نتایج دیگر پژوهشگران بود (Kempf, 1958). ضمناً چنین به نظر می‌رسد که آب توسط ذرات خشک جذب و ذرات در حد کم متورم‌شده و پیوندهای درون‌ساختاری باعث ایجاد مقاومت در برابر نقطه ذوب بالای کره کاکائو می‌شود.

همان‌طور که در شکل (4) مشاهده می‌گردد در اندازه ذرات بزرگ‌تر با افزایش میزان امولسیون ایزومالت تا 30 درصد دمای ابتدای ذوب روند کاهشی داشته است. در حالی که در اندازه ذرات کوچک‌تر با افزایش امولسیون ایزومالت تا 30 درصد این دما افزایش یافته است. در غلظت 40 درصد این روند معکوس شده و هر دو تقریباً به یک دما رسیده است. همچنین با مقایسه دما انتهای ذوب در اندازه ذرات بزرگ‌تر مشاهده گردید که با افزایش غلظت میزان دمای انتهای ذوب با کاهش روبه‌رو است. این کاهش در تیماری با 30 درصد امولسیون ایزومالت محسوس‌تر از سایرین می‌باشد. علاوه بر این در مقایسه آنتالپی در میان تمامی نمونه‌ها بیشترین و کمترین میزان آنتالپی متعلق به نمونه 1 در اندازه ذرات کوچک‌تر می‌باشد. ساختار موجود در این شیرین‌کننده باعث افزایش ویسکوزیته شکلات می‌گردند و ممکن است این افزایش



شکل 4- روند خصوصیات ذوب‌شدنی پروفیل ذوب شکلات حاوی ایزومالت در دو اندازه مختلف ذرات

نتایج آنالیز حسی

واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی شرکت نمی‌کنند و رنگ روشن‌تری را نسبت به نمونه‌های کنترل دارا می‌باشند. در بررسی خواص عطر و طعم مشاهده شد که امتیازهای کسب‌شده در نمونه‌های حاوی مالتیتول از نظر عطر و طعم مشابه نمونه‌های کنترل بود. بررسی منابع نشان می‌دهد که مالتیتول شیرین‌کننده‌ای طبیعی با خواص ارگانولپتیک منحصر به فرد است. مالتیتول از نظر طعم مشابه ساکارز بوده و حلاطیت خوبی دارد، بنابراین مزیت‌های آن بیش از شیرین‌کننده‌های مصنوعی است و به‌طور کلی بر طعم غذا اثر ناخوشایندی ایجاد نمی‌کند (دهخدا، خدائیان و موحد، 1394). ویژگی رفتار ذوب دهانی به‌علت افزایش نقطه ذوب با افزودن پلی‌ال‌ها امتیاز کمتری نسبت به نمونه‌های کنترل داشت و مقایسه مالتیتول با ایزومالت مطلوب بودن این ویژگی را در مالتیتول در تمامی غلظت‌ها نسبت به ایزومالت نشان می‌دهد.

جدول (1) نتایج آنالیز واریانس تأثیر مالتیتول و ایزومالت را در ویژگی‌های حسی در مقایسه با نمونه کنترل نشان می‌دهد، هرچند که پذیرش کلی نمونه‌های شکلات تولیدشده با استفاده از شیرین‌کننده‌های مالتیتول و ایزومالت با افزایش غلظت شیرین‌کننده‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ($P > 0/05$). بررسی ویژگی‌های حسی به تنهایی نشان داد که رنگ نمونه‌های تیمار شده با پلی‌ال‌ها روشن‌تر از نمونه کنترل می‌باشد. بیشترین امتیاز به نمونه کنترل با رنگ تیره‌تر نسبت داده شد و در مقایسه غلظت‌های مالتیتول با غلظت مشابه آن در ایزومالت مشاهده می‌شود که نمونه‌های حاوی مالتیتول امتیاز بیشتری کسب نمودند به‌نظر می‌رسد میزان رطوبت بالای ایزومالت در کاهش رنگ مؤثر بوده است. ضمن اینکه پلی‌ال‌ها به‌دلیل اینکه فاقد گروه‌های عامل هستند در

