مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید شکلات تلخ فراسودمند توسط جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب

عفت حسنی[۱]، محمد حسین عزیزی[۲*]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۶

کلمات کلیدی:

شکلات تلخ،

کاکائو،

ترکیبات فراسودمند،

پودر غلاف خرنوب.

DOI: 10.52547/fsct.18.117.35

* مسئول مکاتبات:

Azizi_tm@modarres.ac.ir

چکیده

شکلات یکی از موادی است که در بین تمامی افراد جامعه جایگاه ویژه‌ای داشته و بسیاری از مردم از این ماده پرانرژی و نشاط آور استفاده می‌کنند و اگر این ترکیب دارای ویژگی‌های سلامت‌بخش باشد به طور قطع بیشتر از پیش مورد توجه قرار خواهد گرفت. در این پژوهش اثر جایگزینی بخشی و کامل پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی شکلات تلخ مورد بررسی قرار گرفت. از پودر غلاف خرنوب به عنوان جایگزین پودر کاکائو استفاده شد. نمونه‌های شکلات تهیه شده با سطوح جایگزینی۲۵، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد، از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، مکانیکی، رئولوژیکی و حسی مورد بررسی قرار گرفته و با نمونه کنترل مقایسه شدند. محتوای رطوبت با افزایش درصد جایگزینی به طور غیرقابل معنی‌داری افزایش یافت. افزایش درصد پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون سبب روشن‌تر شدن رنگ محصولات نهایی شد و درصد کربوهیدرات ترکیبات نیز در مقایسه با نمونه کنترل افزایش یافت. در ارزیابی سختی بافت، مشخص شد که نمونه‌های با درصد بالاتر پودر غلاف خرنوب، دارای سختی بافت کمتری نسبت به نمونه کنترل بودند. در ارزیابی مدل‌های رئولوژیکی نیز مشخص گردید که مدل هرشل بالکلی بهترین مدل برای ارزیابی رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها بود. نتایج پذیرش کلی محصول نهایی نشان دادند که تیمارهای با درصدهای جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد، بالاترین درصد پذیرش را دارا بودند. با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی‌های فیزیکی‌شیمیایی و همچنین ویژگی‌های حسی در بیشتر موارد نمونه‌های با درصد جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد بهترین نتیجه را کسب کردند و کمترین اختلاف را با نمونه کنترل نشان دادند و می‌توانند مقادیر مطلوب برای جایگزینی پودر کاکائو باشند.

۱- مقدمه

ارزش یک ماده غذایی در ارتباط با محتویات تغذیه‌ای و همچنین حضور و یا عدم حضور ترکیبات سمی در آن مشخص می‌شود. در حقیقت مواد غذایی نه‌تنها تامین‌کننده مواد مغذی مورد نیاز برای بدن هستند بلکه دارای ترکیبات زیست فعال دیگری نیز بوده که در جلوگیری از بیماری‌ها و افزایش سلامتی افراد موثر هستند [۱]. مواد غذایی روزانه مورد مصرف مستلزم تامین انرژی، املاح و ویتامین‌های مورد نیاز بدن نیز می‌باشند که شکلات به عنوان یک ماده غذایی منحصر به فرد در این رابطه شناخته می‌شود [۳،۲]. این ترکیب غذایی دارای آنتی‌اکسیدان‌هایی می‌باشد که بدن را در مقابل موادی که رادیکال آزاد نامیده می‌شوند حفاظت می‌کند و همین‌طور سبب کاهش لخته شدن خون و انسداد رگ‌ها می‌گردد [٤].

