بررسی تأثیر آمونیوم فسفاتید و لسیتین بر بهبود ویژگی‌های کیفی و ظاهری شکلات سفید

وحیده محرابی[a]، مهرداد قوامی[b*]، مریم قراچورلو[c]

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[c] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۷
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.18.4.3.3

چکیده

مقدمه: شکلات یکی از پرمصرف‌ترین تنقلات در جهان است. در این مطالعه کیفیت شکلات سفید و فرآیند قهوه‌ای شدن و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این محصول مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: اثر امولسیفایرهای متداول مانند لسیتین با دوزهای مختلف و امولسیفایر YN (آمونیوم فسفاتیدها) در انواع مختلف در شکلات سفید مقایسه و ارزیابی شد. نمونه ها تحت تجزیه و تحلیل شیمیایی مربوط به محتوای کل چربی، خاکستر نامحلول در اسید، اسیدیته و اندیس صابونی، ترکیب اسیدهای چرب، آزمایش پایداری اکسیداتیو و تجزیه و تحلیل حسی با توجه به استاندارد ملی قرار گرفتند.

یافته‌ها: استفاده از غلظت‌های مختلف لسیتین تجاری تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های کیفی شکلات سفید نداشت، در حالی که استفاده از مقادیر ۰/۴ و ۰/۵ از امولسیفایر YN در زمان تولید و ۹۰ روز پس از تولید پایداری و کیفیت رنگ را بطور قابل توجهی افزایش داد. شاخص رنگ زرد (b^*) در شکلات سفید حاوی امولسیفایر YN به میزان قابل توجهی کاهش یافت، شاخص روشنایی (L^*) در مقایسه با شاهد به طور مطلوبی افزایش یافت و کیفیت پس از تولید حفظ شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از امولسیفایر YN ویژگی‌های کیفی شکلات سفید را بهبود بخشیده و خاصیت سینرژیستی و پایداری اکسیداتیو محصول را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *آمونیوم فسفاتید (YN)، بهبود کیفیت بافت، بهبود کیفیت رنگ، خاصیت سینرژیستی، شکلات سفید، لستین تجاری*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mehrad_ghavami@yahoo.com

مقدمه

شکلات یکی از رایج ترین محصولات غذایی فانتزی در جهان است و نوعی سیستم کلوئیدی است که در آن فاز مایع را کره کاکائو و فاز پراکنده را پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهند و به علت داشتن سه ماده کافئین، تئوبرومین و فیتل استیل آمین موجب احساس شعف بخشی می‌گردد. انواع شکلات عبارتند از: شکلات ساده، شیری، سفید و تلخ. شکلات سفید به دلیل شیرین‌تر و چرب‌تر بودن محبوبیت بیشتری دارد. اجزای تشکیل دهنده شکلات سفید شامل شکر، کره کاکائو، شیر خشک، لسیتین و وانیلین می‌باشد (Wells, 1999). اولین مرحله تولید شکلات، مخلوط نمودن بخشی از مواد نظیر لیکور کاکائو، شکر و بخشی از کره کاکائو می‌باشد. دومین مرحله آسیاب کردن است که جهت ایجاد بافت نرم خمیر شکلات حائز اهمیت می‌باشد. سومین مرحله کونچینگ است که به جهت بهبود طعم و بافت محصول انجام می‌شود. در حین انجام فرایند مواد فرار طی مخلوط کردن مواد به صورت مکانیکی خارج می‌شود و سیالیت بهبود می‌یابد. آخرین و مهم‌ترین مرحله تمپرینگ است که در آن پروسه دمایی و مکانیکی جهت تشکیل کریستال‌های بتا ۵ در کره کاکائو صورت می‌گیرد. چنانچه فرآیند تمپرینگ به طور صحیح انجام شود، پایداری مطلوب شکلات را در طول زمان نگهداری تضمین می‌کند (Beckett, 2008). یکی از اصلی ترین مشکلات کیفی شکلات سفید پدیده قهوه‌ای شدن است که عمر مفید شکلات سفید را محدود می‌کند. واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (NEB)[1] مسئول مشکل قهوه ای شدن در شکلات سفید است. با توجه به انتظار مصرف‌کنندگان که شکلات سفید دارای رنگی سفید باشد، وجود رنگ زرد تیره و یا حتی رنگ قهوه‌ای، نامطلوب است (Vercet, 2003). بویژه در محصولاتی با بسته‌بندی شفاف که باعث ایجاد مشکلات ظاهری و کیفی می شود و مورد پسند مصرف کننده قرار نمی‌گیرد (Sacchetti *et al.*, 2016).

امروزه امولسیفایرهایی در صنعت غذا و در انواع شکلات استفاده می شود. به کارگیری امولسیفایرهایی نظیر لسیتین و آمونیوم فسفاتید (YN) جایگاه خاصی در صنعت شکلات سازی دارد. اهداف استفاده از آن در محصولات غذایی شامل کاهش محتوای انرژی فراورده، ایجاد یک بافت مناسب، تغییر در ساختار، تغییر خصوصیات تکنولوژیکی و حسی در شکلات می‌باشد (Rivas *et al.*, 2016). لسیتین (E322) به عنوان امولسیفایر طبیعی برای اولین بار در قرن نوزدهم کشف شد. سویا، آفتابگردان و کلزا از مهم‌ترین منابع گیاهی و از شایع‌ترین منابع لسیتین است و علاوه بر اینکه باعث کاهش ویسکوزیته مخلوط پودر کاکائو، شکر و کره کاکائو می‌شود، فرایند کونچینگ (Conching) را نیز بهبود می‌دهد. با توجه به اینکه قیمت چربی (کره کاکائو) چند برابر سایر اجزای شکلات می‌باشد در این صورت قیمت شکلات بالاتر خواهد رفت. بنابراین می‌توان گفت دستیابی به ویسکوزیته بهینه در کمترین حد مجاز چربی مطلوب‌تر است. امولسیفایر آمونیوم فسفاتید مخلوطی از نمک‌های آمونیوم فسفاتیدیک اسید استخراج شده از روغن کلزا است. این ماده از نظر ساختاری شبیه فسفاتیدیل کولین در لستین است و همان خواص را دارا است. به علاوه مصرف کره کاکائو را کاهش می‌دهد. افزودن YN به شکلات مانند لسیتین باعث کاهش ویسکوزیته پلاستیک می‌شود و همچنین قابلیت حمل، قالب‌زنی و پوشش‌دهی را افزایش می‌دهد. این ماده می‌تواند در جذب لیکور کاکائو در فرآیند ساخت شکلات بهتر از لسیتین عمل کند (Norn, 2014). حد مجاز استفاده از آمونیوم فسفاتید در اتحادیه اروپا بیشتر از ۱ درصد گزارش شده است (Talbot, 2009). این امولسیفایر در فرم‌های استرهای خنثی شده آمونیای فسفری مونو و دی گلیسرید وجود دارد و اولین بار بیش از ۵۰ سال پیش در کارخانه شکلات سازی Cadbury انگلیسی ساخته شد.

هدف از این پژوهش یافتن جایگزین مناسب برای لسیتین سویا می‌باشد تا از بروز مشکلات مرتبط با لسیتین از جمله بد طعمی جلوگیری شود. از مزایا و معایب استفاده از امولسیفایر YN می‌توان به خاصیت سینرژیستی و امولسیفایری مناسب اشاره کرد که باعث افزایش زمان ماندگاری شکلات می‌شود، همچنین به دلیل کاهش مصرف محصولات ترایخته، استفاده از آن می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای لستین باشد و از معایب آن

[1] Non Enzymatic Browning

می‌توان به عدم خاصیت آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد (Ghavami, 1982).

Ghavami در سال ۱۹۸۲به بررسی فسفولیپیدهای تقویت کننده خاصیت سینرژیستی نظیر (PC) و (YN) پرداخته است. فسفاتیدیل کولین (PC) به علت دارا بودن گروه آمینی منجر به اکسید شدن روغن در حرارت بالا و واکنش با آلدهیدها می‌شود و نیز به علت وجود درصد بالای چربی باعث واکنش قهوه‌ای شدن می‌شود و عمر شکلات کاهش پیدا می‌کند.

Rossini و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی تغییر رنگ شکلات سفید در طول ذخیره‌سازی پرداخته است و آن را تحت تاثیر اکسیداسیون لیپید و واکنش‌های قهوه‌ای غیر آنزیمی دانسته‌اند.

از این رو هدف از این تحقیق بهبود کیفیت و رنگ شکلات سفید و رفع پدیده قهوه‌ای شدن توام با حفظ شاخص‌های کیفی و فیزیکوشیمیایی بوده است. در این راستا به بررسی تاثیر امولسیفایر متداولی نظیر لسیتین و آمونیوم فسفاتید و خاصیت سینرژیستی آمونیوم فسفاتید در کنار لسیتین بر کیفیت، بافت و خصوصیات ظاهری شکلات سفید پرداخته شد.

