www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۸، جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۱۷۶-۱۶۵
DOI: 10.22101/JRIFST.2019.07.22.825

JRIFST

مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی

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

عبدالعلی اسمعلی[۱]، نارملا آصفی[۲*]، سمیرا یگانه‌زاد[۳]

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
* نویسندهٔ مسئول (n.asefi@iaut.ac.ir)
۳- استادیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

واژه‌های کلیدی
اندازهٔ ذرات
ایزومالت
شکلات
مالتیتول
نقطهٔ ذوب

چکیده

در این مطالعه، اثر نسبت امولسیون حاوی قندهای الکلی و اندازهٔ ذرات در افزایش نقطهٔ ذوب شکلات در شرایط نیمه‌صنعتی بررسی گردید. به شکلات مرکب تهیه‌شده با اندازهٔ ذرات ۲۰ و ۳۰ میکرون، فرمولاسیونی حاوی امولسیفایر PGPR، کرهٔ کاکائو، آب، ایزومالت و مالتیتول اضافه‌شده و ازنظر بافت، تغییرات نقطهٔ ذوب و خواص حسی (رنگ، بو، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی)، اندازهٔ 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 ($P<۰/۰۵$). ازنظر سختی بافت، تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها مشاهده گردید که بیان‌کنندهٔ کاهش میزان سختی با افزایش امولسیون قندهای الکلی بود. بررسی ویژگی‌های حسی نشان داد که مالتیتول ازنظر عطروطعم مشابه نمونهٔ کنترل می‌باشد و امتیاز بالاتری ازنظر رفتار ذوب دهانی در مقایسه با ایزومالت در تمامی غلظت‌های مشابه کسب نمود. ازنظر رنگ تمامی نمونه‌های تیمارشده روشن‌تر از نمونه‌های کنترل بوده و ازنظر پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری در میان کل نمونه‌ها وجود نداشت ($P<۰/۰۵$). به‌طورکلی باتوجه‌به اثر غیرمعنی‌دار این امولسیون فرموله‌شده در پذیرش کلی خواص حسی و اثر معنی‌دار آن در افزایش نقطهٔ ذوب، می‌توان از این مواد در تولید شکلات مقاوم به حرارت، در نواحی گرمسیری استفاده نمود.

مقدمه

شکلات سیستم کلوئیدی است که در آن فاز مایع را کرهٔ کاکائو و فاز پراکنده را ذرات پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهند (Maghsoodi, 2009). کرهٔ کاکائوی موجود در شکلات هنگامی که در فرم پایدار حضور دارد در دمای دهان ذوب می‌شود (DeMan, 1999). مواد اولیه در تولید شکلات پس از مخلوط‌شدن و با کاهش اندازهٔ ذرات[۱] به محصولی با اندازهٔ ذرات ۲۰ میکرون یا کمتر که شکلات نرم و صاف خوانده می‌شود یا محصولی با اندازهٔ ۲۵ میکرون، شکلات با زبری متوسط و بالاتر از ۳۰ میکرون، شکلات زبر تبدیل می‌گردد (Beckett, 1999, 2000). جهت دستیابی به رئولوژی مناسب مرحلهٔ ورزدادن[۲] و به‌منظور تشکیل

[1] Refining
[2] Conching

Archive of SID
www.SID.ir

کریستال‌های مقاوم کرهٔ کاکائو، مشروط‌کردن[1] شکلات انجام‌شده و محصول به شکل قالبی یا پوششی درمی‌آید. تحقیق‌های زیاد و سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای درمورد افزایش نقطهٔ ذوب شکلات انجام شده است. تحقیق‌های پیشین نشان می‌دهد با اصلاح ریزساختار شبکهٔ چربی، استفاده از پلیمرهای متصل‌شونده به روغن/چربی و افزایش نقطهٔ ذوب فاز چربی می‌توان شکلات مقاوم به حرارت تولید نمود (Wan Aidah, Abdul Azis, Roselina, & Sabariah, 2014). محققان معتقدند زمانی‌که پلی‌ال‌های[2] مایع به شکلات اضافه می‌شوند با چربی موجود در شکلات واکنش می‌دهد که باعث افزایش ویسکوزیتهٔ محصول می‌گردد. امروزه پلی‌ال‌ها به‌طور وسیع در شکلات استفاده می‌شوند که ازآن‌جمله می‌توان به استفاده از ایزومالت[3]، زایلیتول[4] و مالتیتول[5] (Sokmen & Gunes, 2006)، مالتیتول با یا بدون پلی‌دکستروز و اینولین (Rapaille & Gonze, 1995) اشاره کرد. امروزه استفاده از سایر کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم کم، که علاوه‌بر تأمین شیرینی و کاهش کالری شکلات، اثرات مفید تغذیه‌ای دیگری نیز داشته و باعث بهبود رئولوژی، بافت، افزایش نقطهٔ ذوب و پذیرش کلی می‌شوند، موردتوجه قرار گرفته است (Shourideh, Taslimi, Azizi, Mohammadifar, & Mashayekh, 2010).

تحقیق‌های متعددی درخصوص روش‌های مختلف افزایش مقاومت حرارتی در شکلات صورت گرفته است. Aliakbari، Asefi و Yeganezad (۲۰۱۸) اثر نشاستهٔ ذرت و ژلاتین را در فرمولاسیون شکلات شیری مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین دمای شروع ذوب شکلات حاوی ژلاتین و نشاستهٔ ذرت ۱۰ درصد به‌ترتیب ۳۸/۵ و ۳۵/۹ درجهٔ سانتی‌گراد بود و این غلظت دمای ذوب‌شدن را به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با شکلات کنترل افزایش داده است. درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های حسی نمونه‌های تیمارشده مشاهده نگردید. در پژوهشی ژل اینولین به مقدار ۵ درصد به شکلات شیری معمولی مشروط‌شده اضافه شد. در این روش، افزایش مقاومت حرارتی مشاهده نگردید. درصورتی‌که در پژوهش دیگری شکلات‌های حاوی ۱۸-۴ درصد ژل اینولین با میانگین رطوبت ۸-۲/۵ درصد و دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد را به مدت ۶ ساعت تحمل می‌کنند (Frippiat, De Soete, Smits, & Keme, 2000).