تغییرات در فرآوری و رشد تقاضای مصرف‌کنندگان در رابطه با تولید مواد غذایی با ویژگی‌های حسی و کیفیت تغذیه‌ای بهتر که اثرات سلامت‌بخش نیز به همراه داشته باشند، پژوهشگران را تشویق به مطالعه و جایگزینی ترکیبات جدید در صنعت غذا کرده است [٥]. در شکلات که منبع بالایی از ترکیبات مختلف چربی است و همچنین به دلیل قیمت تمام شده بالای کاکائو در فرایند شکلات، می‌توان با جایگزین کردن ترکیبات دیگری در فرمولاسیون این ماده غذایی، کالری را کاهش داد که این عمل از نظر اقتصادی نیز بسیار سودمند خواهد بود [٦]. همچنین با جایگزین کردن ترکیبات دیگر در فرمولاسیون شکلات می‌توان گامی در تغییر رژیم غذایی افراد مختلف جامعه برداشت و این رویداد سبب می‌شود تا بتوان با جایگزین کردن مواد جدید همانند ترکیبات حاوی فیبر و ترکیبات فنولی در ترکیب ماده غذایی، ارزش غذایی آن‌ها را نیز بالا برد. از آنجایی که پودر کاکائو نقش مهمی در تولید و فرایند شکلات بازی می‌کند، استفاده از ترکیبات جایگزین این ماده غذایی که در برگیرنده خصوصیات منحصر به فرد این ترکیب نیز می باشند بسیار مورد توجه است که پودر غلاف خرنوب یکی از ترکیباتی می باشد که دارای ویژگی‌هایی مشابه این ترکیب می‌باشد [۷].

خرنوب یک گیاه همیشه سبز بومی دریای مدیترانه و آناتولی می‌باشد که گفته می‌شود این مناطق دارای پتانسیل بالایی از نظر رشد اقتصادی و محیطی هستند. میوه‌های بدون گوشت و شبیه لوبیای خرنوب که غلاف خرنوب نامیده می‌شوند، بخشی از رژیم غذایی سنتی مناطق مدیترانه می‌باشد [۹،۸]. گیاه خرنوب به طور گسترده‌ای در صنعت غذا برای تولید مواد گوناگون از قبیل صمغ خرنوب که نوعی پلی‌ساکارید می‌باشد استفاده می‌شود [۱۰]. در تمامی مناطق مدیترانه شامل کشور ترکیه، غلاف‌های خرنوب آسیاب شده به صورت آردی شبیه به کاکائو فرآیند می‌شوند که به عنوان کاکائو خرنوب در فروشگاه‌های بزرگ و محلی به فروش می‌رسد [۱۱]. غلاف در برگیرنده پالپ (۹۰ درصد) می‌باشد که غنی از کربوهیدرات (٤٨ تا ۷۲ درصد) بوده اما در برگیرنده مقدار بالای تانن‌ها نیز می‌باشد (١٦ تا ۲۰ درصد) [١٢،٤]. ترکیبات فنولیک، متابولیت‌های گیاهی ثانویه غیرمغذی ولی فعال از نظر بیولوژیکی می‌باشند و عملکرد آن‌ها به صورت آنتی‌اکسیدان می‌باشد. که این ترکیبات نیز به طور گسترده در تمامی قسمت های گیاه توزیع شده اند و در بسیاری از محصولات حاصل از این گیاه این ترکیبات حضور دارند که قابل قبول بودن و مورد مصرف قرار گرفتن این ترکیب تحت تاثیر ترکیبات فنولیک آن می‌باشد [١٢،٤].

پودر خرنوب منبع بسیار باارزشی از ویتامین‌ها نظیر ویتامین E، D، C، نیاسین، فولیک اسید، B6، B2، B12 می‌باشد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که خرنوب و محصولات حاصل از آن‌ها می‌توانند سبب افزایش سلامتی انسان شده و باعث جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی شوند. همچنین دارای خاصیت ضد تکثیر در مقابل سلول‌های سرطانی هستند و به دلیل داشتن ترکیبات آنتی- اکسیدان، پلی‌فنول‌ها و مقادیر بالای فیبر، دارای خواص ضد دیابت و ضد چربی خون هستند [۱۳].

دانه ها و غلاف های خرنوب به عنوان مواد خام در غذاها، پزشکی و صنعت تولید محصولات آرایشی استفاده می شوند [٤]. به جز ترکیبات پلی ساکاریدی، غلاف خرنوب محتوی مقادیر کمی از چربی بوده و غنی از پتاسیم، کلسیم و پلی فنل ها می باشد [١٤]. غلاف های خرنوب کاملا رسیده حاوی مقادیر بسیار زیادی از پلی فنل ها (۱۳ تا ۳۰ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم از وزن خشک محصول) هستند [۹،۱۱]. میزان چربی آن

بسیار کم و در حدود ۱ درصد است و درصد پروتئین آن نیز بسیار کم می باشد و بیشترین پروتئین آن در دانه میوه یافت می شود، مهمترین آمینو اسید های موجود در آن گلایسین، لوسین، پرولین، والین، تیروزین و فنیل آلانین می باشند [۱۱].