جدول 1- مقایسه میانگین‌ها بررسی تأثیر متغیرها بر ویژگی حسی شکلات

تیمار	رنگ	عطر و طعم	رفتار ذوب دهانی	پذیرش کلی
مالتیتول				
کنترل	4/27±0/04 ^a	4/15±0/04 ^a	4/84±0/05 ^a	4/29±0/02 ^a
20 درصد	4/11±0/01 ^b	4/07±0/02 ^a	4/25±0/04 ^b	4/17±0/03 ^a
30 درصد	4/03±0/06 ^c	4/05±0/09 ^a	3/84±0/06 ^c	4/13±0/02 ^a
40 درصد	3/77±0/05 ^d	4/01±0/01 ^a	3/44±0/05 ^d	4/22±0/02 ^a
ایزومالت				
کنترل	4/27±0/037 ^a	4/15±0/04 ^a	4/84±0/05 ^a	4/29±0/02 ^a
20 درصد	3/45±0/055 ^b	3/50±0/06 ^b	3/80±0/03 ^b	4/17±0/03 ^a
30 درصد	3/20±0/025 ^c	3/18±0/03 ^c	3/43±0/06 ^c	4/10±0/03 ^a
40 درصد	3/07±0/05 ^d	3/03±0/02 ^d	3/00±0/02 ^d	4/08±0/04 ^a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

درحالی‌که بیشترین میزان سختی در نمونه شاهد مشاهده گردید. در تیمارهایی با اندازه ذرات 20 میکرون اختلاف سختی بافت محصول حاوی 40 درصد قند الکلی با نمونه شاهد در هر دو نوع فرمولاسیون قندی تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0/05$). ولی در تیمارهایی با اندازه 30 میکرون این اختلاف معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). می‌توان بیان داشت که ترکیبات جاذب رطوبت به علت خاصیت جذب و حفظ رطوبت باعث کاهش سختی (ژردی) محصولات می‌گردند. به‌طور کلی ذرات کوچک‌تر نسبت به ذرات بزرگ‌تر باعث نرم‌شدن بیشتر محصول می‌گردند. استفاده از مالتیتول و ایزومالت در فرمولاسیون شکلات، موجب افزایش دمای

افزودن امولسیون (ایزومالت و مالتیتول) به فرمولاسیون شکلات، سبب افزایش میزان درصد رطوبت در تمامی نمونه‌ها شد که این امر را می‌توان به خاصیت جذب رطوبت و وجود گروه‌های هیدروفیل آنها نسبت داد. هر دو نوع شیرین‌کننده در مقایسه با ساکارز در مدت ورز دادن قابلیت حفظ رطوبت بالاتری دارند و ایزومالت دارای ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتری می‌باشد. استفاده از امولسیون سبب گردید که میزان سختی بافت کاهش یابد. به‌طوری‌که کمترین میزان سختی را در هر دو آزمایش، نمونه حاوی 40 درصد مالتیتول و ایزومالت داشت.

حاوی مالتیتول و نمونه‌های کنترل بود و از نظر رنگ نمونه‌های تیمار شده روشن‌تر از نمونه‌های کنترل بودند. به‌طور کلی باتوجه به اثر پلی‌ال‌ها در تولید شکلات مقاوم به حرارت بررسی خواص رئولوژیکی نمونه‌های تولیدی، تغییرات دمای فرایندهای تمپرینگ بر خواص فیزیکی و شیمیایی شکلات مقاوم به حرارت در پژوهش‌های آتی ضروری به‌نظر می‌رسد.

