www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹٤، جلد ٤، شماره ۲، صفحات ۱۸۲-۱۷۳

JRIFST

تأثیر جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا بر خصوصیات شیمیایی، بافتی، توزیع اندازه ذرات و اندیس سفیدی فراورده شکلاتی

سمیرا یگانه زاد[۱]، مصطفی مظاهری تهرانی[۲]، زهره براتیان قرقی[۳*]

۱- استادیار گروه فرآوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*نویسنده مسئول(zbg_82@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۰

واژه‌های کلیدی
آرد کامل سویا
اندیس‌سفیدی
فرآورده شکلاتی

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر جایگزین کردن پودر شیر با آرد کامل سویا بر خصوصیات شیمیایی، بافتی، توزیع اندازه ذرات و اندیس سفیدی فرآورده شکلاتی بود. تیمارهای آزمایش شامل دو زمان آسیاب کردن ۱۰۵ و ۱۳۵ دقیقه و جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا در چهار سطح (صفر، ۳۳/۳۳، ۶۶/۶۶ و ۱۰۰ درصد) بود. بعد از تولید نمونه‌ها، مقادیر رطوبت، خاکستر، pH، اندازه ذرات، سختی و اندیس سفیدی نمونه‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد با جایگزینی آرد کامل سویا به جای پودر شیر، رطوبت کلیه نمونه‌ها کمتر از ۱/۵ درصد، خاکستر در محدوده ۱/۵۹ تا ۱/۷۱ درصد و pH در محدوده ۷/۵۹ تا ۷/۷۶ قرار گرفت. با جایگزینی آرد کامل سویا، اندازه ذرات افزایش یافت و با افزایش جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا در هر دو زمان آسیاب کردن، سختی نمونه‌های شکلات افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). به طور کلی با افزایش مدت زمان نگهداری، اندیس سفیدی نمونه‌ها در تمامی سطوح جایگزینی و هر دو زمان آسیاب‌کردن افزایش یافت.

مقدمه

آرد کامل سویا محصولی پروتئینی با حداقل فرآوری در بین سایر فراورده‌های پروتئینی سویاست که به دلیل فواید تغذیه‌ای، قیمت پایین و خصوصیات عملکردی مطلوب در صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته است. برخی از خواص عملکردی پروتئین‌های سویا شامل خصوصیت امولسیفایری، تشکیل ژل، جذب و نگهداری آب و چربی، کنترل رنگ و بافت است (Riaz, 2006; Zarić *et al*., 2011). برخی از خواص تغذیه‌ای سویا شامل میزان بالای پروتئین و لیزین و دارا بودن اسیدهای آمینه مورد نیاز برای رشد کودکان می‌باشد (Riaz, 2006). آرد کامل سویا همچنین دارای فسفولیپیدها، ایزوفلاوون‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است. در دنیای امروز نیز بالارفتن آگاهی مصرف‌کنندگان از خواص تغذیه‌ای و سلامتی-بخشی پروتئین‌های گیاهی موجب تمایل بیشتر به مصرف و جایگزین شدن آنها با پروتئین-های حیوانی شده است (Senayah, 1993).

ترکیبات فرمولاسیون و اندازه ذرات از عوامل مؤثر بر سختی نمونه‌های شکلات هستند. با تغییر اندازه ذرات در شکلات می‌توان محصولاتی با فرمولاسیون یکسان و با طعم و بافت متفاوت تولید کرد. اندازه ذرات تأثیر مهمی بر خواص رئولوژیکی، بافتی و حسی شکلات دارد (Beckett, 2000). شکوفه چربی بنا به

Archive of SID
www.SID.ir

دلایلی از جمله ترکیب چربی-های مورد استفاده، شرایط نگهداری و فرایند بوجود می‌آید (Liang & Hartel, 2004).

Selamat و همکاران (۱۹۹۷) اثر ایزوله پروتئینی سویا را بر کیفیت شکلات طی نگهداری آن بررسی کردند. Pandey و Singh (۲۰۱۱) آرد کامل سویا را جایگزین پودر شیرکامل کردند و خواص فیزیکو-شیمیایی شکلات تولیدی را طی زمان مورد بررسی قرار دادند. Zarić و همکاران (۲۰۱۱) آرد کامل سویا را جایگزین پودر شیر کردند و از آسیاب ساچمه‌ای برای تولید نمونه‌های شکلات (حاوی کره کاکائو) استفاده کردند. در داخل کشور نیز با وجود انجام برخی تحقیقات در خصوص تولید شکلات با قندهای جایگزین (شوریده و همکاران، ۱۳۹۰) و جایگزین‌های چربی (طایفه اشرفیه و همکاران، ۱۳۹۳)، تحقیقات محدودی در خصوص استفاده از آرد سویا در فرمولاسیون فرآورده شکلاتی گزارش شده است (Yeganehzad *et al.*, 2013).