مواد و روش ها

- مواد

تشکر از شرکت هگمتانه همدان، شیرخشک از شرکت مانگا و کره کاکائو از شرکت اُلم (هلند) خریداری شد. نمک و وانیلین نیز به عنوان طعم‌دهنده از شرکت گل‌ها و آرومسا (ترکیه) تهیه گردید. و لسیتین به عنوان امولسیفایر از شرکت لسیکو (آلمان) و آمونیوم فسفاتید (YN) از شرکت ورولک (آرژانتین) تهیه گردید.

- مراحل تهیه شکلات سفید

ابتدا اندازه ذرات شکر طی فرایند آسیاب کاهش داده شد و روغن کره کاکائو به صورت مذاب و قابل استفاده در دستگاه ریفاینر غلطکی در آمد. سپس ترکیبی از کلیه اجزای فرمولاسیون به جز بخشی از روغن کره کاکائو و امولسیفایر در داخل همزن قبل از دستگاه ریفاینر به مدت ۱۵ الی ۳۰ دقیقه مخلوط و عمل‌آوری شد. خمیر بدست آمده از نظر ویسکوزیته می‌بایست میکرون و قوام مناسب داشته باشد. بعد از عبور خمیر شکلات از بین غلطک‌های دستگاه والس اندازه و شکل ذرات وابسته به نوع شکلات (شکلات سفید) به میزان مورد نظر (۲۵ الی ۳۰ میکرون) رسید. در مرحله *کونچینگ* (Conching) در طی ۱۰ الی ۱۲ ساعت، با همزدن مکانیکی و برخورد مواد با دیواره دستگاه، رطوبت و مواد فرار نامطلوب خارج شده و سیالیت بهبود یافت. در این مرحله بخش دوم فرمولاسیون شامل کره کاکائو، امولسیفایر و بقیه اجزا افزوده شد. سپس کنترل مواد حاصله با حفظ شرایط دمایی به داخل مخازن دو جداره انتقال یافت. مواد داخل مخازن از طریق لوله‌ها به سالن قالب‌ریزی جهت انجام فرایند تمپرینگ انتقال یافت و ۴ مرحله تمپرینگ انجام شد و پس از خروج شکلات از دستگاه تمپر با حذف شرایط و دمای بدست آمده به داخل قالب‌ها تزریق شد و در نهایت به داخل سردخانه منتقل شد. طی مدت ۱ روز در دمای ۱۰ الی ۱۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت در این مرحله پروسه دمایی، مکانیکی و نیز فرایند کریستاله و دِکریستاله شدن جهت تشکیل کریستال‌های بتا ۵ در کره کاکائو صورت گرفت سپس شکلات از سردخانه خارج شد و بسته‌بندی اولیه و ثانویه و کارتن‌زنی صورت گرفت (Beckett, 2011)، در این پژوهش شکلات حاوی امولسیفایر لسیتین (با درصد ۰/۵) به‌عنوان نمونه شاهد انتخاب شد زیرا بهترین حالت عملکردی و اپتیمم مقدار امولسیفایر که در همه انواع شکلات متداول بوده مقدار ۰/۵ درصد است، امولسیفایر لسیتین (با ۰/۴ و ۰/۷ درصد) به عنوان نمونه اول و سوم و مقادیر امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (۰/۵ و ۰/۴ و ۰/۷ درصد) به عنوان نمونه‌های چهارم، پنجم و ششم انتخاب شد و امولسیفایر آمونیوم فسفاتید با لسیتین به نسبت برابر (۰/۲۵ به ۰/۲۵) به‌عنوان نمونه هفتم جهت ارزیابی خاصیت سینرژیستی در نظر گرفته شد.

آزمایشات شیمیایی نظیر چربی کل، در صد خاکستر نامحلول در اسید، اندیس یدی، پراکسید، اندیس صابونی، ترکیب اسیدهای چرب، درصد پایداری اکسیداتیو در آزمایشگاه انجام شد و آزمون‌های رنگ‌سنجی و بافت‌سنجی و ویژگی‌های ارگانولپتیکی (در بدو تولید و پس از دوره ۹۰ روز) بر روی شکلات سفید انجام شد.

- اندازه‌گیری خاکستر کل و خاکستر نامحلول در اسید

این آزمایش طبق استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۸ انجام شد (Anon, 2016).

- اندازه‌گیری چربی کل به روش هضم و سوکسله

این آزمایش طبق روش استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۸ انجام شد (Anon, 2016).

- اندیس یدی

تعیین عدد یدی طبق روش Ghavami و همکاران (۲۰۰۸) از روی ترکیب اسیدهای چرب نمونه روغن محاسبه شد.

- عدد پراکسید

عدد پراکسید بعد از استخراج چربی از نمونه شکلات سفید مطابق روش AOCS Cd 8-23 عدد پراکسید برحسب میلی اکی والان برای ۱۰۰۰ گرم ماده چرب محاسبه گردید (AOCS, 1996)

- تعیین ترکیب اسید چرب

جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده، از طریق استری کردن داخلی براساس روش Ghavami و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از کاتالیست قلیایی سدیم متوکساید ($NaOCH_3$) و دستگاه GC مجهز به ستون موئی CP Sill 88 و آشکار کننده FID با طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر، دمای راه‌اندازی ستون ۱۹۸ درجه سانتی‌گراد و فشار سر ستون ۲۹/۵ PSI صورت گرفت.

- اندیس صابونی

عدد صابونی از طریق ترکیب اسیدهای چرب طبق روش Ghavami و همکاران (۲۰۰۸) مورد سنجش قرار گرفت.

(معادله ۱)

$$S.V.= \frac{3 \times 56.1 \times 1000}{[(mmw_t \times 3) + 92.09] - (3 \times 18)}$$

که، mmw_t مجموع وزن ملکولی اسیدهای چرب در نمونه، 56.1 وزن ملکولی هیدروکسید پتاسیم، 92.09 وزن ملکولی گلیسرول است.

- آزمون آنالیز بافت TPA

آزمون سنجش بافت توسط دستگاه Brookfield Engineering Lab Inc مدل CT3 ساخت کشور امریکا انجام شد. شکلات سفید با ابعاد طول ۳۴ میلی‌متر، عرض ۳۴ میلی‌متر و ارتفاع ۳/۸ میلی متر و سرعت حرکت پروب ۱ میلی‌متر بر ثانیه، پیش سرعت حرکت پروب ۰/۱ میلی‌متر بر ثانیه انجام شد است (Trinh *et al.*, 2010).

نوع پروب استوانه‌ای با کد TA36 و نوع پایه TA-BT-KI ساخت کشور انگلستان و load cell دستگاه ۴۵۰۰ گرمی بود و در منحنی نهایی محور افقی بیانگر زمان و محور عمودی بیانگر نیرو بود و منحنی خروجی دستگاه ویژگی های همچون میزان سختی نمونه (نیروی لازم برای اولین مرحله تراکم نمونه) میزان درجه نرم شدن یا تغییر شکل سفتی بافت (نیروی لازم برای تغییر شکل یا دفرمیشن) بررسی شد (Ali *et al.*, 2001).

- اندازه‌گیری رنگ

جهت بررسی رنگ نمونه‌های شکلات از دستگاه رنگ‌سنج هانتر لب Farbmessgerat Colorette 4 ساخت شرکت PROBAT استفاده شد. در سیستم هانتر محور رنگی L نشان دهنده روشنایی، محور رنگی a نشان دهنده قرمزی–سبزی و محور رنگی b نشان دهنده زردی–آبی است. تفاوت کل رنگ از طریق معادله ۲ محاسبه گردید (Koca *et al.*, 2009; Alves *et al.*, 2008).

$$\Delta E=\sqrt{(L-lstd)^2+(a-a_{std})^2+(b-b_{std})^2} \quad \text{(معادله ۲)}$$

- اندازه‌گیری پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده

اندازه‌گیری پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده با دستگاه Rancimat مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۳۴ انجام شد (Anon, 1995).

- ارزیابی حسی

نمونه‌ها از نظر خواص حسی توسط ارزیاب‌های آموزش دیده (۱۰ نفر) و با استفاده از روش هدونیک بررسی شد. ارزیابی حسی از نظر خصوصیات طعم، رنگ، بافت سنجیده شد و امتیازها از ۱ تا ۵ بر اساس روش نمره‌دهی هدونیک صورت گرفت، به طوری که امتیاز ۵ برای بهترین حالت و

امتیاز ۱ برای بدترین آن درنظر گرفته شد. (Mirarab Razi, 2014).