Russell و Zenlea (۱۹۴۸) با افزودن آب‌گرم (۶۵/۶-۴۸/۹ درجهٔ سانتی‌گراد) به مقدار ۲۳-۱۷ درصد به خمیر شکلاتی با اندازهٔ ذرات کاهش‌یافته با دمای (۵۴/۴-۴۳/۳ درجهٔ سانتی‌گراد) با محتوای چربی ۲۸-۲۳ گرم و درنهایت خشک‌کردن خمیر شکلاتی شکلات مقاوم به گرما تولید نمودند.

Simbürger (۲۰۰۹)، ۱/۸ تا ۷ درصد آب را به شکلات معمولی به شکل مستقیم، امولسیون آب/روغن و امولیسون روغن/آب اضافه کرد و ۳۰ تا ۷۵ درد ترکیب هیدروفیلی (نظیر سارکاریدها) به امولسیون آب/روغن اضافه کرد. شکلات‌ها بعد از قالب‌گیری توسط مایکروویو خشک شدند و شکلات مقاوم به گرما تولید شد.

Giddey و Dove (۱۹۸۴) شکلات مقاوم در برابر حرارت را با اضافه‌کردن ۱۰-۲ درصد امولسیون آب در روغن به مخلوط تولید نمودند. Takemori، Tsurumi، Takagi و Ito (۱۹۹۳) با تشکیل امولسیون روغن در آب (۷۰-۲۰ درصد آب، ۸۰- ۳۰ درصد چربی و ۲۰-۱ درصد امولسیفایر) شکلات مقاوم به حرارت تولید نمود. Walter و Cornillon (۲۰۰۱) نشان دادند که امولسیفایر باعث تسهیل حرکت در فاز پیوستهٔ چربی می‌شود و باعث توزیع ذرات‌شده و از تشکیل آگلومره‌ها جلوگیری می‌کند و این می‌تواند روی نقطهٔ ذوب شکلات مؤثر باشد. توزیع اندازهٔ ذرات نیز یک شاخص کلیدی در ویژگی‌های رئولوژیکی شکلات است که به‌طور مستقیم بر پذیرش حسی شکلات و نقطهٔ ذوب مؤثر است. ذرات درشت به‌دلیل شنی‌بودن در احساس دهانی بسیار مؤثرند اما ذرات ریز به‌دلیل تأثیر بر ویژگی‌های جریانی شکلات مهم‌تر هستند (Bitaraf, Abbasi, & Hamidi, 2013).

Afoakwa، Paterson، Fowler و Vieira (۲۰۰۸) نشان دادند که توزیع اندازهٔ ذرات مستقل از اثر تغییر چربی و لستین بر برخی پارامترهای ذوبی شکلات، مؤثر باشد. باوجود تحقیق‌های متعدد درخصوص استفاده از قندهای الکلی و نیز نقش اندازهٔ ذرات بر مقاومت حرارتی شکلات و تحقیق‌های محدود درخصوص استفاده از آب در فرمولاسیون شکلات، تاکنون گزارشی درخصوص تأثیر هم‌زمان استفاده از امولسیون حاوی این ترکیبات و تغییر اندازهٔ ذرات بر خواص شکلات منتشر نشده است لذا هدف اصلی از این تحقیق، بررسی تأثیر امولسیون حاوی دو قند

[1] Tempering
[2] Polyols
[3] Isomalt
[4] Xylitol
[5] Maltitol

Archive of SID

www.SID.ir

الکلی مالتیتول و ایزومالت و اندازهٔ ذرات مخلوط شکلات بر مقاومت حرارتی شکلات و مطالعهٔ ویژگی‌های فیزیکی و حسی آن با حفظ کیفیت اولیه و مطلوبیت محصول ازنظر 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 پلی‌رسینولئات[1] (PGPR) و کرهٔ 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:

۲۷ درصد پودر کاکائو، ۲۸ درصد کرهٔ کاکائو، ۰/۵ درصد لسیتین و ۰/۲ درصد پلی‌گلیسرول پلی‌رسینولئات، ۴۰ درصد شکر. در دستگاه بال‌میل (شرکت آرمان خرد، ساخت ایران) حاوی ساچمهٔ ضدزنگ و ضدسایش به قطر ۸ میلی‌متر جهت آسیاب و مخلوط‌شدن ریخته شد. در مرحلهٔ اول خروج محصول از دستگاه بال‌میل بعد از گذشت ۷۰ دقیقه برای حصول ذراتی با اندازهٔ (۳۰ میکرون) که مخلوط (A) نامیده شد و سپس بعد از سپری‌شدن ۱۰۰ دقیقه حصول ذرات با اندازهٔ (۲۰ میکرون) که مخلوط (B) نامیده شد، انجام گرفت. در مرحلهٔ دوم به مخلوط (A) و (B) ایزومالت و مالتیتول به شکل ترکیب زیر اضافه گردید.

الف- امولسیفایر PGPR ۵ درصد+ ۵۰ درصد کرهٔ کاکائو+ ۲۰ درصد آب + ۲۵ درصد ایزومالت. ب- امولسیفایر PGPR ۵ درصد+ ۵۰ درصد کرهٔ کاکائو+ ۲۰ درصد آب + ۲۵ درصد مالتیتول که موارد (الف، ب) با دستگاه توراکس (مدل T25 digital ULTRA-TURAX- IKA، ساخت آلمان) هموژن گردید و امولسیون آب در روغن تهیه شد.