استفاده از منابع پروتئینی مناسب و جایگزینی آنها با پودر شیر ضمن افزایش کیفیت تغذیه‌ای شکلات و اعطای ویژگی‌های عملکردی خاص، باعث کاهش قیمت آن و نیز تولید محصولی مناسب برای گیاه‌خواران می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا و زمان آسیاب-کردن بر برخی خواص فیزیکوشیمیایی شکلات تولید شده با چربی جایگزین کره‌کاکائو (فرآورده‌شکلاتی) در طی زمان نگهداری بود.

مواد و روش‌ها

کلیه مواد لازم برای تولید شکلات مدل شامل پودر کاکائو (۱۲ درصد چربی) تولید شرکت Guan Chong cocoa manufacture SDN. BHD. (مالزی)، روغن هسته پالم هیدروژنه تولید شرکت Yee Lee Corporation BHD. (مالزی) به عنوان چربی جایگزین کره کاکائو، لستین سویا تولید شرکت کیمیا سازان (تهران، ایران) و پودر شیر بدون چربی تولید شرکت گلشاد (مشهد، ایران) و پودر شکر تولید شرکت سهامی قند و شکر ایران، با مساعدت شرکت توس ارژن (مشهد، ایران) تهیه شد. آرد کامل سویا با مشخصات ۲۲/۰۸ درصد چربی و ۳۹/۲۸ درصد پروتئین، ۴/۰۴ درصد فیبر و ۵/۵ درصد خاکستر از شرکت توس سویان (مشهد، ایران) تهیه شد. لازم به ذکر است که در ادامه برای سهولت بیشتر به جای واژه فراورده شکلاتی از همان اصطلاح شکلات استفاده خواهد شد.

فرمول پایه تولید شکلات شیری شامل روغن هسته پالم هیدروژنه (۳۱/۵ درصد)، پودر کاکائو (۶ درصد)، شکر (۴۷ درصد)، پودر شیر بدون چربی (۱۵ درصد) و لستین (۰/۵ درصد) به عنوان فرمولاسیون پایه در نظر گرفته شد. آرد کامل سویا در ۴ سطح جایگزین پودر شیر شد. با جایگزینی آرد کامل سویا، به میزان روغن سویا موجود در آرد کامل سویا از میزان روغن هسته پالم مورد استفاده کاسته شد تا میزان چربی کل ثابت بماند. با توجه به این که هدف، بررسی اثرات جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا و زمان آسیاب‌کردن (اندازه ذرات) در نمونه‌های تولیدی بود، تمامی نمونه‌ها به مدت ۱۰۵ و ۱۳۵ دقیقه آسیاب شده و در مجموع ۸ فرمول تهیه شد.

روش تهیه شکلات به این صورت بود که ابتدا تمامی مواد اولیه تولید شکلات (شامل پودر کاکائو، پودر شیر بدون چربی، شکر آسیاب شده، آرد کامل سویا، روغن هسته پالم و لستین) پس از توزین، در دستگاه آسیاب ساچمه‌ای نیمه صنعتی ساخت شرکت سپهر ماشین (تهران، ایران) ریخته شد و عمل مخلوط‌کردن، آسیاب و کاهش اندازه ذرات و کنچ کردن به طور همزمان در این دستگاه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۰۰ دور بر دقیقه همراه با عمل سیرکوله‌شدن صورت پذیرفت. نمونه‌های شکلات پس از طی مدت زمان لازم تخلیه و بخشی از هر فرمول تولیدی در قالب‌هایی از جنس پلی‌کربنات ریخته شدند و سپس به مدت ۳۰ دقیقه جهت خنک شدن در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از طی دوره سرد شدن از قالب خارج و در ظروف پلاستیکی در دمای محیط تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند. بخشی دیگر از هر فرمول تولیدی جهت انجام سایر مراحل در ظروف پلاستیکی در بسته ریخته شده و در دمای یخچال تا انجام مرحله بعد نگهداری شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

کلیه آزمایش‌ها به جز اندیس سفیدی در قالب طرح دو فاکتوره کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل زمان آسیاب-کردن در دو سطح ۱۰۵ و ۱۳۵ دقیقه و میزان جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا در ۴ سطح صفر، ۳۳/۳۳، ۶۶/۶۶ و ۱۰۰ درصد بود. اندیس-سفیدی در قالب طرح سه فاکتوره کاملا" تصادفی بررسی شد. تیمارها شامل زمان آسیاب‌کردن و میزان جایگزینی آرد کامل سویا مطابق بالا و زمان نگهداری در ۵ سطح صفر، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۸، با روش مدل خطی عمومی و univariate ANOVA انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح $\alpha=0/05$ صورت پذیرفت. کلیه آزمون‌ها در حداقل ۲ تکرار انجام شد و انحراف معیار و میانگین تکرارها گزارش شد.

ویژگی‌های شیمیایی

رطوبت

رطوبت از عوامل مهم برکیفیت شکلات است. از آن جایی که رطوبت پیوند شده تأثیری بر خواص جریانی شکلات ندارد لذا نیازی به اندازه‌گیری آن احساس نمی‌شود (Beckett, 2000). از این رو با استفاده از آون تنها رطوبت آزاد موجود در شکلات مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تعیین رطوبت و خاکستر مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۸، pH مطابق استاندارد ملی ایران شماره 383 صورت گرفت.