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بهینه‌سازی فرمولاسیون نمونه‌های شکلات، داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق آزمایشات در ۲ بازه زمانی (بلافاصله پس از تولید و ۹۰ روزه) در ۷ نمونه انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. ارزیابی داده‌های آزمون حسی با استفاده از آزمون فریدمن انجام شد.

یافته‌ها

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر میزان خاکستر نامحلول در اسید شکلات سفید

نتایج بدست آمده از میزان خاکستر نامحلول در تیمارهای شکلات سفید در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان خاکستر نامحلول در اسید، در زمان بلافاصله پس از تولید تفاوت معنی‌داری بین هیچ یک از نمونه‌ها مشاهده نشد ($P\geq$۰/۰۵). نتایج میزان خاکستر نامحلول در اسید در روز ۹۰ برای همه نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P \geq$۰/۰۵).

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر اسیدیته

نتایج بدست‌آمده از اندازه‌گیری میزان اسیدیته در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج آماری نشان می‌دهد که در زمان بلافاصله بعد از تولید و نمونه‌های روز ۹۰، میزان اسیدیته در تیمارهای ۱، ۴، ۷ و تیمار شماره ۲ (نمونه شاهد)، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P\geq$۰/۰۵). در حالی‌که در مورد نتایج نمونه‌های ۳ ، ۵ و ۶ در مقایسه با نمونه شاهد و دیگر نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P<$۰/۰۵). نمونه شماره ۵ در مقایسه با تمامی نمونه‌ها دارای اختلاف معناداری بود.

جدول۱- خاکستر نامحلول در اسید شکلات سفید (٪)

Table 1. Acid insoluble ash of white chocolate (%)

Sample	Type and amount of emulsifier	Day 0	Day 90
1	lecithin 0.4	0.073 ± 0.003^{ab}	0.081 ± 0.003^{ab}
2	Lecithin 0.5	0.067 ± 0.002^{ab}	0.072 ± 0.001^{ab}
3	lecithin 0.7	0.053 ± 0.002^{a}	0.051 ± 0.001^{a}
4	YN 0.4	0.022 ± 0.004^{a}	0.020 ± 0.001^{a}
5	YN 0.5	0.035 ± 0.004^{a}	0.033 ± 0.001^{a}
6	YN 0.7	0.045 ± 0.229^{a}	0.042 ± 0.002^{a}
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	0.037 ± 0.002^{a}	0.039 ± 0.001^{a}

Different letters within a column indicate significant different (P <0.05)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<$۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است.

جدول ۲- میزان اسیدیته شکلات سفید

Table 2. Acidity of white chocolate

Sample	Type and amount of emulsifier	Day 0	Day 90
1	lecithin 0.4	1.365 ± 0.003^{cd}	1.358 ± 0.003^{cd}
2	Lecithin 0.5	1.330 ± 0.002^{cd}	1.329 ± 0.003^{cd}
3	lecithin 0.7	1.888 ± 0.060^{ab}	1.887 ± 0.059^{ab}
4	YN 0.4	1.362 ± 0.003^{cd}	1.369 ± 0.004^{d}
5	YN 0.5	1.488 ± 0.003^{e}	1.498 ± 0.003^{e}
6	YN 0.7	1.151 ± 0.060^{a}	1.229 ± 0.004^{b}
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	1.300 ± 0.062^{cd}	1.298 ± 0.060^{c}

Different letters within a column indicate significant different (P <0.05)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<$۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است.

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر اندیس یدی روغن استخراجی

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری شاخص اندیس یدی روغن استخراجی در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

در زمان بلافاصله بعد از تولید و همچنین بعد از ۹۰ روز کم‌ترین میزان شاخص اندیس یدی مربوط به تیمار شماره ۵ بود که در آن جایگزینی ۰/۵ درصد امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN)با امولسیفایر متداول لسیتین تجاری صورت گرفته است و بیشترین میزان اندیس یدی مربوط به نمونه شماره ۱ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر لسیتین تجاری استفاده شده است، گزارش گردید. میزان شاخص اندیس یدی با تغییر در نوع امولسیفایر تغییر نخواهد کرد هدف از انجام این آزمون نشان دادن مقادیر در محدوده‌ی استاندارد بوده است.

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر میزان پراکسید روغن استخراجی

جدول ۴ نشان‌دهنده عدد پراکسید در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه است. نمونه شماره ۴ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر (YN) استفاده شده بود به جهت پایین‌تر بودن مقدار پراکسید نسبت به دیگر نمونه‌ها مطلوب‌تر بوده است.

نتایج آماری نشان داد که در زمان بلافاصله بعد از تولید، تیمار شماره ۱، ۴، ۵، ۶ و ۷، در مقایسه با نمونه شاهد (تیمار شماره ۲) تفاوت معنی‌دار داشت($P<۰/۰۵$). این در حالیست که بین نمونه‌های شماره ۱ و ۵ در مقایسه با دیگر نمونه‌ها به ویژه نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) تفاوت معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و نیز مشاهده شد که بین نمونه‌های شماره ۲ و ۳ اختلاف معناداری وجود نداشت ولیکن این دو نمونه (نمونه شماره ۲ به عنوان شاهد و تیمار شماره ۳) با دیگر نمونه ها تفاوتی معنادار داشت ($P<۰/۰۵$). تنها نمونه شماره ۴ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر (YN) استفاده شده بود با دیگر نمونه‌ها اختلاف کاهشی معناداری داشت ($P<۰/۰۵$). نهایتاً بین نمونه‌های شماره‌ی ۶ و ۷ نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P\geq۰/۰۵$) در زمان ۹۰ روز پس از تولید مشاهده شد که در بین نمونه‌های شماره‌ی ۱ و۲ و ۴ و ۶ اختلاف معناداری وجود نداشت ($P\geq۰/۰۵$). بطور کلی نمونه‌های شماره ۱ و ۴ و ۶ با نمونه‌های ۳ و ۵ بیشترین تفاوت معنی‌دار را نشان دادند ($P<۰/۰۵$).

جدول ۳- اندیس یدی روغن استخراجی شکلات سفید

Table 3. Iodine value of white chocolate

Sample	Type and amount of emulsifier	Day 0	Day 90
1	lecithin 0.4	42.13 ± 0.01^{h}	42.12 ± 0.016^{h}
2	Lecithin* 0.5	39.9 ± 0.005^{b}	39.93 ± 0.019^{c}
3	lecithin 0.7	41.5 ± 0.007^{g}	42.52 ± 0.004^{g}
4	YN 0.4	40.91 ± 0.015^{f}	40.91 ± 0.025^{f}
5	YN 0.5	39.84 ± 0.004^{a}	39.84 ± 0.009^{a}
6	YN 0.7	40.63 ± 0.02^{e}	40.64 ± 0.035^{e}
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	40.53 ± 0.005^{d}	40.53 ± 0.011^{d}

Different letters within a column indicate significant different ($P < 0.05$)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف است.

جدول٤- اندیس پراکسید روغن استخراجی شکلات سفید(mEq/Kg)

Table 4. Peroxide value of white chocolate (m Eq / kg)

Sample	Type and amount of emulsifier	Day 0	Day 90
1	lecithin 0.4	1.088 ± 0.003^{b}	1.126 ± 0.003^{def}
2	Lecithin* 0.5	1.144 ± 0.005^{gh}	1.132 ± 0.003^{efg}
3	lecithin 0.7	1.145 ± 0.004^{h}	1.141 ± 0.003^{gh}
4	YN 0.4	1.047 ± 0.021^{a}	1.122 ± 0.003^{def}
5	YN 0.5	1.094 ± 0.004^{b}	1.144 ± 0.004^{gh}
6	YN 0.7	1.107 ± 0.004^{c}	1.128 ± 0.003^{def}
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	1.117 ± 0.003^{cd}	1.137 ± 0.004^{fgh}

Different letters within a column indicate significant different ($P < 0.05$)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف است.

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر میزان چربی کل شکلات سفید

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری شاخص چربی کل در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. نوع امولسیفایر در کاهش میزان چربی کل موثر است و نمونه شماره ۴ که در آن از۰/۴ درصد امولسیفایر YN استفاده شد به جهت پایین‌تر بودن مقدار چربی کل نسبت به دیگر نمونه‌ها مطلوب‌تر بوده است.

نتایج آماری نشان داد که در زمان بلافاصله بعد از تولید بین نمونه شاهد و نمونه‌های شماره ۱، ۳، ۴ و ۶ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵). همچنین در بین نتایج شاخص چربی کل تیمارهای ۱، ۳، ۴و ۶ در مقایسه با دیگر نمونه‌ها و نیز نمونه شاهد (نمونه شماره ۲)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). در این میان در بین نمونه‌های شماره‌ی ۳ و ۶ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). و همچنین نتایج به دست آمده در روز ۹۰ از نظر معنا دارای نتایج مشابه روز صفر بوده است.