محصولات عمده و مهم حاصل از خرنوب، غلاف خرنوب، صمغ دانه‌ها و محصولات مشتق شده شامل آرد لوبیای خرنوب می‌باشند و همچنین محصولاتی هستند که به عنوان محصولات سلامت‌بخش شناخته می‌شوند و همچنین شربت خرنوب و محصولاتی که در پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. حال اگر این محصولات و مواد خوراکی، در برگیرنده ویژگی‌های سلامت-بخشی و ویژگی‌های عملکردی نیز باشند، بیشتر مورد استقبال و توجه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان قرار خواهند گرفت [۱۲،٤].

مطالعات بسیاری نشان داده است که دریافت برخی مواد غذایی ارتباط مستقیم با کاهش برخی از بیماری‌ها دارد. برای مثال وجود گلوگوزینالات در سبزیجات خانواده کلم که دارای خاصیت آنتی-بیوتیکی هستند و یا وجود فلاوونوئیدها در ترکیباتی مانند عسل و برخی از سبزی‌ها و میوه‌ها و همچنین ایزوفلاوونوئیدها در سویا که دارای خاصیت ضدسرطان و پیشگیری‌کننده از بیماری‌های قلبی و عروقی می‌باشند. در مجموع این نوع مواد غذایی تحت عنوان غذاهای فراسودمند نام‌گذاری شده‌اند [۱٤].

به بیان دیگر، این ترکیبات علاوه بر داشتن ویژگی‌های تغذیه‌ای کافی دارای مزیت‌های سلامتی نیز بوده و باعث پیشگیری یا درمان بیماری‌ها می‌شوند. بر این اساس غذای فراسودمند می‌تواند یک غذای طبیعی باشد، غذایی که به آن یک ماده با ویژگی‌های مثبت افزوده شده باشد و یا یک جزء زیان‌آور از آن حذف شود و غذایی که یک یا چند ترکیب سازنده در آن تغییر داده شود [۱٤]. غذاهای فراسودمند افزون بر ارزش تغذیه‌ای پایه، دست کم دارای ویژگی مشخص و به اثبات رسیده ارتقا سلامت و پیشگیری کننده یا کاهش‌دهنده بیماری‌ها هستند و شامل مجموعه متنوعی مانند غذاهای فرموله شده کودکان، مکمل‌های غذایی، غذاهای غنی شده با ویتامین‌ها و مواد معدنی، پروبیوتیک‌ها و غذاهای حاوی مواد موثر نظیر فیبر، آنتی‌اکسیدان‌ها، پروتئین سویا و اسیدهای چرب ضروری می‌باشند [۱٤]. بر اساس نیاز و پیشرفت بازارهای جدید، انتظار می‌رود که اهمیت پودر غلاف خرنوب و محصولات حاصل از آن‌ها افزایش یابد که این امر به دلیل کاهش منابع ذخیره کاکائو، اهمیت یافتن تولید غذاهای باارزش غذایی بالا و نیاز به تهیه غذاهای بیولوژیکی و بدون گلوتن در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۳].