برای تهیهٔ فرمولاسیون نهایی، از دو نوع فرمولاسیون تهیه‌شدهٔ «الف» و «ب» به نسبت‌های صفر، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به مخلوط‌های (A) و (B) که تا دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد خنک‌شده بود، اضافه گردید. بعد از مشروط‌کردن دستی، نمونه‌ها به قالب منتقل و در دمای سردخانه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. نمونه‌ها پس از خروج از قالب در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی‌شده و تا انجام آزمایش‌ها در یخچال نگهداری شدند. نمونه‌های شاهد همان مخلوط‌های A و B بدون افزودن امولسیون بودند (Kiumarsi, Yeganehzad, Shahidi, Pahlevanloo, & Khoshkish, 2017).

بررسی تغییر میزان رطوبت

رطوبت نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۷۰۵ (Institute of Standards and Industrial Research of Iran [ISIRI], 2011) اندازه‌گیری شد.

فعالیت آبی

برای سنجش فعالیت آبی نمونه از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina، ساخت سوئیس) استفاده گردید. نمونه‌ها خرد شدند و به‌صورت یکنواخت درآمدند سپس نمونهٔ یکنواخت‌شده را داخل ظروف نمونهٔ پلاستیکی ریخته به‌طوری‌که تا دو سوم ارتفاع ظرف از نمونه‌ها پر شد. سپس ظروف درون دستگاه قرارداده‌شده و درجه‌حرارت در ۲۵ درجهٔ سلسیوس ثابت نگهداشته شد. نمونه را به‌حال خود گذاشته تا به فشار بخار ثابت رسید. سپس میزان فشار بخار ثابت‌شده به فشار بخار آب خالص در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد تقسیم گردید. حاصل تقسیم فعالیت آبی در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بود (Afoakwa, 2010).

آنالیز بافت

جهت آنالیز پروفیل بافت و اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تولیدی، از دستگاه آنالیزبافت (TA.XT plus، Stable Micro System، ساخت انگلستان) استفاده گردید. قطعه‌های شکلات با ابعاد ۱۰×۲۰×۱۰۰ میلی‌متر آماده شد و سپس در انکوباتر یخچال‌دار (مدل Rumed-type 1001، ساخت آلمان) در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت نگهداری شدند. در این آزمون از پروب شمارهٔ ۱/۶، سرعت نفوذ ۱/۵ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۶ میلی‌متر استفاده گردید و حداکثر نیروی اندازه‌گیری‌شده 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

[1] Poly Glycerol Poly Ricinoleate

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت حرارتی ۵ درجهٔ سانتی‌گراد بر دقیقه از دمای ۵ تا ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها براساس تجزیه‌وتحلیل یک‌سری از ویژگی‌های مواد غذایی صورت گرفت. ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۱۰ نفر ارزیاب حسی که آموزش اولیه را دیده بودند و با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه صورت گرفت. شاخص‌های موردارزیابی شامل رنگ، عطروطعم، بافت، رفتار ذوب دهانی، و پذیرش کلی بودند که امتیازدهی مابین ۱ الی ۵ بود، به‌طوری‌که امتیاز ۱ ضعیف‌ترین و ۵ بالاترین بود (Mahdavian Mehr & Mazaheri Tehrani, 2014).

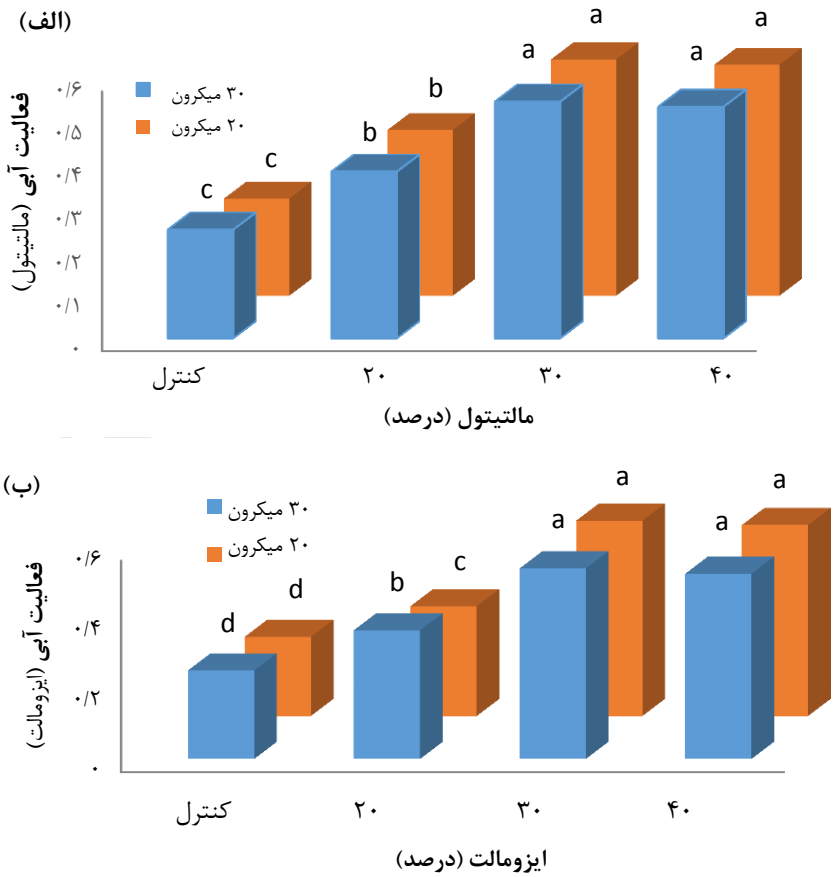
تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل نتایج در قالب طرح تصادفی فاکتوریل با دو فاکتور اندازهٔ ذرات و نسبت امولسیون به همراه نمونهٔ شاهد انجام شد. تمامی آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام شد. تأثیر هریک از فاکتورها، اثر متقابل آنها و آنالیز واریانس یک‌طرفه محاسبه و برای مقایسهٔ میانگین تیمارها به‌منظور بررسی معنی‌داربودن نتایج حاصله، از روش دانکن و سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۸ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخهٔ ۲۰۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج میزان فعالیت آبی