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده شکلات سفید

نتایج به‌دست آمده از ترکیب اسیدهای چرب در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۶ آورده شده است.

- اندیس یدی و اندیس صابونی روغن کره کاکائو استخراج شده از شکلات سفید

مقدار اندیس یدی و اندیس صابونی روغن استخراج شده از شکلات سفید که به روش محاسباتی از روی ترکیب اسیدهای چرب بدست آمد به ترتیب ۳۶/۴۶ و ۱۹۴/۲ (mg KOH/g of oil) می‌باشد.

جدول ۵- چربی کل روغن استخراجی شکلات سفید (٪)

Table 5. Fat content of white chocolate (%)

Sample	Type and amount of emulsifier	Day 0	Day 90
1	lecithin 0.4	44.07 ± 0.035 ^{c}	43.99 ± 0.081 ^{ab}
2	Lecithin* 0.5	44.21 ± 0.015 ^{d}	44.18 ± 0.025 ^{d}
3	lecithin 0.7	44.50 ± 0.02 ^{ef}	44.46 ± 0.025 ^{ef}
4	YN 0.4	44.01 ± 0.031 ^{ab}	44.05 ± 0.01 ^{bc}
5	YN 0.5	44.19 ± 0.01 ^{d}	44.21 ± 0.012 ^{d}
6	YN 0.7	44.53 ± 0.02 ^{f}	44.51 ± 0.021 ^{ef}
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	44.22 ± 0.036 ^{d}	44.22 ± 0.025 ^{d}

Different letters within a column indicate significant different (P <0.05)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است.

جدول ٦ - ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده شکلات سفید

Table 6. Fatty acid composition of white chocolate

Fatty acid composition	(%)
Palmitic acid	26.0
Palmitoleic	0.3
Stearic acid	34.5
Oleic acid	34.5
Linoleic acid	3.2
Arachidic acid	1.0
Others	0.5
Sum of saturated Fatty acids	61.5
Sum of monounsaturated Fatty acids	34.8
Sum of polyunsaturated Fatty acids	3.2

- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پایداری اکسیداتیو

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پایداری اکسیداتیو[1] روغن کره کاکائوی استخراج شده در دم C ° ۱۱۰ در دو نمونه از تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۷ آورده شده است. اندازه‌گیری میزان پایداری اکسیداتیو نشان دهنده زمان پایداری حرارتی روغن کره کاکائو می باشد که روغن کره کاکائوی خالص، به عنوان نمونه کنترل و مخلوط امولسیفایرها با کره کاکائو در قیاس با نمونه کنترل قرار گرفت.اندازه گیری میزان پایداری اکسیداتیو که با دستگاه رنسیمت در درجه حرارت °C ۱۱۰ انجام شد، در نمونه کنترل که بدون افزایش امولسیفایر (لسیتین تجاری و آمونیوم فسفاتید) صورت گرفت و معادل با ۵۷/۶۴ ساعت گزارش شد.از نظر میزان پایداری اکسیداتیو در نمونه شماره ۲ که در آن از ۰/۵ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده بود، نسبت به نمونه شماره ۱ (نمونه کره کاکائو استخراج شده بدون امولسیفایر) تفاوت قابل ملاحظه ای داشت بطوریکه مدت زمان پایداری اکسیداتیو بطور نامطلوبی به ۳۰/۳۷ ساعت کاهش یافت. همچنین نمونه شماره ۲ نسبت به نمونه شماره ۵ که در آن از ۰/۵ درصد امولسیفایر YN استفاده شده بود نیز به طور چشم گیری اختلاف معنا داری داشت و میزان پایداری در نمونه شماره ۲ نسبت به شماره ۵ بطور مطلوبی به میزانی نزدیک به نصف کاهش داشته است.

زمان پایداری اکسیداتیو با بکارگیری امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) در نمونه شماره ۵ معادل با ۵۹/۵۳ ساعت بوده است که در واقع این مقدار نزدیک به دو برابر نسبت به نمونه حاوی امولسیفایر لسیتین (نمونه شماره ۲) بطور بسیار مطلوبی افزایش داشته است.

جدول۷ - پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده از شکلات سفید

Table 8. Oxidative stability of oil extracted from white chocolate

Selected Samples	Oxidative stability at 110 °C (h)
Cocoa butter (control)	57.46
Cocoa butter + 0.5% lecithin (Sample No. 2)	30.37
Cocoa butter + 0.5% YN (Sample No. 5)	59.53

تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر سفتی بافت (Hardness) شکلات سفید

شکل ۱ نشان دهنده نتایج سفتی بافت در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه است. نمونه شماره ۴ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر YN استفاده شده در حفظ ثبات شاخص سفتی بافت بهترین نتیجه را حاصل کرده زیرا علاوه بر نداشتن اختلاف معنی‌دار در هر دو بازه زمانی (P≥۰/۰۵)، جزء تیمارهایی بوده که در هردو بازه زمانی با نمونه شاهد همخوانی داشته (P≥۰/۰۵) و حتی در راستای بهبود حفظ کیفیت بافتی از نمونه شاهد نیز پیشی گرفته است.

در این تحقیق مشاهده شد که در بین نتایج شاخص سفتی بافت در زمان بلافاصله بعد از تولید، نمونه‌های شماره ۱، ۴، ۵، ۶ و ۷ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵). در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲)، نمونه شماره ۳ که در آن از ۰/۷ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده، ضمن عدم وجود اختلاف معنی‌دار، از نظر سختی بافت به نمونه شاهد نزدیک‌تر بوده است (P≥۰/۰۵) و در مقایسه با شاهد (نمونه شماره ۲) ،اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵).

به نظر می‌رسد که میزان افزایش شاخص سفتی بافت بصورت مطلوب‌تری در نمونه‌های شکلات سفید به ترتیب مربوط به شماره‌های ۵، ۴ و ۶ بوده است که در آنها از مقادیر ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۷ درصد جایگزینی امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) استفاده شده است و به طور کلی نمونه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ که در آن‌ها از امولسیفایر لسیتین تجاری استفاده شده است دارای بافت نرم‌تری بوده است.

در زمان ۹۰ روز پس از تولید، در بین نتایج شاخص سفتی بافت تیمارهای ۱، ۴، ۵ و ۶ در مقایسه با شاهد (نمونه شماره ۲) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵). در حالیکه در مورد نتایج نمونه‌های ۳ و ۷ در مقایسه با (نمونه شماره ۲) تفاوت معنی دار شاخص سفتی بافت وجود داشت (P<۰/۰۵). و نیز در مورد نتایج نمونه‌های ۳ و ۷، در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی‌دار شاخص سفتی بافت پس از بازه زمانی ۹۰ روز وجود داشت (P<۰/۰۵). در حالیکه تیمار شماره ۳ با نمونه‌های شماره ۲

[1] Induction period

(نمونه شاهد) و ۴ دارای اختلاف معنی‌داری بوده است (P<۰/۰۵).

- تاثیر فاکتور مورد بررسی بر تغییر شکل در سختی بافت شکلات سفید:

شکل ۲ نشان دهنده نتایج تغییر شکل در سختی بافت در تیمارهای شکلات سفید است. در این تحقیق مشاهده شد که در بین نتایج شاخص تغییر شکل در سختی بافت، در زمان بلافاصله بعد از تولید در بین تمامی تیمارها بجز نمونه شماره ۳ که در آن از ۰/۷ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده است اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵). نمونه شماره ۳ در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲)، و مابقی تیمارها، ضمن وجود اختلاف معنی‌دار، از نظر شاخص تغییر شکل در سختی بافت نسبت به بقیه نمونه‌ها به طور نامطلوبی تغییر شکل بیشتری داشته است. (P<۰/۰۵). در زمان ۹۰ روز پس از تولید، نمونه شماره ۲ (نمونه شاهد) در مقایسه با نمونه‌های شماره ۱ و ۴ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵). در حالی‌که در مورد نتایج نمونه‌های ۳، ۵، ۶ و ۷ در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) تفاوت معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵). نمونه‌های شماره ۳، ۵، ۶ و ۷ نیز با یکدیگر تفاوت معناداری نداشت (P≥۰/۰۵). نمونه‌های شماره ۱، ۲ و ۴ با تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).