سختی

سختی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سنجش بافت Q.T.S، (Farnell، امریکا)، که متصل به کامپیوتر دارای نرم‌افزار Texture ProTM و یک پروب استیل ته صاف به قطر ۵ میلی‌متر بود اندازه‌گیری شد. حداکثر نیروی نفوذ به نمونه با ابعاد ۴۵×۲۰×۱۰ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۵ میلی‌متر در دمای اتاق تعیین گردید. نیروی بارگذاری روی عدد ۰/۰۵ نیوتن تنظیم و جهت نمونه در مورد تمام نمونه‌ها ثابت نگه داشته شد. دمای اندازه‌گیری، دمای محیط بود. سختی عبارت است از ماکزیمم نیروی پیک بر حسب نیوتن (Guinard & Mazzucchelli, 1999).

توزیع اندازه ذارت

توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش انکسار نور لیزر با کمک دستگاه آنالیز اندازه ذرات (Shimadzu, Sald 2101، ژاپن) تعیین شد (McFarlane, 1999). قبل از آنالیز، نمونه‌های شکلات در حلال استون حل شده و تحت امواج فراصوت، ۵۰ هرتز و۲۰۰ وات، به مدت ۵ دقیقه به شدت همزده شدند (امواج فراصوت با شدت کم، باعث انتشار مطلوب اجزا می‌شود). نمونه‌ها پس از آماده‌سازی اولیه به محفظه لیزر منتقل شدند. از نتایج بدست‌آمده از دستگاه، پارامترهای بزرگ‌ترین اندازه ذره (D_{90})، اندازه میانگین ذره (D_{50}) وکوچک‌ترین اندازه ذره (D_{10}) در مقیاس میکرومتر استخراج و گزارش شد (Alamprese *et al*., 2007).

اندیس‌سفیدی

مقادیر اندیس‌سفیدی بر اساس روش تصویرگیری تعیین گردید. برای تصویرگیری از اتاقکی که دیواره-های آن با پارچه مشکی پوشیده بود، استفاده شد تا بازتاب نور در فضا ایجاد نشود و از ایجاد نوسان در تصویرگیری جلوگیری به عمل آید. برای ایجاد نور از دو لامپ فلوئورسنت استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon مدل EOS10000 ساخت کشور ژاپن متصل با پورت USB به رایانه انجام گرفت. دوربین در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از نمونه‌ها و موازی با آنها قرار داشت. تصویرگیری با نرم افزار ZoomBrowser EX 5 انجام گرفت. تصویرگیری در حالت M (غیراتوماتیک یا دستی) دوربین انجام شد. در این حالت امکان تنظیم سرعت شاتر و پارامترهای Iso Velosity و Aperture AV وجود دارد. Iso velocity برابر با ۲۰۰، Aperture AV برابر با F/7/1 و سرعت شاتر ۸۰/۱ تنظیم شده بود. از نمونه‌ها تصاویری در ابعاد۵۰۰*۵۰۰ پیکسل و با وضوح ۱۸۰ dpi گرفته شد و با فرمت JPEG و در فضای رنگی RGB ذخیره شد. برای پردازش تصاویر از نرم‌افزار Image J و با تغییر فضای رنگی از RGB به L*a* b* استفاده شد. در مجموع اندیس‌سفیدی بر اساس پارامترهای L*، b*، a* برای تمام نمونه‌ها طبق معادله

Archive of SID

www.SID.ir

۱ محاسبه شد (Briones & Aguilera, 2005). تصویرگیری در سه تکرار و در فواصل ۴۵ روزه تا روز ۱۸۰ انجام گرفت.

معادله (۱)

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^{*2}) + (b^{*2})]^{0.5}$$

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی

میزان رطوبت کلیه نمونه‌ها در محدوده ۱/۰۱ تا ۱/۱۱ درصد بود. رطوبت کلیه نمونه‌ها در محدوده قابل قبول برای شکلات (زیر یک و نیم درصد) قرار داشت. اختلاف معنی‌داری بین رطوبت نمونه‌ها تا سطح ۶۶/۶۶ درصد جایگزینی مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). از آنجا که رطوبت بالا در شکلات نامطلوب است، کاهش رطوبت یک ویژگی مطلوب به شمار می‌آید. در کلیه نمونه‌ها رطوبت کمتر از حد بحرانی ۱/۵ درصد بود که رطوبت کمتر از ۱/۵ درصد از نظر شرایط فرایندی تأثیری بر ویژگی نمونه‌های تولیدی ندارد (Beckett, 2000). خاکستر کلیه نمونه‌ها در محدوده ۱/۵۹ تا ۱/۷۱ درصد قرار داشت که با افزایش آرد سویا به دلیل بالارفتن میزان مواد معدنی، خاکستر نمونه‌ها افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). pH نمونه‌ها در محدوده ۷/۵۹ تا ۷/۷۶ بود و نمونه‌های حاوی آرد سویا pH بیشتری داشتند ($P<۰/۰۵$). با توجه به این که در کلیه نمونه‌ها pH در محدوده خنثی قرار داشت، pH نیز مشابه رطوبت، تأثیر معنی‌داری از نظر فرایندی بر ویژگی نمونه‌های تولیدی ندارد. با افزایش زمان آسیاب کردن اختلاف معنی‌داری بین رطوبت، خاکستر و pH نمونه‌ها مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). جدول ۱، مقادیر رطوبت، خاکستر و pH نمونه‌های شکلات را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار رطوبت، خاکستر و pH نمونه‌های شکلات