همان‌طورکه در شکل (۱-الف) و (۱-ب) مشاهده می‌گردد با افزایش میزان امولسیون تا غلظت ۳۰ درصد میزان فعالیت آبی محصول افزایش یافت. به‌گونه‌ای‌که تمامی نمونه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار با نمونهٔ شاهد بودند ($P<0/05$). ولی بین تیمار ۳۰ و ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اثر مستقل غلظت‌های امولسیون در افزایش میزان فعالیت آبی، بسیار بیشتر از تغییرات اندازهٔ ذرات در هر دو فرمولاسیون می‌باشد.



شکل ۱ - مقایسهٔ میانگین فعالیت آبی در شکلات حاوی غلظت‌های مختلف مالتیتول و ایزومالت

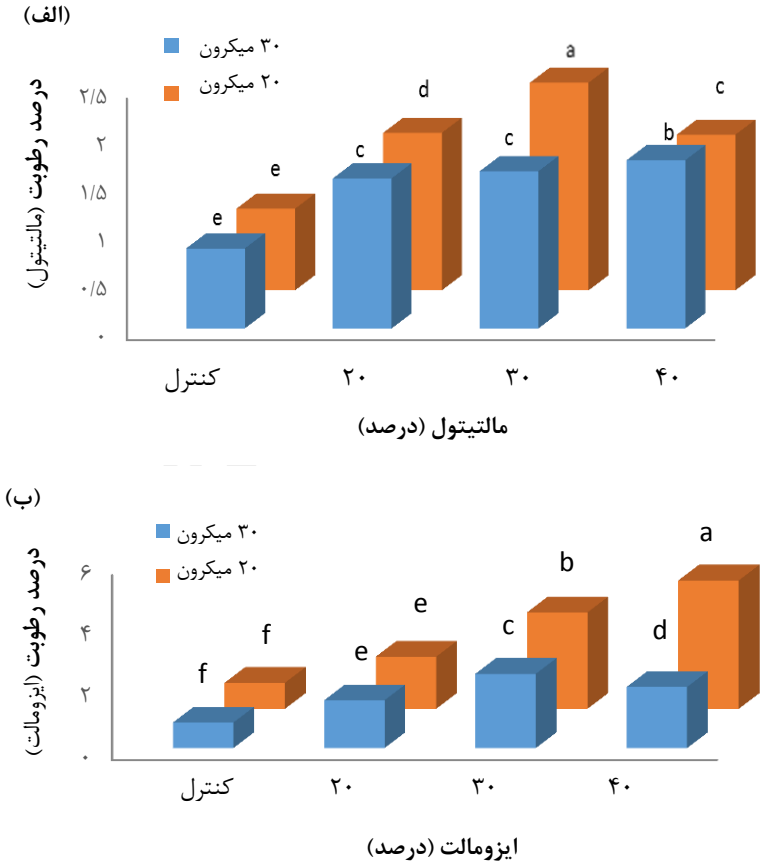
حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

باتوجه‌به اینکه در مواد غذایی افزایش پلی‌ال‌ها در جهت کاهش فعالیت آبی می‌باشد. در این پژوهش در فرمولاسیون الف و ب مقدار ۲۰ درصد آب موجود است علت افزایش میزان فعالیت آبی در نمونه‌ها تا ۳۰ درصد به علت وجود آب موجود در فرمولاسیون می‌باشد. به‌نظرمی‌رسد که بعد از اتمام پیوندهای هیدروژنی بین عامل‌های هیدروکسیل قندهای الکلی با آب اثر افزایش غلظت آشکارشده و میزان فعالیت آبی در غلظت ۴۰ درصد در هر دو تیمار مالتیتول و ایزومالت کاهش یافته است.

نتایج میزان رطوبت

نتایج بررسی رطوبت در شکل (۲-الف) نشان می‌دهد که با افزایش میزان مالتیتول در تیمارهایی با اندازهٔ ذرات بزرگ‌تر روند افزایش کندبوده و تفاوت معنی‌دار در بین نمونه‌های تیمارشده وجود ندارد ولی اختلاف معنی‌دار با نمونهٔ شاهد دیده می‌شود ($P<۰/۰۵$). بیشترین رطوبت در اندازهٔ ذرات کوچک‌تر مربوط به امولسیون مالتیتول ۳۰ درصد و در اندازهٔ بزرگ‌تر مربوط به امولسیون مالتیتول ۴۰ درصد می‌باشد و در هر دو اندازه کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه‌های شاهد است. در بررسی اثر امولسیون ایزومالت درخصوص افزایش رطوبت در شکل (۲-ب)، مشاهده می‌گردد که با افزایش درصد ایزومالت در هر دو اندازهٔ ذرات رطوبت نمونه‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار رطوبت در اندازهٔ ذرات کوچک مربوط به امولسیون ایزومالت ۴۰ درصد و در ذرات بزرگ‌تر مربوط به ایزومالت با مقدار ۳۰ درصد می‌باشد.