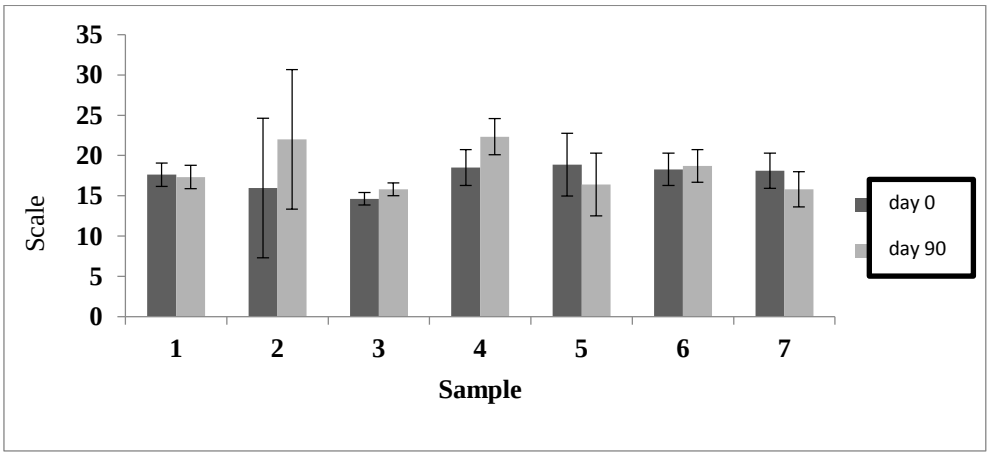

Figure 1. Changes in the white chocolate texture

شکل ۱- تغییرات سفتی بافت شکلات سفید

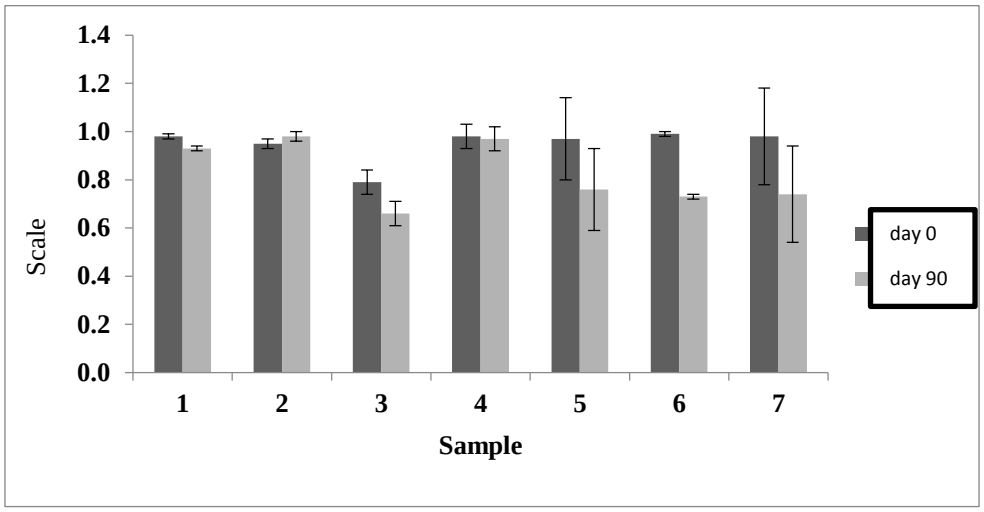

Figure 2. Deformation in the texture hardness of white chocolate

شکل ۲- تغییر شکل در سختی بافت شکلات سفید

- تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر رنگ شکلات سفید

نتایج کلی به دست آمده از آزمون‌های رنگ سنجی در هر دو بازه زمانی در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۸ آورده شده است. در سیستم هانترلب، محور رنگی L* نشان دهنده روشنایی، محور رنگی a* نشان دهنده قرمزی–سبزی و محور رنگی b* نشان دهنده زردی–آبی است.

- تاثیر فاکتور مورد بررسی شاخص رنگ سنجی L* در شکلات سفید

نتایج آماری بررسی شاخص رنگ سنجی L* نشان داد که بطور کلی در تمامی حالات در هر یک از تیمارهای ۷ گانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵) همچنین ملاحظه شد که در هر دو بازه زمانی در بین نتایج شاخص L* کلیه تیمارها (۱، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) در مقایسه با شاهد (نمونه شماره ۲) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). نمونه‌های شماره ۲، ۳ و ۵ هریک به صورت مجزا و در مقایسه با نمونه‌های دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵). در حالی‌که نمونه شماره ۱ در مقایسه با نمونه شماره ۷ تفاوت معناداری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). همچنین نمونه شماره ۴ و ۶ دارای اختلاف معناداری با یکدیگر نبود (P≥۰/۰۵). بطور کلی نتایج در شکل ۳ نشان داد که نمونه شماره‌ی ۴، ۵ و ۶ که در آنها امولسیفایر YN استفاده شده بود نسبت به دیگر نمونه‌ها شاخص روشنایی مطلوب‌تری داشته است.

جدول ۸- نتایج آزمون های رنگ سنجی

Table 8. Results of colorimetric determination

Sample	Type and amount of emulsifier	Num	Period	Color factor a*	Color factor b*	Color factor L*	Color factor ΔE
1	0.4 lecithin	1	Day 0	0.07 ± 0.01 [a]	387.86 ± 8.1 [d]	92.37 ± 0.128 [b]	20.22 ± 0.23 [d]
		1	Day 90	0.07 ± 0.01 [a]	390.75 ± 7.87 [d]	92.40 ± 0.134 [b]	20.28 ± 0.225 [d]
2	0.5 lecithin*	2	Day 0	0.02 ± 0.01 [a]	585.8 ± 2.39 [f]	85.49 ± 0.021 [a]	26.77 ± 0.047 [f]
		2	Day 90	0.02 ± 0.01 [a]	586.45 ± 2.23 [f]	85.49 ± 0.031 [a]	26.78 ± 0.04 [f]
3	0.7 lecithin	3	Day 0	0.02 ± 0.01 [a]	384.29 ± 2.37 [d]	92.93 ± 0.111 [c]	20.01 ± 0.085 [c]
		3	Day 90	0.02 ± 0.01 [a]	384.55 ± 2.19 [d]	92.91 ± 0.103 [c]	20.02 ± 0.076 [c]
4	0.4 YN	4	Day 0	3.78 ± 0.19 [d]	363.92 ± 1.17 [b]	98.14 ± 0.156 [e]	19.22 ± 0.021 [b]
		4	Day 90	3.77 ± 0.17 [d]	363.92 ± 0.8 [b]	98.14 ± 0.168 [e]	19.22 ± 0.023 [b]
5	0.5 YN	5	Day 0	1.16 ± 0.14 [b]	373.4 ± 3.38 [c]	95.94 ± 0.015 [d]	19.38 ± 0.093 [b]
		5	Day 90	1.14 ± 0.08 [b]	373.52 ± 2.58 [c]	95.96 ± 0.01 [d]	19.38 ± 0.067 [b]
6	0.7 YN	6	Day 0	1.67 ± 0.03 [c]	280.34 ± 0.7 [a]	98.07 ± 0.095 [e]	16.83 ± 0.015 [a]
		6	Day 90	1.66 ± 0.06 [c]	280.12 ± 0.2 [a]	98.08 ± 0.072 [e]	16.83 ± 0.006 [a]
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	7	Day 0	1.05 ± 0.05 [b]	401.34 ± 3.03 [e]	92.51 ± 0.046 [b]	20.54 ± 0.069 [e]
		7	Day 90	1.02 ± 0.06 [b]	401.07 ± 3.64 [e]	92.49 ± 0.042 [b]	20.54 ± 0.081 [e]

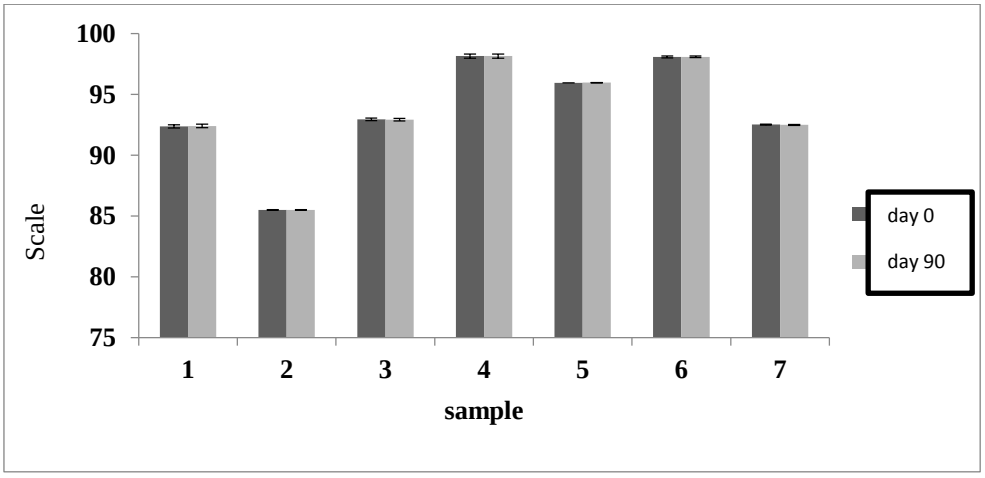

Figure 3. L * brightness colorimetric index in white chocolate

شکل ۳- تغییرات شاخص رنگ سنجی روشنایی L* در شکلات سفید

- تاثیر فاکتور مورد بررسی شاخص رنگ‌سنجی پارامتر ΔE در شکلات سفید:

نتایج آماری نشان داد که در تیمار ۱، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) از نظر شاخص ΔE در زمان بلافاصله بعد از تولید و نیز روز ۹۰ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵). و تنها در بین نمونه‌های شماره ۴ و ۵ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). در حالی‌که در بررسی بصورت مجزا بین تمامی نمونه‌ها با یکدیگر و نیز در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) با دیگر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵).