شناسه نمونه	سطح جایگزینی (درصد)	زمان آسیاب کردن (دقیقه)	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	pH
Ch11	۰	۱۰۵	۱/۰۵±۰/۰۱ ^{a*}	۱/۵۹±۰/۱۷ ^{d}	۷/۵۹±۰/۳۲ ^{d}
Ch21	۳۳/۳۳	۱۰۵	۱/۰۶±۰/۰۱ ^{a}	۱/۶۴±۰/۱۷ ^{c}	۷/۶۲±۰/۳۱ ^{c}
Ch31	۶۶/۶۶	۱۰۵	۱/۰۵±۰/۰۱ ^{a}	۱/۶۷±۰/۱۷ ^{b}	۷/۶۹±۰/۳۰ ^{b}
Ch41	۱۰۰	۱۰۵	۱/۰۱±۰/۰۱ ^{b}	۱/۷۱±۰/۱۷ ^{a}	۷/۷۶±۰/۳۲ ^{a}
Ch12	۰	۱۳۵	۱/۰۶±۰/۰۱ ^{a}	۱/۵۹±۰/۱۷ ^{d}	۷/۵۸±۰/۳۱ ^{d}
Ch22	۳۳/۳۳	۱۳۵	۱/۰۵±۰/۰۱ ^{a}	۱/۶۳±۰/۱۷ ^{c}	۷/۶۱±۰/۳۱ ^{c}
Ch32	۶۶/۶۶	۱۳۵	۱/۰۵±۰/۰۱ ^{a}	۱/۶۷±۰/۱۷ ^{b}	۷/۷۰±۰/۳۲ ^{b}
Ch42	۱۰۰	۱۳۵	۱/۰۱±۰/۰۱ ^{b}	۱/۷۱±۰/۱۷ ^{a}	۷/۷۵±۰/۳۳ ^{a}

*اعداد با حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار با هم دارند.

سختی

نتایج مربوط به سختی نمونه‌های شکلات در جدول ۲، نشان داده شده است. سختی نمونه‌ها در محدوده ۵۰۱۰ تا ۷۲۱۰ گرم بود که نتایج بدست آمده برای سختی با محدوده گزارش شده در منابع مطابق است (Beckett, 2000). در تمام سطوح جایگزینی، میزان سختی با افزایش زمان آسیاب کردن و کاهش اندازه ذرات، افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). این امر به دلیل اثر برهمکنش بیشتر بین ذرات شکلات در اثر کاهش اندازه ذرات می‌باشد که مقاومت شکلات را به شکستن افزایش و آن را سخت‌تر می‌کند (Afoakwa *et al.*, 2009). در نتایج مشابهی، Afoakwa و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که با کاهش اندازه ذرات از ۵۰ میکرون به ۱۸ میکرون سختی نمونه‌های شکلات افزایش پیدا کرد. Do و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که با انتخاب یک دامنه خاص از اندازه ذرات می‌توان میزان سختی نمونه‌های شکلات را کاهش و یا کنترل کرد. با افزایش جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا از صفر تا صد درصد در هر دو زمان آسیاب کردن، سختی نمونه‌های شکلات

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). در نتایج مشابهی Pandey و Singh (۲۰۱۱) گزارش کردند که با جایگزین کردن پودر شیر با آرد سویا از ۲۰ تا ۱۰۰ درصد، سختی نمونه‌های شکلات افزایش یافت. Selamat و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش نمودند که با جایگزین کردن ایزوله پروتئینی سویا با پودر شیر، سختی نمونه‌های شکلات افزایش یافت. Hutton و Campbell (۱۹۸۱) علت این پدیده را جذب روغن توسط آرد سویا در طی فرآیند گزارش کردند ولی به نظر می‌رسد علت اصلی، تشکیل شبکه پروتئینی از پروتئین‌های آرد سویا و افزایش استحکام نمونه‌ها بر اثر تشکیل این شبکه باشد. هر چند که این شبکه با جذب روغن، نقش بیشتری در افزایش استحکام ایفا می‌کند. Zaric و همکاران (۲۰۱۱) با تولید نمونه‌های حاوی آرد کامل سویا (جایگزین پودر شیر)، گزارش کردند که افزایش یا کاهش سختی نمونه‌ها با اضافه کردن آرد کامل سویا به شرایط دمایی تمپرینگ بستگی دارد، بدین‌معنی که افزایش آرد سویا همیشه موجب سختی نمونه‌ها نمی‌شود و شرایط تمپرینگ با تغییر میزان چربی جامد بر سختی نمونه تأثیر زیادی دارد. Beckett (۲۰۰۹) نیز گزارش نمود که عوامل متعددی نظیر فرمولاسیون، نحوه تولید، نحوه تمپرینگ، پلی‌مورفیسم و دمای سردکردن، تعیین کننده سختی نهایی نمونه‌های شکلات است. بنابراین می توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به عدم نیاز به تمپرینگ، ثابت بودن دمای سردکردن نمونه‌ها و دمای انجام آزمون، با افزایش آرد کامل سویا سختی نمونه‌ها افزایش می‌یابد ولی بررسی دقیق‌تر رابطه آرد کامل سویا و سختی در شرایط دمایی مختلف نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد. همچنین از افزایش سختی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در شرایط آزمایش، مخلوط روغن سویا و CBS دارای اثر یوتکتیک[1] نبودند. سختی ارتباط مستقیمی با خواص حسی طی مصرف دارد و اندازه‌گیری پارامتر سختی شاخص مهمی برای ارزیابی تغییرات کیفی شکلات با فرمولاسیون‌های مختلف است (Beckett, 2009).