ذوب می‌شود که جذب رطوبت، مهم‌ترین دلیل برای این مقاومت به دمای ذوب بوده است. مقایسه میانگین ویژگی‌های حسی در نمونه‌های شکلات تولید شده با استفاده از شیرین‌کننده‌های مالتیتول و ایزومالت نشان داد که وجود شیرین‌کننده‌ها و افزایش غلظت شیرین‌کننده‌ها در پذیرش کلی مصرف‌کننده تأثیر معنی‌داری نداشت. علیرغم عدم معنی‌دار بودن پذیرش کلی در نمونه‌های تیمار شده از نظر عطر و طعم بیشترین امتیاز متعلق به نمونه

منابع

- بیطرف، ش.، عباسی، س. و حمیدی، ز. (1392). تولید شکلات تلخ کم کالری پری بیوتیک با استفاده از اینولین، پلی دکستروز و مالتودکسترین. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، 8(1)، 49-62.
- دهخدا، م.، خدائیان، ف. و موحد، س. (1394). اثر ایزومالت و مالتیتول بر خصوصیات کیفی و حسی کیک اسفنجی. *مهندسی بیوسیستم ایران*، 46(2)، 147-155. doi:<https://doi.org/10.22059/ijbse.2015.55672>
- سازمان ملی استاندارد ایران. (1389). غلات و فرآورده های آن-روش اندازه گیری رطوبت-روش مرجع. (استاندارد ملی ایران، شماره 2705، تجدیدنظر اول). برگرفته از <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46619>
- شوریده، م.، تسلیمی، ا.، عزیزی، م.، محمدی‌فر، م. و مشایخ، م. (1389). تأثیر کاربرد D- تاگاتوز، اینولین و استویا به عنوان جایگزین ساکارز بر بعضی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی شکلات تیره. *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، 5(3)، 29-38.
- علی‌اکبری، ف.، آصفی، ن. و یگانه‌زاد، س. (1397). تأثیر ژلاتین و نشاسته ذرت بر مقاومت حرارتی، بافتی و ویژگی‌های حسی شکلات شیری. *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، 13(2)، 99-106.
- کیومرث، م.، یگانه‌زاد، س.، شهیدی، م.، پهلوانلو، ا. و خوش‌گیش، م. (1396). بهینه‌یابی فرمولاسیون شکلات تیره پری‌بیوتیک با استفاده از مخلوط اینولین، ایزومالت و مالتیتول. *نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، 9(3)، 73-86.
- مقصودی، ش. (1388). *صنایع قنادی* (چاپ اول)، نشر علم کشاورزی ایران.
- مهدویان‌مهر، ه. و مظاهری‌طهرانی، م. (1393). بررسی تاثیر جایگزینی پودر کاکائو با پوست قهوه بر ویژگی‌های فیزیکی، بافتی و حسی شکلات تیره. *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، 10(2). doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i2.37960>
- Afoakwa, E. O. (2010). *Chocolate Science and Technology* (Vol. 1st edition): Oxford, Wiley-Blackwell
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008). Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International*, 41(7), 751-757. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.05.009>
- Aliakbari, F., Asefi, N., & Yeganezad, S. (2018). Effect of Gelatin and Corn Starch on Heat Resistance and Sensory Properties of Milk Chocolate. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(2), 99-106. (in Persian) .
- Beckett, S. T. (1999). *Industrial Chocolate Manufacture and Use* (Vol. 3rd ed): Oxford ; Malden, MA: Blackwell Science.
- Beckett, S. T. (2000). *The Science of Chocolate* (Older Edition ed.): The Royal Society of Chemistry. ,
- Bitaraf, S., Abbasi, S., & Hamidi, Z. (2013). Production of low-energy prebiotic dark chocolate using inulin, polydextrose, and maltodextrin. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(1), 49-62. (in Persian) .