- تاثیر شاخص رنگ سنجی *a در شکلات سفید

نتایج آماری از نظر شاخص رنگ‌سنجی a^* نشان داد که در هردو بازه زمانی در تیمارهای شماره ۴، ۵، ۶ و ۷ در مقایسه با شاهد (نمونه شماره۲) و نیز نمونه‌های شماره ۱ و ۳، که در آن‌ها به ترتیب از ۰/۴ و ۰/۷ درصد لسیتین تجاری استفاده شد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). در حالی‌که این نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه شماره ۲) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P≥۰/۰۵). در نمونه‌های شماره ۴ و ۶ هر یک به صورت مجزا و در قیاس با تمامی دیگر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵) و در بین دو نمونه ی شماره‌ی ۵ و ۷ که در آنها به ترتیب از مقادیر ۰/۵ و ۰/۷ درصد امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) استفاده شده بود تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵).

- تاثیر شاخص رنگ سنجی *b در شکلات سفید

نتایج آماری در شکل ۴ نشان داد که از نظر نتایج شاخص *b در هردو بازه زمانی در بین دو نمونه ۱ و ۳ اختلاف معنی‌داری نداشت (P≥۰/۰۵). در بررسی بین تمامی ۵ نمونه دیگر (نمونه شماره‌های ۲، ۴، ۵، ۶ و ۷) بصورت مجزا و نیز در قیاس با یکدیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین در مقایسه با شاهد (نمونه شماره ۲) در همه‌ی ۶ تیمار دیگر(۱، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) در بین نتایج شاخص*b ،اختلاف معنی‌داری وجود داشته است (P<۰/۰۵). از نتایج بدست آمده اینگونه استنباط شد که نمونه شماره ۲ که در آن از ۰/۵ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده بطور نامطلوبی بیشترین مقدار شاخص رنگ زرد- آبی را داشت در حالی‌که نمونه‌هایی که در آن‌ها از مقادیر امولسیفایر YN استفاده شده است ضمن اینکه تفاوت معناداری با نمونه‌های حاوی امولسیفایر لسیتین تجاری داشته است، به صورت چشمگیر و مطلوب‌تری از مقدار شاخص رنگ*b کاسته شده است.

- تاثیر فاکتورهای مورد ارزیابی حسی

نتایج به دست آمده از ارزیابی حسی در تیمارهای شکلات سفید مورد مطالعه در جدول ۹ آورده شده است.

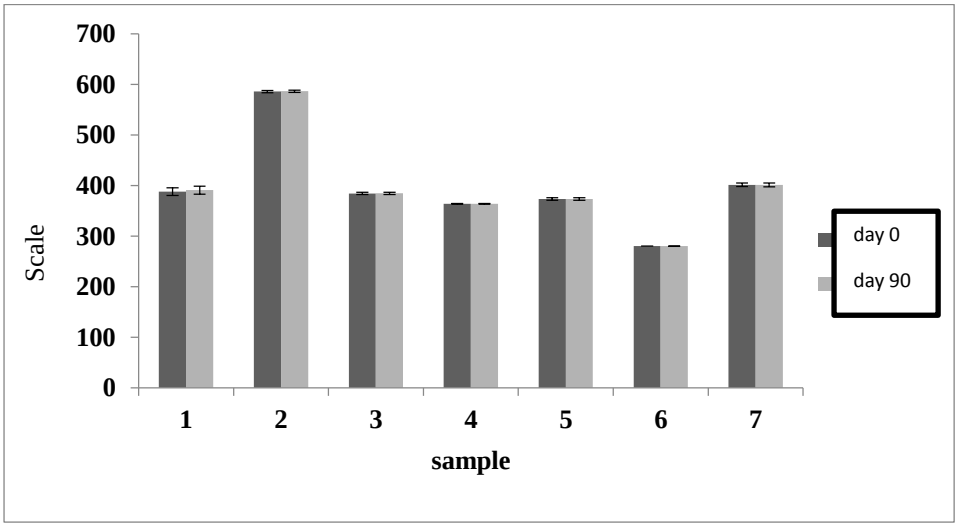

Figure 4. b * colorimetric index in white chocolate

شکل ٤- تغییرات شاخص رنگ سنجی b^* در شکلات سفید

جدول ۹- تحلیل آماری ارزیابی حسی در تیمارهای شکلات سفید

Table 9. Statistical analysis of sensory evaluation in white chocolate treatments

Sample	Type and amount of emulsifier	Color	Texture	Taste
1	lecithin 0.4	3.38 ± 0.60 [ab]	3.38 ± 1.45 [a]	2.88 ± 0.84 [a]
2	Lecithin* 0.5	2.63 ± 1.38 [a]	2.50 ± 1.56 [a]	2.25 ± 0.99 [a]
3	lecithin 0.7	3.00 ± 1.34 [a]	2.63 ± 1.24 [a]	2.25 ± 0.79 [a]
4	YN 0.4	4.50 ± 0.65 [c]	3.88 ± 1.38 [a]	4.13 ± 0.60 [b]
5	YN 0.5	4.25 ± 0.87 [bc]	3.38 ± 1.19 [a]	3.00 ± 0.65 [a]
6	YN 0.7	4.13 ± 0.60 [bc]	3.13 ± 1.59 [a]	2.63 ± 1.38 [a]
7	0.25 lecithin & 0.25 YN	4.00 ± 0.53 [bc]	2.75 ± 1.29 [a]	2.38 ± 1.09 [a]

Different letters within a column indicate significant different ($P < 0.05$)

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف است.

پس از انجام آزمون ارزیابی حسی بعد از دوره ۹۰ روز پس از تولید، از نظر پارامتر مزه تنها نمونه شماره ۴ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر آمونیوم فسفاتید به جای امولسیفایر متداول لسیتین تجاری استفاده شده تفاوت بیشتری احساس شده است و بنظر می‌رسد از نظر تیم ارزیابی کننده مقبولیت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشته در حالیکه سایر نمونه‌ها در محدوده شاهد قرار داشتند ($P\geq۰/۰۵$) .

همچنین مشاهده می شود از جنبه پارامتر بافت نیز کلیه نمونه‌ها در محدوده شاهد هستند و اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشته‌اند ($P\geq۰/۰۵$).

در حالیکه در مورد پارامتر رنگ کلیه تیمارهایی که در آن‌ها از ۰/۴ و ۰/۷ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده، دارای اختلاف معنا داری با نمونه شاهد که در آن نیز از ۰/۵ درصد امولسیفایر لسیتین تجاری استفاده شده، نمی‌باشد ($P\geq۰/۰۵$). و نیز نمونه‌هایی که در آن‌ها از امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) استفاده شده دارای اختلاف معنی‌داری با نمونه ی شاهد هستند ($P<۰/۰۵$) و از نظر تیم ارزیابی کننده مقبولیت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت. همچنین نمونه شماره ۴ که در آن از ۰/۴ درصد امولسیفایر YN استفاده شده بود بیشترین مقبولیت را داشت. در حالیکه نمونه‌های شماره ۲ و ۳ که در آنها از ۰/۵ و ۰/۷ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شد کمترین میزان علاقه مندی را داشت.