یک مطالعه تحقیقاتی در سال ۲۰۱۵ برای اثبات خصوصیات جایگزینی کاکائو با نمونه های خرنوب از نظر ارگانولپتیکی و ترکیبات آروما با استفاده از کروماتوگرافی گازی(GC/MS) انجام شد و خواص حسی جانشین های کاکائو، خواص ارگانولپتیکی از قبیل بو، مزه، رنگ و ظاهر در مقایسه با نمونه های کاکائو مورد ارزیابی قرار گرفت. آنالیز های مقایسه ای نشان دادند که خصوصیات حسی و آرومای ترکیبات جایگزین دارای امتیاز بیشتری نسبت به کاکائو بوده اند [۱۵]. در مطالعه ای دیگر تاثیرات جایگزینی پودر غلاف خرنوب جایگزین پودر کاکائو در کیک های بر پایه آرد سویا و موز مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان دادند که جایگزین کردن پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون سبب افزایش میزان فیبر های رژیمی، کاهش میزان لیپید و محتوای کربوهیدراتی شده و نیز کالری کیک را نیز کاهش داده است، نتایج کلی این پژوهش نشان دادند که امکان تولید کیک های بدون گلوتن از آرد سویا و موز با جایگزینی پودر غلاف خرنوب وجود دارد چرا که محصول نهایی غنی از پروتئین و فیبر بوده و کالری کمتری داشته و دارای خواص حسی دلپذیری برای افراد با بیماری سلیاک می باشد [۵]. در پژوهشی دیگر پودر غلاف خرنوب به عنوان جایگزین پودر کاکائو در شکلات کامپوند تلخ و شیری استفاده گردید و نتایج حاصل نشان دادند که با توجه به خصوصیات تغذیه‌ای ارزشمند پودر غلاف خرنوب و قیمت تمام شده نهایی، این ماده می‌تواند جایگزین مناسبی برای پودر کاکائو باشد [۱٦].

در این پژوهش به تولید و فرمولاسیون شکلات تلخ فراسودمند بر پایه پودر غلاف خرنوب خواهیم پرداخت و عوامل تاثیرگذار بر تولید این محصول را بررسی خواهیم نمود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

پودر کاکائو(ADM- Archer Daniels Midland) کره کاکائو (Altin marka ترکیه)، شکر (Cargill)، لسیتین و وانیلین (Dubai, Taste Maker) وخرنوب از یکی از عطاری‌های شهر کرج تهیه گردید. تمامی مواد شیمیایی استفاده شده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲-آماده‌سازی پودر غلاف خرنوب

برای این منظور میوه خرنوب از یکی از عطاری‌های واقع در شهر کرج خریداری شد. پس از تهیه میوه برای جداسازی غلاف خرنوب و دانه‌های آن از یکدیگر، از روش دستی که روش زمان‌بری نیز بود استفاده شد و سپس غلاف جدا شده و خرد شده، ابتدا توسط آسیاب خانگی و پس از آن توسط آسیاب سیلوی آرد گندم متعلق به کارخانه آرد البرز آسیاب گردید و در ادامه توسط الک، الک شد که در این فرآیند قسمت عمده ترکیبات لیگنینی و پوسته غلاف و همین طور قسمت عمده فیبر آن که دستگاه قادر به آسیاب کردن آن‌ها نبود از آن جدا شد. در ادامه برای برشته کردن پودر به دست آمده از آون خلا استفاده شد و پودر غلاف خرنوب در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه (زمان دقیق برشته کردن چندین بار در زمان‌های مختلف ۵، ۸ و ۱۰ دقیقه انجام شد تا بهترین نتیجه به دست آید) برشته[1] گردید. در طی این مدت زمان، در هر ۳ دقیقه یک بار ظرف حاوی پودر غلاف خرنوب به جهت انجام عمل هم زدن و یکنواخت کردن پودر و جلوگیری از سوختن آن از آون خارج شد. در این فرآیند برای مقایسه و تشخیص رنگ نمونه برشته شده از پودر کاکائو استفاده شد و از نظر رنگ، تقریبا رنگ نمونه تهیه شده همانند رنگ پودر کاکائو بود و زمانی که به این مرحله رسید این فرآیند به اتمام رسید [۱۷].