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین درصد رطوبت در شکلات حاوی غلظت‌های مختلف مالتیتول و ایزو مالت

حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

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، مالتیتول و ایزومالت مصرفی نسبت به ساکارز رطوبت بیشتری دارند و به‌دلیل حفظ رطوبت در مدت ورزدادن[1]

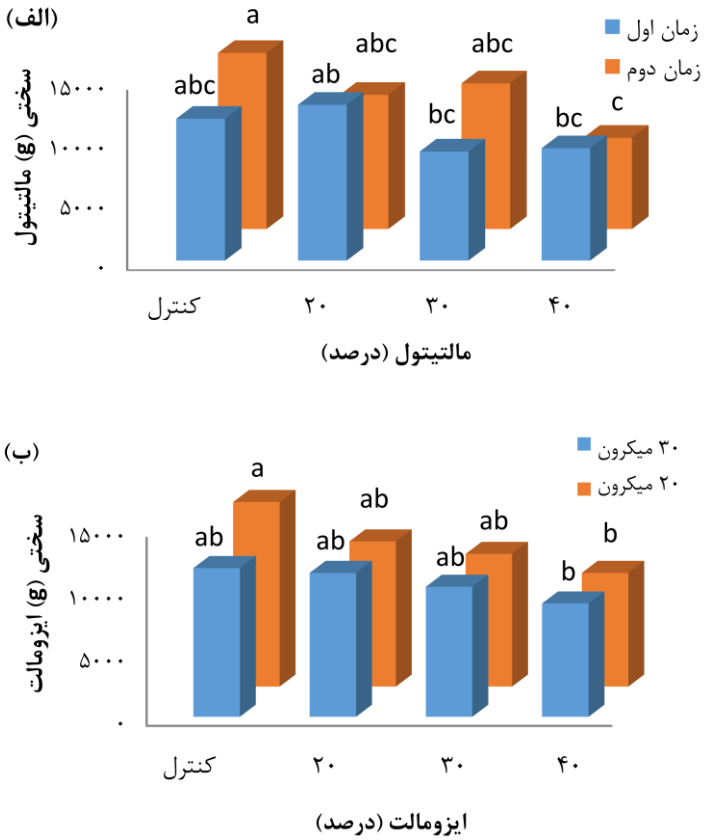
[1] Knead

www.SID.ir

مقدار کمتری رطوبت ازدست‌می‌دهند. 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. به‌طورکلی با کاهش اندازهٔ ذرات میزان کارایی و جذب رطوبت به‌علت افزایش سطح به حجم افزایش پیدا می‌کند. نتایج حاصل درخصوص رطوبت با پژوهش Bitaraf و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. آنها به بررسی تولید شکلات تلخ کم‌کالری پری‌بیوتیک با استفاده از اینولین، پلی‌دکستروز و مالتودکسترین پرداختند. تمام نمونه‌ها رطوبت بیشتری از نمونهٔ شاهد داشتند.

آنالیز بافت

در شکلات تولیدشده با افزایش میزان امولسیون قند الکلی، میزان سختی تیمارها کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که کمترین میزان سختی را در هر دو اندازهٔ ذرات، نمونهٔ حاوی ۴۰ درصد امولسیون مالتیتول و ایزومالت داشت. درحالی‌که بیشترین میزان سختی در نمونهٔ شاهد مشاهده گردید (شکل ۳).



شکل ۳- نتایج مقایسهٔ میانگین تأثیر سطوح مختلف مالتیتول و ایزومالت بر سختی نمونه‌های شکلات

حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

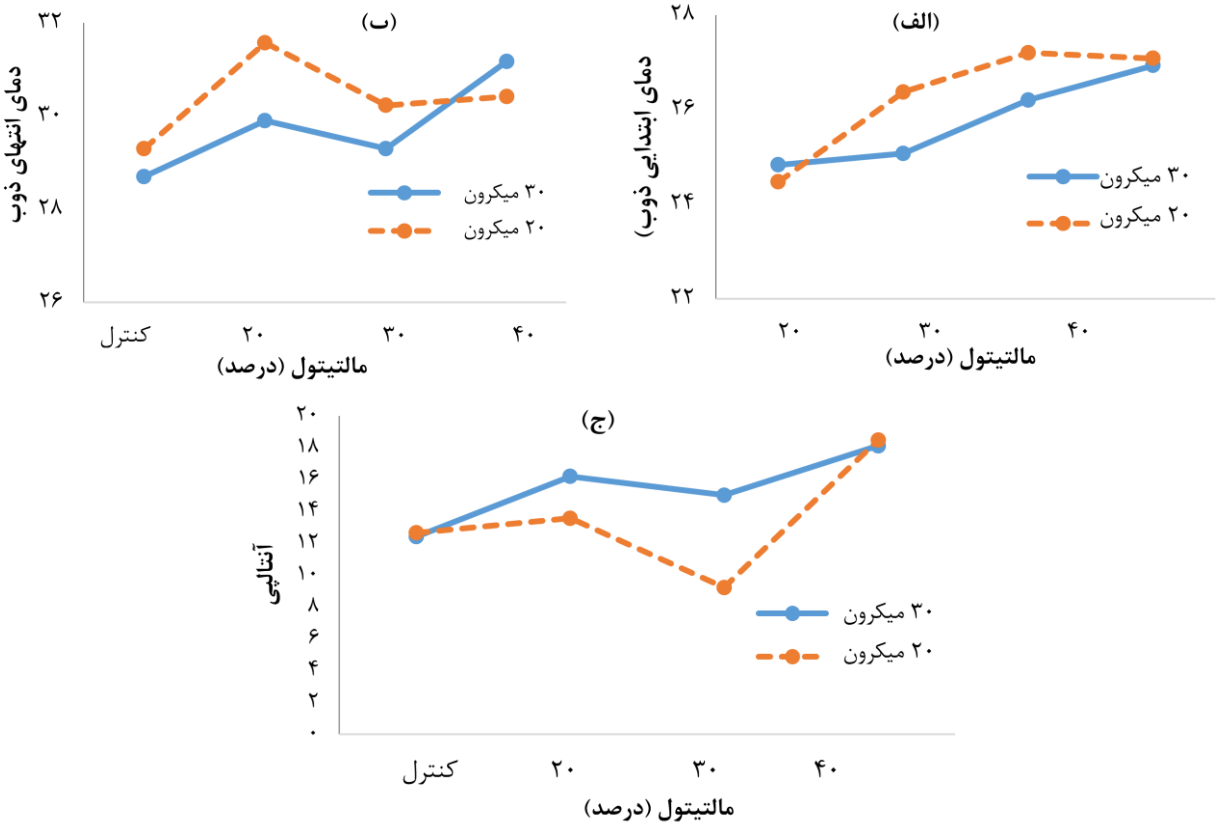
علت این کاهش را می‌توان به حفظ رطوبت بالای پلی‌ال‌ها نسبت داد (Devereux, Jones, McCormack, & Hunter, 2003). ضمناً پژوهش‌های متعدد نشان داده است که افزودن امولسیفایر (PGPR) میزان سختی را کاهش می‌دهد. Franck (۲۰۰۲) در پژوهشی بیان نمود که افزودن ترکیبات جاذب رطوبت به علت خاصیت جذب و حفظ رطوبت، باعث کاهش سختی (تُردی) محصولات می‌شود در پژوهش حاضر به علت عدم معنی‌داری بین دو اندازهٔ ذرات در نگهداری رطوبت به‌نظر می‌رسد معنی‌دارنبودن سفتی بافت در ارتباط با اندازهٔ ذرات نیز به‌همین‌علت خواهد بود. درهمین‌ارتباط Afoakwa و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که عوامل مختلفی مثل ساختار شرایط تولید