بحث

امولسیفایر لسیتین: استفاده از مقادیر مختلفی از امولسیفایر لسیتین تجاری در فرمولاسیون شکلات سفید در مقایسه با نمونه شاهد، اکثراً رفتار و پاسخ‌های مشابه از نظر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، بافت‌سنجی و رنگ‌سنجی نشان داد و از بابت ارزیابی حسی هم در نظر داوران، خصوصیات ارگانولپتیکی مشابه با نمونه شاهد دیده شد. از نظر ویژگی‌های رنگ‌سنجی، نسبت به سایر متغیرها، بیش‌ترین تفاوت در شاخص‌های رنگ بوده است. بیش‌ترین تفاوت در نمونه‌های حاوی امولسیفایر لستین با نمونه شاهد در هانترb، هانتر L و ΔE بوده است و در ارزیابی حسی نیز از نظر بافت، مزه و رنگ کم‌ترین میزان مقبولیت در نزد داوران را داشته است. کلیه نتایج آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی این امولسیفایر در محدوده‌ی استاندارد بوده است و با توجه به استاندارد ملی شکلات شماره ۶۰۸ ارزیابی شد. در مورد امولسیفایر لستین که بصورت متداول در شکلات مورد استفاده قرار می‌گیرد شاخص‌های اندیس صابونی، پراکسید و چربی کل را در محدوده پایین نگه داشته و استفاده از این امولسیفایر در کاهش میزان چربی مورد استفاده در شکلات موثر بوده است. سایر آزمون‌های شیمیایی اعم از ترکیب اسیدهای چرب و اندیس یدی و صابونی در نمونه شکلات سفید نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و در محدوده استاندارد بوده است

امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN): استفاده از مقادیر مختلف امولسیفایر YN در فرمولاسیون شکلات سفید انجام شد. این فاکتور اکثراً از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی پاسخ‌های مشابه نمونه شاهد داشته است. ولی در مورد پارامترهای رنگ‌سنجی تفاوت‌هایی با نمونه شاهد داشته است. بیشترین تفاوت در شاخص رنگ‌سنجی و افزایش میزان روشنایی (شاخص L) در مقایسه با نمونه شاهد و دیگر نمونه‌ها داشته است. و همچنین از نظر پارامتر بافت‌سنجی به نظر رسید که نمونه‌های حاوی این امولسیفایر علاوه بر این‌که شباهت خود را با نمونه شاهد حفظ کرده در حفظ ثبات شاخص سفتی بافت بهترین نتیجه را حاصل کرده بود و حتی در راستای بهبود حفظ کیفیت بافتی از نمونه شاهد نیز پیشی گرفته است. از بابت ارزیابی حسی نیز در نظر داوران، خصوصیات ارگانولپتیکی کیفیتی بالاتر از نمونه شاهد و نتایجی بهتر از نمونه‌های حاوی امولسیفایر لسیتین بدست آمد.

از نظر خصوصیات بافتی (سفتی‌بافت) نتایج بدست آمده نشان داد که در تمامی نمونه‌هایی که از مقادیر متفاوت امولسیفایر YN استفاده شده مشابه نمونه شاهد بوده است و حتی با افزایش مقدار امولسیفایر شاهد افزایش نامحسوس استحکام در بافت شکلات‌ها وجود داشت. از نظر خصوصیات بافتی (تغییر شکل در سختی بافت) نیز نمونه‌هایی که در بدو تولید ارزیابی شد خصوصیاتی مشابه با نمونه شاهد داشته درحالیکه در بازه زمانی ۹۰ روز پس از تولید، میزان تغییر شکل کمتری در سختی بافت شکلات مشاهده شد که بنظر رسید از نظر شاخص تغییر شکل در سختی بافت از نمونه شاهد پیشی گرفته است.

از نظر ویژگی‌های رنگ‌سنجی، نمونه‌های حاوی امولسیفایر YN نسبت به سایر نمونه‌ها، بیشترین تفاوت را در تمامی شاخص‌ها (a، b، L و ΔE) با نمونه شاهد داشته است. با افزایش مقدار مصرفی امولسیفایر لسیتین تجاری در شکلات، کاهش میزان مقبولیت در نزد داوران از نظر بافت، مزه و رنگ وجود داشت.

در ارزیابی حسی نیز با جایگزین کردن مقادیر مختلف امولسیفایر YN در شکلات، مقبولیت بالاتری در نزد داوران از نظر بافت، مزه و رنگ داشت و بیشترین مقبولیت در هر سه فاکتور رنگ و مزه و بافت در نمونه حاوی ۰/۴ درصد امولسیفایر YN مشاهده شد. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که استفاده از امولسیفایر YN تاثیر قابل قبولی در رنگ شکلات سفید گذاشته است و از نظر داوران در آزمون هدونیک مقبولیت مطلوبی داشته است.

کلیه نتایج آزمون های شیمیایی انجام شده بر روی این امولسیفایر در محدوده ی استاندارد بوده است و با توجه به استاندارد ملی شکلات شماره ۶۰۸ ارزیابی شد. در مورد امولسیفایر YN شاخص پراکسید و چربی کل بخصوص در نمونه های شماره ۴ و ۵ که در آنها به ترتیب ار ۰/۴ و ۰/۵ درصد امولسیفایر YN استفاده شد در مقایسه با نمونه های حاوی امولسیفایر لستین بطور مطلوبتری در محدوده پایینتری قرار داشت. استفاده از این امولسیفایر در کاهش میزان چربی مورد استفاده در شکلات در مقایسه با امولسیفایر لستین موثرتر بوده است. سایر آزمون‌های شیمیایی نظیر ترکیب اسیدهای چرب و اندیس یدی و صابونی در نمونه شکلات سفید نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و در محدوده استاندارد بوده است.

خاصیت سینرژیستی: به منظور بررسی خاصیت سینرژیستی دو امولسیفایر لستین تجاری و YN ، در یک تیمار بطور مساوی از مقدار درصد ۰/۲۵ از هریک از امولسیفایرها در شکلات سفید استفاده شد که تاثیر آن بر روی شاخص‌های فیزیکو شیمیایی به گونه‌ای بود که در تمامی شاخص‌ها بجز شاخص اندیس یدی ویژگی مشابه با نمونه شاهد داشته است. البته از نظر شاخص پراکسید نیز در بازه زمانی در بدو تولید تفاوت ناچیزی با نمونه شاهد داشت.تاثیر خاصیت سینرژیستی این دو امولسیفایر در خصوصیات بافتی (سفتی بافت) نشان داده که در بدو تولید خصوصیاتی مشابه با نمونه شاهد داشته است ولی در طول زمان ماندگاری ۹۰ روزه تفاوت هایی با نمونه شاهد داشت. از نظر شاخص تغییر شکل در سختی بافت نیز نمونه در بدو تولید مشابه با نمونه شاهد بوده است ولیکن در بازه زمانی ۹۰ روز پس از تولید کاهش نامحسوسی داشته است.از نظر ویژگی‌های رنگ سنجی نیز (هانتر b، هانتر L و ΔE) با نمونه شاهد تفاوت‌هایی مشاهده شد. در ارزیابی حسی نیز در هر سه فاکتور رنگ و مزه و بافت از نظر داوران در مقایسه با نمونه شاهد مقبولیت بیشتری داشته است.

پژوهش حاضر با پژوهش Peker و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطابقت داشته است. آن‌ها با تهیه غلظت‌های مختلف ترکیبات لسیتین و پلی‌گلیسرول پلی‌رسینولئات (PGPR)، غلظت‌های مختلف امولسیفایر لسیتین (از ۰/۱ الی ۰/۵ درصد) که به صورت ترکیبی به شکلات اضافه شد، به این نتیجه رسیدند که غلظت ۰/۵ درصد لسیتین به همراه ۰/۱ درصد PGPR مناسب‌ترین ترکیب برای تاثیر بر نقطه عملکرد شکلات سفید را داشته است و ترکیبات مختلف لسیتین و پلی گلیسرول پلی رسینولئات (PGPR) تاثیر معنی‌داری بر اندازه ذرات، خواص شیمیایی و حساسیت نمونه‌ها از لحاظ پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و کیفیت حساسیت نمونه‌های شکلات شیری، تلخ و سفید نداشتند.

این پژوهش با پژوهش Tisonik در سال ۲۰۱۰ مطابقت دارد. آن‌ها تاثیر نوع و غلظت امولسیفایر بر خواص فیزیکی، حساسیتی و ویژگی‌های ریز ساختاری شکلات را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه سه امولسیفایر مختلف از جمله لسیتین، پلی‌گلیسرول پلی‌ریکینولیت (PGPR) و آمونیوم فسفاتید استفاده شد. شکلات با مقادیر مختلف امولسیفایر (۰/۲الی ۰/۵ درصد) ساخته شد. نتایج نشان داد که چرخه دمایی به طور معنی داری ظاهر و بافت در نمونه ها را تحت تاثیر قرار داده است. به طور خاص، نمونه‌هایی که در دمای ۳۴ درجه سلسیوس بوده‌اند، شاخص سفیدگی را افزایش دادند و سخت تر از نمونه‌هایی بود که در محدوده دمایی ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند، که تغییرات قابل توجهی در ابعاد و زبری سطح داشت و نیز افزایش غلظت تمام امولسیفایرها بیشترین تاثیر را بر خواص بافتی، فیزیکی و ذوب در نمونه‌ها داشت. شکلات‌هایی که در دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند، سختی و زبری سطحی را تجربه کردند. نتایج مطالعات حسی نشان داد که نمونه‌هایی که در دمای محیط نگهداری می‌شدند، به صورت فیزیکی به خطر انداخته نمی‌شدند، بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش علمی شرایط نگهداری برای شکلات سفید در این پژوهش در دمای حدود ۱۵ درجه مورد بررسی قرار گرفت.