توزیع اندازه ذارت

نتایج مربوط به پارامترهای D_{10}، D_{50} و D_{90} نمونه‌ها در جدول ۲، نشان داده شده است. مقادیر D_{90} در محدوده ۱۲/۱۱ تا ۲۱/۴۴، مقادیر D_{50} در محدوده ۴/۳۱ تا ۶/۶۰ و D_{10} بین ۱/۱ تا ۱/۶۰ میکرون قرار گرفتند. Beckett (۲۰۰۹) گزارش کرد که اندازه بزرگ‌ترین ذره یک پارامتر کلیدی برای تولید شکلات است و نقش مهمی در میزان سختی و سایر ویژگی-های شکلات دارد. در صورتی که مقادیر D_{90} کمتر از ۲۳ میکرومتر باشد، اندازه ذرات مطلوب ارزیابی می-شود. اندازه ذرات بالاتر از این مقدار باعث احساس دهانی نامطلوب در دهان می‌شود (Beckett, 1994). در این پژوهش اندازه ذرات کلیه نمونه‌ها کمتر از ۲۳ میکرومتر بود. جایگزین شدن پودر شیر با آرد کامل سویا باعث افزایش در همه پارامترهای توزیع اندازه ذرات شد ($P<۰/۰۵$)، یعنی نمونه حاوی بیشترین مقدار آرد سویا بالاترین مقدار D_{10}، D_{50} و D_{90} را دارا بود. علت این امر میزان چربی آزاد کمتر (CBS) در نمونه‌های حاوی آرد کامل سویا بود. لازم به ذکر است که روغن محاسبه شده در آرد کامل سویا به تدریج طی فرایند آسیاب‌کردن رها می‌شود. در نتایج مشابهی Bolenz و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که با اعمال شرایط و زمان یکسان آسیاب‌کردن، نمونه‌های شکلات تولید شده با پودر شیر و میزان چربی "آزاد" اولیه بالاتر، به طور قابل ملاحظه‌ای ذرات کوچک‌تری از نمونه‌های تولید شده با پودر شیرهای حاوی همان میزان چربی "محصور" داشتند. این نتیجه بیانگر این است که میزان چربی آزاد طی عمل آسیاب‌کردن تأثیر مستقیمی بر توزیع اندازه ذرات دارد. با افزایش زمان آسیاب‌کردن، کلیه پارامترهای مربوط به توزیع اندازه ذرات در نمونه‌های شکلات به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$).

1-Eutectic effect: یعنی مخلوط دو روغن نقطه ذوب پایین تری از هریک از آن دو داشته باشند

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار توزیع اندازه ذرات و مقادیر سختی نمونه‌ها

شناسه	سطح	زمان آسیاب	D_{10} (μm)**	D_{50} (μm)**	D_{90} (μm)**	سختی (گرم)
Ch11	۰	۱۰۵	۱/۲۱±۰/۰۲ d	۵/۱۰±۰/۱۲ d	۱۴/۷۷±۰/۳۹ a	۵۰۱۰±۳۵
Ch21	۳۳/۳۳	۱۰۵	۱/۳۲±۰/۰۳ c	۵/۲۰±۰/۱۵ c	۱۴/۹۵±۰/۳۹ b	۵۶۰۰±۴۳
Ch31	۶۶/۶۶	۱۰۵	۱/۴۵±۰/۰۴ b	۵/۹۰±۰/۱۱ b	۱۷/۵۵±۰/۳۷ c	۶۲۰۰±۳۹
Ch41	۱۰۰	۱۰۵	۱/۶۰±۰/۰۴ a	۶/۶۰±۰/۱۱ a	۲۱/۴۴±۰/۴۱ c	۶۹۵۰±۴۲
Ch12	۰	۱۳۵	۱/۱۰±۰/۰۱۱ e	۴/۳۱±۰/۱۵ g	۱۲/۱۱±۰/۳۷ g	۵۳۵۰±۱۰ g
Ch22	۳۳/۳۳	۱۳۵	۱/۲۲±۰/۰۲ d	۴/۶۲±۰/۱۸ f	۱۳/۵±۰/۳۹ f	۵۸۹۰±۲۵ e
Ch32	۶۶/۶۶	۱۳۵	۱/۳۰±۰/۰۳ c	۴/۸۳±۰/۱۵ e	۱۴/۰۰±۰/۳۸ e	۶۶۰۰±۳۵ c
Ch42	۱۰۰	۱۳۵	۱/۴۵±۰/۰۴ b	۵/۳۰±۰/۱۵ c	۱۴/۹۶±۰/۳۹ c	۷۲۱۰±۳۲ a

*اعداد با حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار با هم دارند.