www.SID.ir

و مشروط‌کردن و پلی‌مورفیسم بلورهای چربی نیز سفتی شکلات را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند بنابراین شاید بتوان تغییر سفتی نمونه‌ها را به شرایط تهیه و تولید نسبت داد (Franck, 2002). Shourideh و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کنندهٔ تاگاتوز[1] و فیبر رژیمی اینولین را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که نمونهٔ حاوی ۱۰۰ درصد اینولین میزان سختی کمتری نسبت به نمونهٔ شاهد داشت. علاوه‌بر این، محققین مختلف در بررسی اثر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های مختلف در تهیهٔ کیک اسفنجی نتایج مشابهی در بررسی آنالیز بافت مشاهده نمودند (Lee, Wang, & Lin, 2008). درخصوص کاهش سختی بافت، Raoufi، Tehrani، Farhoosh، Golmohammadzadeh (۲۰۱۲) 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.

پروفیل ذوب

همان‌طورکه در شکل (۳) 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 اندازهٔ ذرات ۲۰ میکرونی تا میزان ۳۰ درصد امولسیون مالتیتول دارای روند افزایشی بوده و در غلظت ۴۰ درصد تقریباً حالت خطی به خود گرفته است. دلیل این امر را می‌توان باتوجه‌به شکل (۴) مشاهده نمود که بیشترین دمای ابتدای ذوب در کل زمان‌های آزمایش متعلق به تیمار مالتیتول با غلظت ۳۰ درصد در اندازهٔ ذرات کوچک‌تر با دمای ۲۷/۲ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. درحالی‌که کمترین دما نیز متعلق به‌همین اندازهٔ 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 نمونهٔ شاهد افزایش یافته است. همچنین باتوجه‌به نمودار تغییرات آنتالپی مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان امولسیون در هر دو اندازهٔ ذرات میزان آنتالپی روند صعودی به خود گرفته و بیشترین میزان آن در نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد امولسیون مالتیتول می‌باشد.