۲-۳- تهیه نمونه‌های شکلات

در این پژوهش پنج نمونه شکلات تلخ تهیه گردید (جدول۱). برای تولید هر تیمار مواد اولیه شامل پودر کاکائو، پودر غلاف خرنوب، کره کاکائو، لسیتین و وانیلین با یکدیگر مخلوط شدند. (درصدها در فرمولاسیون نمونه‌های شکلات با توجه به مقالات پیشین انتخاب شدند و همچنین هدف ما رسیدن به حداکثر قابلیت جایگزینی بود تا محصول تولید شده فراسودمندی بیشتری داشته باشد). در تهیه نمونه‌های شکلات مواد اولیه با توجه به فرمول مورد نظر با ترازوی دقیق توزین شدند، همه مواد به جز وانیلین که در مرحله آخر اضافه شد، در داخل بالمیل آزمایشگاهی مدل CAO-B5 ساخت کشور هلند (آسیاب ساچمه‌ای) که عمل کاهش اندازه ذرات[2] و عمل ورز دادن[3] شکلات را با هم انجام می‌دهد ریخته شدند. مخزن دستگاه دارای حدود ۲۵ کیلوگرم ساچمه با قطر ۸ میلی‌متر از جنس فولاد زنگ نزن و ضدسایش بود. برای اینکه عمل کاهش اندازه ذرات نمونه‌ها یکنواخت و همگن صورت گیرد نمونه‌ها هر نیم ساعت یک بار به مدت ۲ دقیقه از قسمت پایین دستگاه تخلیه و مجددا به داخل دستگاه بالمیل برگردانده می‌شدند، سپس نمونه‌های شکلات تخلیه گردیدند، پس از تخلیه، نمونه‌ها به طور دستی مشروط دمایی[4] شدند، برای این منظور دمای نمونه‌ها از ۵۰ درجه سانتیگراد به ۳۴ درجه سانتیگراد رسانده شد و سپس ظرف مدت ۷ تا ۱۵ دقیقه با توجه به فرمولاسیون نمونه‌های مختلف دما از ۳۴ درجه سانتیگراد به ۲۹ تا ۳۱ درجه سانتیگراد رسانده شد، در این زمان دمای قالب‌های شکلات که از جنس پلی‌کربنات بودند نیز به دمای مورد نظر برای هر نمونه شکلات رسانده شد و شکلات‌ها در قالب ریخته شده و در یخچال و در دمای ۳ درجه سانتیگراد سرد شدند. نمونه‌های شکلات پس از خروج از قالب‌ها با توجه به نوع آزمون‌های مختلف نگهداری شدند. برای این منظور نمونه‌های شکلات که قرار بود آزمون های حسی و آزمون بافت بر روی آن‌ها انجام شود در داخل فویل آلومینیومی بسته‌بندی شدند، نمونه‌هایی که آزمون رئولوژیکی بر روی آن‌ها انجام می شد در ظروف دربسته نگهداری شدند و همچنین برای انجام آزمون‌های شیمیایی، نمونه‌های شکلات رنده شدند و در ظروف دربسته و در یخچال نگهداری شدند [۷،۱۸].

1. Roast

2. Refining
3. Conching
4. Tempering

Table 1 formulation of chocolate samples (gram per 100 gram chocolate)

Vanillin	lecithin	Unrefined cocoa butter	Deodorized cocoa butter	Carob pod powder	Cocoa powder	Sugar	Ingredients / Treatment
0.1	0.5	18	16.5	-	20.5	44.4	standard
0.1	0.5	18	16.5	10.25	10.25	44.4	1 (carob pod powder 25%)
0.1	0.5	18	16.5	5.125	15.375	44.4	2 (carob pod powder 50%)
0.1	0.5	18	16.5	15.375	5.125	44.4	3 (carob pod powder 75%)
0.1	0.5	18	16.5	20.5	-	44.4	4 (carob pod powder 100%)

۲-٤ اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی شکلات

برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌های شکلات از دستگاه رطوبت سنج (Sartorius MA 35) ساخت کشور آلمان استفاده شد. فعالیت آبی نمونه‌های شکلات توسط دستگاه A_W SPRINT novasina TH-500 ساخت کشور سوئیس اندازه‌گیری شد. محتوای پروتئین نمونه‌ها توسط روش هضم دستگاهی کجلدال انجام شد. اندازه‌گیری pH با توجه به استاندارد ملی ایران (شماره ٦٠٨) انجام گردید. رنگ نمونه‌های شکلات توسط دستگاه Hunter lab ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. مقدار فیبر خام نمونه‌ها نیز طبق استاندارد ملی ایران (شماره ۳۱۰۵) انجام شد. مقدار قند موجود در شکلات‌های تولید شده به روش فهلینگ (Layne- Eynon) اندازه‌گیری گردید.