** D_{10}، D_{50} و D_{90} به این معنی است که به ترتیب ۱۰ درصد، ۵۰ درصد و ۹۰ درصد ذرات کوچک‌تر از این اندازه هستند.

اندیس سفیدی

میانگین و انحراف معیار مقادیر اندیس‌سفیدی نمونه-های شکلات طی ۱۸۰ روز نگهداری (با فواصل ۴۵ روزه) در جدول ۳، نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد در روز اول اندیس‌سفیدی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری ندارد ($P>۰/۰۵$) ولی با افزایش سطح جایگزینی آرد کامل سویا در هر یک از زمان‌های نگهداری و هر دو زمان آسیاب‌کردن (۱۰۵ و ۱۳۵ دقیقه)، میزان شکوفه چربی افزایش پیدا کرد و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد کامل سویا با دارا بودن اندیس سفیدی معادل ۲۰/۹۱ بیشترین میزان را به خود اختصاص داد ($P<۰/۰۵$). به‌طورکلی با افزایش زمان نگهداری، اندیس سفیدی نمونه‌ها در همه سطوح جایگزینی و هر دو زمان آسیاب‌کردن افزایش یافت. به نظر می‌رسد علت بروز شکوفه چربی در نمونه‌های تولیدی حاوی آرد کامل سویا به دو دلیل باشد: ۱- مهاجرت روغن موجود در آرد سویا به سطح و تغییر کریستالیزاسیون آن با افزایش زمان نگهداری ۲- تغییر کریستالیزاسیون CBS در سطح با افزایش زمان نگهداری. اما در نمونه‌های بدون آرد کامل سویا علت فقط تغییر کریستالیزاسیون CBS در سطح شکلات با گذشت زمان می‌باشد (Liang & Hartel, 2004).

در کلیه زمان‌های نگهداری، میزان اندیس سفیدی در زمان آسیاب‌کردن ۱۰۵ دقیقه در کلیه نمونه‌ها به جز نمونه بدون آرد سویا بیشتر از زمان آسیاب‌کردن ۱۳۵ دقیقه بود. علت این است که سرعت مهاجرت چربی به سطح در نمونه‌های با زمان آسیاب کمتر به علت بزرگ‌تر بودن اندازه ذرات و فاصله بین‌مولکولی بیشتر، بالاتر است. Afoakwa و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه ذرات از ۱۸ به ۵۰ میکرون سرعت تشکیل شکوفه چربی افزایش می‌یابد. آنها علت این پدیده را اعمال نیروهای هیدرودینامیکی بر کریستال‌های ناپایدار چربی مایع و حرکت مویین چربی‌ها از فواصل و منافذ بین ذرات به سطح شکلات عنوان کردند و نتیجه گرفتند هرچه اندازه ذرات و به تبع آن منافذ و فواصل بین‌مولکولی بزرگ‌تر باشد، سرعت حرکت چربی به سطح و شکوفه چربی بیشتر خواهد بود. به نظر می‌رسد در خصوص نمونه‌های بدون آرد سویا با وجود این که منافذ موجود در نمونه‌های آسیاب شده در زمان ۱۳۵ دقیقه کوچک‌تر از منافذ موجود در نمونه‌های آسیاب شده در زمان ۱۰۵ دقیقه هستند ولی به دلیل عدم حضور روغن سویا، مکانیسم تشکیل شکوفه چربی فقط به دلیل تغییر کریستالیزاسیون CBS در سطح بوده و اندازه ذرات تأثیر نداشته است.

بر خلاف نتایج این پژوهش، Altimiras و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که سرعت تشکیل شکوفه چربی در شکلات‌های با اندازه ذرات کوچک‌تر بیشتر است و علت آن را حرکت براوونی و نیروی بین ذره‌ای ذرات عنوان کردند. این در حالی است که Genovese و همکاران (۲۰۰۷) عنوان کردند که ۳ نوع نیرو در تعلیق‌های غذایی وجود دارند، هیدرودینامیکی،

Archive of SID

www.SID.ir

کلوئیدی و براوونی که بزرگی نسبی هر یک به اندازه ذرات نمونه‌ها بستگی دارد. حرکت براوونی در تعلیق-های یک نانومتر تا ۱۰ میکرومتر و نیروی هیدرودینامیکی در تعلیق‌های با اندازه ۱۰ تا ۱۰۰ میکرومتر برتری دارند. بنابراین در محصولی مانند شکلات با اندازه ذرات بالاتر از ۱۰ میکرون، حرکت براوونی و نیروی بین ذره‌ای در مقایسه با نیروی هیدرودینامیکی قابل اغماض است. پژوهش‌های محدودی در خصوص توسعه شکوفه چربی در شکلات‌های حاوی CBS صورت گرفته است. Wang و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که اضافه‌کردن کره کاکائو و چربی شیر به شکلات حاوی چربی لوریک (CBS) سرعت تشکیل شکوفه چربی را افزایش ولی مخلوط آنها سرعت تشکیل شکوفه چربی را کاهش می‌دهد.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار مقادیر مربوط به اندیس سفیدی نمونه‌های شکلات طی ۱۸۰ روز نگهداری (فواصل ۴۵ روزه)