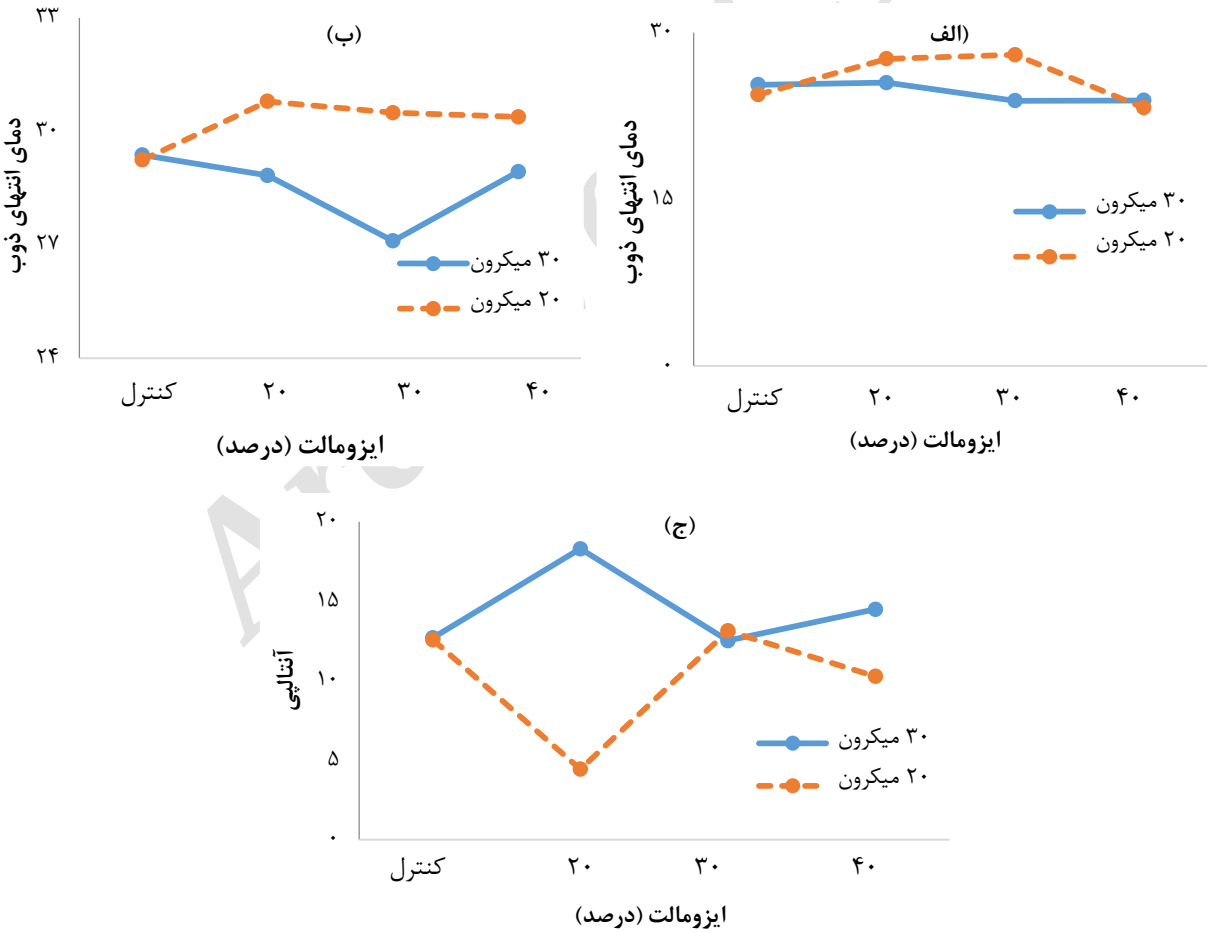


شکل ۳- روند خصوصیات ذوب‌شدنی پروفیل ذوب شکلات حاوی مالتیتول

[1] Tagatose

www.SID.ir

همان‌طورکه در شکل (۴) مشاهده می‌گردد در اندازهٔ ذرات بزرگ‌تر با افزایش میزان امولسیون ایزومالت تا ۳۰ درصد دمای ابتدای ذوب روند کاهشی داشته است. درحالی‌که در اندازهٔ ذرات کوچک‌تر با افزایش امولسیون ایزومالت تا ۳۰ درصد این دما افزایش یافته است. در غلظت ۴۰ درصد این روند معکوس‌شده و هر دو تقریباً به یک دما رسیده است. همچنین با مقایسهٔ دما انتهای ذوب در اندازهٔ ذرات بزرگ‌تر مشاهده گردید که با افزایش غلظت میزان دمای انتهای ذوب با کاهش روبه‌رو است. این کاهش در تیماری با ۳۰ درصد امولسیون ایزومالت محسوس‌تر از سایرین می‌باشد. علاوه‌بر این در مقایسهٔ آنتالپی در میان تمامی نمونه‌ها بیشترین و کمترین میزان آنتالپی متعلق به نمونهٔ ۱ در اندازهٔ ذرات کوچک‌تر می‌باشد. ساختار موجود در این شیرین‌کننده باعث افزایش ویسکوزیتهٔ شکلات می‌گردند و ممکن است این افزایش ویسکوزیته مسئول توانایی حفظ شکل شکلات در دماهای بالا باشد. احتمالاً پلی‌مرهای ذکرشده می‌توانند چربی را هم به‌دام بیاندازد و درنتیجه از نشت چربی نیز در دمای بالا جلوگیری کنند و یا اینکه امولسیفایر باعث تسهیل حرکت در فاز پیوستهٔ چربی می‌شود و باعث توزیع ذرات شده و از تشکیل آگلومره‌ها جلوگیری می‌کند و این می‌تواند روی نقطهٔ ذوب شکلات مؤثر باشد. یافته‌های حاصل از این پژوهش درخصوص شیرین‌کنندهٔ مالتیتول در هر دو اندازه و ایزومالت در اندازهٔ ذرات کوچک‌تر مشابه نتایج دیگر پژوهشگران بود (Kempf, 1958). ضمناً چنین به‌نظر می‌رسد که آب توسط ذرات خشک جذب و ذرات در حد کم متورم‌شده و پیوندهای درون‌ساختاری باعث ایجاد مقاومت در برابر نقطهٔ ذوب بالای کرهٔ کاکائو می‌شود.



شکل ۴- روند خصوصیات ذوب‌شدنی پروفیل ذوب شکلات حاوی ایزومالت در دو اندازهٔ مختلف ذرات