- Dehkhoda, M., Khodaiyan email, F., & Movahed, S. (2015). Effect of isomalt and maltitol on quality and sensory properties of sponge cake. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 46(2), 147-155. (in Persian)
- DeMan, J. M. (1999). *Principles of food chemistry* (Vol. 3rd). Gaithersburg (Ma.): Aspen Publishers.
- Devereux, H., Jones, G., McCormack, L., & Hunter, W. (2003). Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. *Journal of Food Science*, 68(5), 1850-1854. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12341.x>
- Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S287-S291. doi:<https://doi.org/10.1079/BJN/2002550>
- Frippiat, A., De Soete, J., Smits, G., & Keme, T. (2000). U.S. Patent No. 6, 735. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Giddey, C., & Dove, G. (1984). U.S. Patent No. 4, 166. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Iranian National Standardization Organization. (2011). Cereal and cereal products-Determination of moisture measure Cinent-Reference method. . (ISIRI Standard No, 2705, 1st Revision). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46619> (in Persian)
- Kempf, N. W. (1958). U.S. Patent No. 2, 772. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Kiumarsi, M., Yeganehzad, S., Shahidi, M., Pahlevanloo, A., & Khoshkish, M. (2017). Optimization of formulation of dark chocolate using mixture of inulin ,isomalt and maltitol. *Innovation in Food Science and Technology*, 9(3), 73-86. (in Persian).
- Lee, C. C., Wang, H. F., & Lin, S. D. (2008). Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*, 85(4), 515-521. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0515>
- Maghsoodi, S. (2009). *Confectionery Industry* (Vol. 1st edition.): Agriculture Science of Iran. (in Persian)
- Mahdavian Mehr, M., & Mazaheri Tehrani, M. (2014). The effect of replacing the cocoa powder with coffee silver skin on physical, textural and sensory properties of dark chocolate. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(2), 99-106. doi:<https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i2.37969>(in Persian)
- Raoufi, N., Tehrani, M. M., Farhoosh, R & ,Golmohammadzadeh, S. (2012). The effects of adding water and polyglycerol polyricinoleate on the texture, appearance, and sensory qualities of compound milk chocolate. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(12), 1390-1399. doi:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201100408>
- Rapaille, A., & Gonze, M. (1995). Formulating sugar-free chocolate products with maltitol. *Food Technology* .
- Russell, B. H., & Zenlea, B. J. (1948). U.S. Patent No. 2, 110. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M., Mohammadifar, M., & Mashayekh, M. (2010). Effects of D-Tagatose , inulin and stevia as sugar substitutes on the physical, chemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 5(3), 29-38. (in Persian)
- Simbürger, S. (2009). U.S. Patent No. 7, 031. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Sokmen, A., & Gunes, G. (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1053-1058. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.002>
- Takemori, T., Tsurumi, T., Takagi, M., & Ito, M. (1993). U.S. Patent No. 5, 734. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Walter, P., & Cornillon, P. (2001). Influence of thermal conditions and presence of additives on fat bloom in chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(9), 927-932. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-001-0365-1>
- Wan Aidah, W., Abdul Azis, A., Roselina, K., & Sabariah ,S. (2014). Development and characterisation of thermo-resistant milk chocolate containing cocoa butter emulsion. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 21(6), 968-974 .

Effect the Ratio of an Emulsion Containing Sugar Alcohols and Particle Size on Thermal Resistance and Some Physical and Sensory Characteristics of Chocolate

Abdolali Esmali¹, Narmella Asefi^{2*}, Samira Yeganehzad³

- 1- M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
- 2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
- * Corresponding author (n.asefi@iaut.ac.ir)
- 3- Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

Abstract

In this study, the effect of emulsion containing sugar alcohols and particle size on increasing the melting point of the chocolate in semi-industrial conditions was investigated. Formulation containing PGPR emulsion, cocoa butter, water, isomalt and maltitol was added to a chocolate with a particle size of 20 and 30 μ . Texture, melting point and sensory properties (color, odor, taste, oral sensation and overall acceptance), moisture content and water activity were analyzed for chocolate formulated with PGPR emulsion, cocoa butter, water, isomalt and maltitol. The chocolate was compared with the control chocolate. The results showed that the use of maltitol and isomalt significantly increased the moisture content and water activity of the samples ($P < 0.05$). Significant differences were observed between the treatments in terms of hardness of the tissues, which indicated a decrease in hardness by increasing the emulsion of sugar alcohols ($P < 0.05$). Sensory properties showed that maltitol was similar to the control sample in terms of flavor and had a higher rate of oral melting compared to isomalt in all concentrations in color, all treated samples were brighter than control samples. There was no significant difference in the overall acceptance of the samples ($P > 0.05$). In general, due to the insignificant effect of this emulsion formulated in the overall acceptance of sensory properties and its significant effect on increasing the melting point, these materials can be used in the production of heat-resistant chocolate in tropical areas.

Keywords: Chocolate, Isomalt, Maltitol, Melting Point, Particle Size