شناسه نمونه	سطح جایگزینی(درصد)	زمان آسیاب کردن	روز اول	روز۴۵	روز۹۰	روز۱۳۵	روز ۱۸۰
Ch11	۰	۱۰۵	۱۷/۳۱± ۰/۲۱^{w*}	۱۷/۴۶± ۰/۱۲^{v}	۱۷/۸۲± ۰/۱۵^{s}	۱۸/۴۶± ۰/۱۶^{q}	۱۸/۹± ۰/۱۸^{m}
Ch21	۳۳/۳۳	۱۰۵	۱۷/۳۲± ۰/۲۱^{w}	۱۷/۹۲± ۰/۱۶^{r}	۱۸/۸۹± ۰/۱۸^{m}	۱۹/۶۳± ۰/۱۶^{i}	۱۹/۸± ۰/۱۹^{g}
Ch31	۶۶/۶۶	۱۰۵	۱۷/۳۲± ۰/۲۱^{w}	۱۸/۶۵± ۰/۱۸^{o}	۱۸/۹۲± ۰/۱۸^{m}	۱۹/۷± ۰/۲۱^{h}	۲۰/۱± ۰/۱۵^{e}
Ch41	۱۰۰	۱۰۵	۱۷/۳۳± ۰/۲۱^{w}	۱۸/۹۲± ۰/۱۹^{m}	۲۰/۲۹± ۰/۱۵^{d}	۲۰/۸۳± ۰/۲۱^{b}	۲۰/۹۱± ۰/۱۹^{a}
Ch12	۰	۱۳۵	۱۷/۳۲± ۰/۲۲^{w}	۱۷/۵۵± ۰/۳۱^{u}	۱۸/۴۶± ۰/۲۱^{q}	۱۹/۵۱± ۰/۲۱^{j}	۱۹/۹± ۰/۱۵^{f}
Ch22	۳۳/۳۳	۱۳۵	۱۷/۳۲± ۰/۲۱^{w}	۱۷/۶۹± ۰/۱۴^{t}	۱۸/۵۱± ۰/۲۴^{p}	۱۹/۱۳± ۰/۲۳^{l}	۱۹/۵± ۰/۳۲^{j}
Ch32	۶۶/۶۶	۱۳۵	۱۷/۳۱± ۰/۲۱^{w}	۱۸/۵۶± ۰/۱۱^{p}	۱۸/۸۰± ۰/۲۱^{n}	۱۹/۳± ۰/۳۱^{k}	۱۹/۸± ۰/۳۱^{g}
Ch42	۱۰۰	۱۳۵	۱۷/۳۱± ۰/۲۲^{w}	۱۸/۸۰± ۰/۳۱^{n}	۱۹/۹۱± ۰/۳۲^{f}	۲۰/۵۶± ۰/۲۳^{c}	۲۰/۸± ۰/۳۱^{b}

* اعداد با حروف متفاوت در جدول اختلاف معنی‌داری باهم دارند.

نتیجه‌گیری

۱- با جایگزینی پودر شیر با آرد کامل سویا، به طور کلی اندازه ذرات و سختی افزایش یافت.

۲- با افزایش زمان آسیاب‌کردن از ۱۰۵ به ۱۳۵ دقیقه اندازه ذرات کاهش و سختی افزایش پیدا کرد.

۳- در کلیه سطوح جایگزینی و در هر دو زمان آسیاب‌کردن، نگهداری نمونه‌ها تا ۱۸۰ روز باعث افزایش اندیس سفیدی در نمونه‌ها شد.

۴- در کلیه زمان‌های نگهداری، با افزایش سطوح جایگزینی آرد کامل سویا اندیس سفیدی نمونه‌ها افزایش یافت.

۵- در کلیه زمان‌های نگهداری، با افزایش زمان آسیاب‌کردن از ۱۰۵ به ۱۳۵ دقیقه اندیس سفیدی به جز در نمونه‌های بدون آرد کامل سویا کاهش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- شوریده، م. تسلیمی، ا. عزیزی، م.ح. و محمدی فر، م.ا. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر D- تاگاتوز و اینولین بعنوان جایگزین ساکارز بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی شکلات شیری. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۲۹: ۱۱۳-۱۲۵.

۲- طایفه اشرفیه، ن. عزیزی، م.ح. تسلیمی، ا. محمدی فر، م.ا. شوریده، م. و محمدی، م. ۱۳۹۳. تأثیر کلاژن هیدرولیز شده به عنوان جایگزین بخشی از کره کاکائو بر ویژگی‌های رئولوژیک و حسی شکلات شیری. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۴۲: ۱۴۱-۱۵۳.

3- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. Journal of Food Engineering, 87: 181–190.

4- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. 2009. Fat bloom development and structure appearance relationships during storage of under-tempered dark chocolates. Journal of Food Engineering, 91: 571–581.

5- Alamprese, C., Datei, L., & Semeraro, Q. 2007. Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate. Journal of Food Engineering, 83: 629–636.

6- Altimiras, P., Pyle, L., & Bouchon, P. 2007. Structure–fat migration relationships mechanisms. Journal of Food Engineering, 80: 600–610.

7- Beckett, S. 1994. Control of particle size reduction during chocolate grinding. The Manufacturing Confectioner, 74: 90–97.

8- Beckett, S.T. 2000. The Science of chocolate, 1st ed., Royal Society of Chemistry, chapter 9: 173-176.

9- Beckett, S.T. 2009. Industrial chocolate manufacture and use, 4th ed., Blackwell Publishing Ltd.Guinard J. X., and Mazzucchelli R., 1999. Effects of sugar and fat on the sensory properties of milk chocolate: descriptive analysis and instrumental measurements. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 1331-9.

10- Bolenz, M.K., Murray, C.A. & O'Kennedy, B.T. 2003. Effects of selected properties of ultrafiltered spray-dried milk powders on some properties of chocolate. International Dairy Journal, 13: 719–726.

11- Briones, V., & Aguilera, J.M. 2005. Image analysis of changes in surface color of chocolate. Food Research International, 38: 87-94.

12- Do, T., Vieira, J., Hargreaves, M., Wolf, J., & Mitchel, R. 2007. Impact of particle size distribution on rheological and textural properties of chocolate models with reduced fat content. Journal of Food Science, 72: 541-552.

13- Genovese, D.B., Lozano, J.E., Rao, M.A. 2007. The rheology of colloidal and noncolloidal food dispersions. Journal of Food Science, 72: R11–R20.

14- Guinard, J.X., & Mazzucchelli, R., 1999. Effects of sugar and fat on the sensory properties of milk chocolate: descriptive analysis and instrumental measurements. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 1331-1339.

15- Hutton, C.W., & Campbell, A.M. 1981. Water and fat absorption. In Protein functionality in Foods, (J.P.Cherry, ed.) American Chemical Society, Washington. D.C.

Archive of SID

www.SID.ir

16- Liang, B., & Hartel, W. 2004. Effects of milk powders in milk chocolate. Journal of Dairy Science, 87: 30–31.

17- McFarlane, I. 1999. Instrumentation In S. T. Beckett (Ed.), Industrial chocolate manufacture and use (3rd ed.). Oxford: Blackwell Science.

18- Pandey, A., & Singh, G. 2011. Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. Journal of Food Science and Technology, 48: 76–82.

19- Riaz, M. 2006. Soy application in food. CRC press, p:67-78.

20- Selamat, J., Hussin, N., Mohdzain, A., & Cheman, B. 1997. Effects of soy protein isolates on quality of chocolates during storage. Journal of Food Processing and Preservation, 22: 185-197.

21- Senayah, M.A.K. 1993. Production and evaluation of vegetable (imitation) milk from groundnuts and melon seeds (egushie). BSc. Project Report, Department of Nutrition and Food Science, University of Ghana.

22- Wang, F., Liu, Y., Shan, l., Jin, Q., Meng, Z., & Wang, X. 2010. Effect of fat composition on texture and bloom of lauric compound chocolate. European Journal of Lipid Science and Technology, 112: 1270–1276.

23- Yeganezad, S., Mazaheri-Tehrani, M., Mohebbi, M., Habibi Najafi, M. B., & Baratian, Z. 2013. Effects of replacing skim milk powder with soy flour and ball mill refining time on particle size and rheological properties of compound chocolate. Journal of Agricultural Science and Technology, 15: 125-135.

24- Zarić, D., Pajin, B., Rakin, M., Šereš, Z., Dokić, L., & Tomić, J. 2011. Effects of soya milk on nutritive, antioxidative, rheological and textural proprties of chocolates produced in a ball mill. Hem Industry, 65: 563–57.

Archive of SID

www.SID.ir

Impact of the replacement of milk powder by soy flour on chemical properties, texture, particle size distribution and whiteness index of chocolate product

Samira Yeganehzad [1], Mostafa Mazaheri Tehrani [2], Zohreh Baratian Ghorghi [3]

1- Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
*Corresponding author (zbg_82@yahoo.com)
2- Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- MSc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of replacing milk powder with soy flour on the chemical characteristics, texture, particle size distribution and whiteness index of chocolate products. Treatments consisted of two refining times (105 and 135 min) and replacement of milk powder with soy flour at four levels (zero, 33.33, 66.66 and 100%). Results showed that by replacing milk powder with soy flour, moisture content of samples placed below 1.5%, ash and pH values ranged between 1.59 to 1.71% and 7.59 to 7.67, respectively. Particle size and hardness of samples significantly increased with the increase of the replacement level in both refining times, (P <0.05). Generally, extending storage time increased the whiteness index of samples in all replacement levels and both refining times.

Keywords: Chocolate products, Soy flour, Whiteness index

Archive of SID

www.SID.ir