www.SID.ir

نتایج آنالیز حسی

جدول (۱) نتایج آنالیز واریانس تأثیر مالتیتول و ایزومالت را در ویژگی‌های حسی در مقایسه با نمونهٔ 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 ($P>۰/۰۵$). بررسی ویژگی‌های حسی به تنهایی نشان داد که رنگ نمونه‌های تیمارشده با پلی‌ال‌ها روشن‌تر از نمونهٔ کنترل می‌باشد بیشترین امتیاز به نمونهٔ کنترل با رنگ تیره‌تر نسبت داده شد و در مقایسهٔ 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 واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی شرکت نمی‌کنند و رنگ روشن‌تری را نسبت به نمونه‌های کنترل دارا می‌باشند. در بررسی خواص عطروطعم مشاهده شد که امتیازهای کسب‌شده در نمونه‌های حاوی مالتیتول ازنظر عطروطعم مشابه نمونه‌های کنترل بود. بررسی منابع نشان می‌دهد که مالتیتول شیرین‌کننده‌ای طبیعی با خواص ارگانولپتیک منحصربه‌فرد است. مالتیتول ازنظر طعم مشابه ساکارز بوده و حلالیت خوبی دارد، بنابراین مزیت‌های آن بیش از شیرین‌کننده‌های مصنوعی است و به‌طورکلی بر طعم غذا اثر ناخوشایندی ایجاد نمی‌کند (Dehkhoda, Khodaiyan email, & Movahed, 2015). ویژگی رفتار ذوب دهانی به‌علت افزایش نقطهٔ ذوب با افزودن پلی‌ال‌ها امتیاز کمتری نسبت به نمونه‌های کنترل داشت و مقایسهٔ مالتیتول با ایزومالت مطلوب‌بودن این ویژگی را در مالتیتول در تمامی غلظت‌ها نسبت به ایزومالت نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقایسهٔ میانگین‌ها بررسی تأثیر متغیرها بر ویژگی حسی شکلات

تیمار	رنگ	عطروطعم	رفتار ذوب دهانی	پذیرش کلی
مالتیتول				
کنترل	۴/۲۷±۰/۰۴^{a}	۴/۱۵±۰/۰۴^{a}	۴/۸۴±۰/۰۵^{a}	۴/۲۹±۰/۰۲^{a}
۲۰ درصد	۴/۱۱±۰/۰۱^{b}	۴/۰۷±۰/۰۲^{a}	۴/۲۵±۰/۰۴^{b}	۴/۱۷±۰/۰۳^{a}
۳۰ درصد	۴/۰۳± /۰۶^{c}	۴/۰۵±۰/۰۹^{a}	۳/۸۴±۰/۰۶^{c}	۴/۱۳±۰/۰۲^{a}
۴۰ درصد	۳/۷۷±۰/۰۵^{d}	۴/۰۱±۰/۰۱^{a}	۳/۴۴± /۰۵^{d}	۴/۲۲±۰/۰۲^{a}
ایزومالت				
کنترل	۴/۲۷±۰/۰۳۷^{a}	۴/۱۵±۰/۰۴^{a}	۴/۸۴±۰/۰۵^{a}	۴/۲۹±۰/۰۲^{a}
۲۰ درصد	۳/۴۵±۰/۰۵۵^{b}	۳/۵۰± /۰۶^{b}	۳/۸۰± /۰۳^{b}	۴/۱۷±۰/۰۳^{a}
۳۰ درصد	۳/۲۰± /۰۲۵^{c}	۳/۱۸±۰/۰۳^{c}	۳/۴۳±۰/۰۶^{c}	۴/۱۰±۰/۰۳^{a}
۴۰ درصد	۳/۰۷±۰/۰۵^{d}	۳/۰۳±۰/۰۲^{d}	۳/۰۰±۰/۰۲^{d}	۴/۰۸±۰/۰۴^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف غیرمعنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

افزودن امولسیون (ایزومالت و مالتیتول) به فرمولاسیون شکلات، سبب افزایش میزان درصد رطوبت در تمامی نمونه‌ها شدکه 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 ورزدادن 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، نمونهٔ حاوی ۴۰ درصد مالتیتول و ایزومالت داشت. درحالی‌که بیشترین میزان سختی در نمونهٔ شاهد مشاهده گردید. در تیمارهایی با اندازهٔ ذرات ۲۰ میکرون اختلاف سختی بافت محصول حاوی ۴۰ درصد قند الکلی با نمونهٔ شاهد در هر دو نوع فرمولاسیون قندی تفاوت معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). ولی در تیمارهایی با اندازهٔ ۳۰ میکرون این اختلاف معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). می‌توان بیان داشت که ترکیبات جاذب رطوبت به علت خاصیت جذب و حفظ رطوبت باعث کاهش سختی (تُردی) محصولات می‌گردند. به‌طورکلی ذرات کوچک‌تر نسبت به ذرات بزرگ‌تر باعث نرم‌شدن بیشتر محصول می‌گردند. استفاده از مالتیتول و ایزومالت در فرمولاسیون شکلات، موجب افزایش دمای

Archive of SID

www.SID.ir

ذوب می‌شود که جذب رطوبت، مهم‌ترین دلیل برای این مقاومت به دمای ذوب بوده است. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های حسی در نمونه‌های شکلات تولیدشده 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 معنی‌داربودن پذیرش کلی در نمونه‌های تیمارشده ازنظر عطروطعم بیشترین امتیاز متعلق به نمونهٔ حاوی مالتیتول و نمونه‌های کنترل بود و ازنظر رنگ نمونه‌های تیمارشده روشن‌تر از نمونه‌های کنترل بودند. به‌طورکلی باتوجه‌به 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.

منابع

Afoakwa, E. O. (2010). *Chocolate Science and Technology* (Vol. 1sd 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 Hheat 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. 6,010,735. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Giddey, C., & Dove, G. (1984). U.S. Patent No. 4,446,166. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Cereal and cereal products-Determination of moisture measure Cintent-Reference method. [ISIRI Standard No, 2705]. Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=46619

Kempf, N. W. (1958). U.S. Patent No. 2,863,772. 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) .

Archive of SID

www.SID.ir

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: Production technology of candy, Production technology of chocolate. first edition* (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. (in Persian). doi:https://doi.org/10.22067/ifstrj.v10i2.37969

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. 2,457,110. 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. 7,579,031. 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. 5,232,734. 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 .

Archive of SID

www.SID.ir

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

Abdolali Esmali[1], Narmella Asefi[2*], Samira Yeganehzad[3]

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

Archive of SID

www.SID.ir