پژوهش حاضر با پژوهش Ghavami در سال ۱۹۸۲ مطابقت دارد. آنها به این نتیجه رسیدند که فسفولیپیدها که تقویت کننده خاصیت سینرژیست است ولی فسفاتیدیل کولین (PC) و (YN) ، دارای گروه آمینی می‌باشند و منجر به اکسید شدن روغن شده و در حرارت بالا با آلدهیدها واکنش قهوه‌ای شدن رخ می‌دهد و به علت وجود درصد چربی بالا باعث افزایش عمر شکلات می‌گردد. آنها علت این امر را همبستگی بین درصد α-tocopherol و درصد فسفولیپید در کنسانتره دانستند. فسفاتیدیل اتانول آمین و فسفاتیدیل کولین باعث تشکیل بخش قابل توجهی از این کنسانتره‌ها، فعالیت سینرژیکی قوی با توکوفرول‌ها دارد. در این پژوهش نیز که یکی از فاکتورهای مهم آن ارزیابی فعالیت سینرژیستی دو امولسیفایر فسفاتیدیل کولین و آمونیوم فسفاتید بوده است،مشاهده شد در تیماری که از هر دو امولسیفایر استفاده شده بود از نظر شاخص بافت و رنگ سنجی گاهاً شاهد نتایج بهتری بودیم.

استفاده از مقادیر مختلف امولسیفایر YN در فرمولاسیون شکلات سفید از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی پاسخی مشابه نمونه شاهد داشته است. از نظر پارامترهای رنگ سنجی بطور مطلوبی بیشترین تفاوت در افزایش میزان روشنایی (L*) داشته است و از نظر پارامتر حفظ ثبات شاخص بافت سنجی و سفتی بافت در بازه زمانی ۹۰ روز پس از تولید، به طور مطلوبی میزان تغییر شکل کمتری در سختی بافت شکلات مشاهده شد.

از نظر ویژگی های رنگ سنجی و ارزیابی حسی نیز در هر سه فاکتور رنگ و مزه و بافت از نظر داوران در مقایسه با نمونه شاهد مقبولیت بیشتری داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از امولسیفایر YN تاثیر قابل قبولی در کیفیت و رنگ شکلات سفید گذاشته است. به منظور بررسی خاصیت سینرژیکی دو امولسیفایر لستین تجاری و YN ، در یک تیمار بطور مساوی از درصد ۰/۲۵ از امولسیفایر ها در شکلات سفید استفاده شد. که تاثیر آن در طول زمان ماندگاری ۹۰ روزه وضعیت مطلوب‌تری نسبت به نمونه شاهد داشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع میتوان گفت استفاده از مقادیر ۰/۴ و ۰/۵ درصد امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) در شکلات سفید در بازه زمانی بدو تولید و ۹۰ روزه به بهترین شکل ممکن منجر به ثبات و کیفیت رنگ و بافت مطلوب‌تری شده است. شاخص رنگ زرد (b*) در شکلات سفید تولید شده با

امولسیفایر YN به شکل قابل ملاحظه ای کاهش یافت. همچنین شاخص رنگ روشنایی (L*) به شکل مطلوبی افزایش یافت و با گذشت زمان این کیفیت حفظ شد. در مورد مدت زمان پایداری اکسیداتیو که در واقع میزان مقاومت در برابر حرارت است، در نمونه شماره ۲ که در آن از ۰/۵ درصد امولسیفایر لسیتین استفاده شده بود، نسبت به نمونه شماره ۱ (نمونه کره کاکائو استخراج شده بدون امولسیفایر) بطور نامطلوبی به ۳۰/۳۷ ساعت کاهش یافت. درحالیکه با بکارگیری امولسیفایر آمونیوم فسفاتید (YN) در نمونه شماره ۵ معادل با ۵۹/۵۳ ساعت بوده است نزدیک به دو برابر نسبت به نمونه حاوی امولسیفایر لسیتین افزایش داشته است که این نتیجه نمونه فوق را متمایز ساخت. تحقیق حاضر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی راجع به آمونیوم فسفاتید و لسیتین به عنوان امولسیفایر و عامل سینرژیستی در ارتقاء و حفظ خصوصیات کیفی و ظاهری شکلات سفید را در اختیار صنعت قرار دهد.

منابع

Ali, A., Selamat, J., Man, Y. C. & Suria, A. M. (2001). Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate. Food Chemistry, 72(4), 491-497.

Anon. (2016). Chocolate – Specification and test methods. Iranian National Standardization Organization. 7th Revision. (NO.608). http://standard.isiri.gov.ir [In Persion]

Anon. (1995). Methods for measuring the stability of edible oils and fats against oxidation. Iranian National Standardization Organization. (NO.3734). http://standard.isiri.gov.ir [In Persion]

Beckett, S. T. (2008). Preface. In the Science of Chocolate pp. P005-P006.

Beckett, S. T. (2011). Industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons. 125-128.

Brimelow, C. J. B., Nestle R. & Centre, D. (2001). Lausanne, Colour measurement of foods by colour reflectance. Research Centre, CRC Press LLC.

Ghavami, M. (1982). Natural stabilizing factors in soyabean oil. Food science department of the University of reading, 124. [In Persian].

Ghavami, M. (2008). Laboratory techniques of oils and fats. Islamic Azad University Publications Science and Research Branch, 70 [In Persian].

Koca, I. & Ustun, N. S. (2009). Colour stability in sour cherry jam during storage. Asian Journal of Chemistry, 21(2), 1011-1020.

Mazo Rivas, J. C., Schneider, Y. & Rohm, H. (2016). Effect of emulsifier type on physicochemical properties of water-in-oil emulsions for confectionery applications. International Journal of Food Science & Technology, 51(4), 1026-1033

Mirarab Razi1, S., Mohebbi, M., Haddad Khodaparast, M. & Koocheki, A. (2014). Comparisons of some sensory, physical and textural characteristics of chocolate dessert containing different amounts of albumin, sodium caseinate, whey protein concentrate. JRIFST.377 [In Persian].

Norn, V. (2014). Emulsifiers in food technology. John Wiley & Sons.71

Peker, B. B., Senem, S. U. N. A., Tamer, C. E. & Çopur, Ö. U. (2013). The effects of lecithin and polyglycerol polyricinoleate (PGPR) on quality of milk, bitter and white chocolates. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University, 27(2), 48-68.

Rossini, K., Noreña, C. P. & Brandelli, A. (2011). Changes in the color of white chocolate during storage: potential roles of lipid oxidation and non-enzymatic browning reactions. Journal of Food Science and Technology, 48(3), 305-311.

Sacchetti, G., Ioannone, F., De Gregorio, M., Di Mattia, C., Serafini, M. & Mastrocola, D. (2016). Nonenzymatic browning during cocoa roasting as affected by processing time and temperature. Journal of Food Engineering, 169, 44-52.

Talbot, G. (2009). Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products. 1st Edition, Kindle Edition, 263-273.

Trinh, K. T. & Glasgow, S. (2012). On the texture profile analysis test. Quality of life through chemical engineering, Institute of Food Nutrition and Human Health Massey University Wellington, New Zealand, 23-26.

Vercet, A. (2003). Browning of white chocolate during storage. Food Chemistry,

81(3), 371-377.

Wells, M. A. (1999). Industrial chocolate manufacture and use.

Investigating the Effect of Emulsifier YN and Lecithin on Qualitative Promotion the of White Chocolate

V. Mehrabi [a], M. Ghavami [b*], M. Gharachorloo [c]

[a] M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[c] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 25 August 2020 Accepted: 7 November 2020

Abstract

Introduction: Chocolate is one of the most consumed snacks in the world. In this study the quality of white chocolate namely browning process as well as physicochemical characteristics of this product are evaluated.

Materials and Methods: The effect of conventional emulsifiers such as lecithin with different intakes and emulsifier YN (ammonium phosphatides) at different concentrations were compared and evaluated in white chocolate. The samples were subjected to chemical analysis concerned with total fat content, acid insoluble ash, acidity iodine and saponification value, fatty acid composition, oxidative stability test (Rancimat) and sensory analysis according to the national standard.

Results: The application of different concentrations of commercial lecithin did not have a significant effect on the qualitative characteristics of white chocolate, while the use of 0.4 and 0.5 % emulsifier YN at the time of production and 90 days after production improved the stability, quality of color and texture considerably. The yellow color index (b^*) in white chocolate containing emulsifier YN was reduced significantly white the brightness index (L^*) was increased favorably as compared to the control and the quality was maintained after production.

Conclusion: The application of emulsifier YN improved the qualitative characteristics of white Chocolate and exhibited synergistic effect with the natural antioxidant present in the substrate and increased the oxidative stability of the product.

Keywords: *Ammonium Phosphate (YN), Improvement of Color Quality, Lecithin, Synergistic Properties, White Chocolate Improvement of texture Quality.*

* Corresponding Author: mehrad_ghavami@yahoo.com