۲-۵-اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های مکانیکی و رئولوژیکی

۲-۵-۱- اندازه‌گیری سختی

برای اندازه‌گیری سختی بافت نمونه‌های شکلات از دستگاه بافت‌سنج (Hounsfield-H5K5) ساخت کشور انگلستان استفاده گردید. در این مورد، ابتدا یک سری آزمون‌های اولیه به منظور دست‌یابی به بهترین تشخیص انجام شد و در نهایت از پروب سوزنی شکل با مشخصه P2/N استفاده گردید. نمونه‌های شکلات ابتدا به مدت ۲ ساعت در انکوباتور یخچال دار در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند، سپس سختی بافت نمونه های شکلات توسط دستگاه بافت‌سنج مجهز به پروب سوزنی شکل و با سرعت نفوذ ۲ میلی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد و میزان نیروی بیشینه در عمق نفوذ ۲ میلی‌متر به عنوان شاخص سختی گزارش شد. در این تست از لود سل ۵ کیلوگرمی استفاده شد [۱۸].

۲-۵-۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌های شکلات از دستگاه رئومتر (Anton Paar- MCR 301) ساخت کشور اتریش که مجهز به سیستم تنظیم دما و سیرکولاتور آب بود، استفاده شد. ابتدا نمونه‌های شکلات در ظروف دربسته در آون در دمای ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۵ دقیقه قرار گرفتند و در طی این مدت عمل هم زدن نمونه‌ها در هر ۱۰ تا ۱۵ دقیقه برای ذوب یکنواخت نمونه‌های شکلات توسط اسپاتول صورت گرفت. پس از آماده شدن نمونه‌ها، شکلات مذاب در درون فنجانک دستگاه ریخته شد و در داخل دستگاه و در دمای ٤٠ درجه سانتیگراد برای بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری گرانروی از ژئومتری استوانه‌های هم مرکز مدل CC27 استفاده شد. در ابتدا شکلات در دمای ٤٠ ±01/0 درجه سانتیگراد و در سرعت برشی $5\ s^{-1}$ به مدت ۵۰۰ ثانیه برای هموژن کردن و کنترل درجه حرارت هم زده شد و هیچ نقطه ای در این فاصله ثبت نشد[5]. سپس سرعت برشی در دامنه $2\ s^{-1}$ تا $50\ s^{-1}$ افزایش یافته[6] و ۱۸ نقطه در ۱۸۰ ثانیه اندازه‌گیری شد[7]. در مرحله سوم مدت ٦٠ ثانیه در سرعت برشی $50\ s^{-1}$ نگه داشته شد[8] سپس سرعت برشی از $50\ s^{-1}$ تا $2\ s^{-1}$ کاهش یافت[9] و ۱۸ نقطه در ۱۸۰ ثانیه اندازه‌گیری و ثبت شد[10] [۱۵]. مدل_های ریاضی کاسون (Casson)، هرشل بالکلی (Herschel bulkly)، بینگهام (Bingham) و قانون توان بر داده‌های تجربی به دست آمده برازش شد [۱۸].

5. Interval1
6. Ramp up
7. interval2
8. Interval3
9. Ramp down
10. Interval4

۲-٦- ارزیابی حسی

نمونه‌های شکلات با کدهای سه رقمی به طور تصادفی شماره-گذاری شد و همراه با پرسشنامه در اختیار ۵ نفر ارزیاب از کارکنان شرکت رضوان شکلات قرار گرفته شد (in house panel)[11] و همین طور نمونه‌های کدگذاری شده در اختیار ۹ نفر از دانشجویان نیمه آموزش دیده[12] دانشگاه تربیت مدرس نیز قرار داده شد. از افراد خواسته شد تا ویژگی‌های کیفی از قبیل شیرینی، بافت، نحوه ذوب در دهان، رنگ، طعم و بو و پذیرش کلی را از کیفیت خیلی خوب تا کیفیت خیلی بد بر اساس آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای[13] مورد ارزیابی قرار دهند [۱۹،۱۸].

۲-۷- روش‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

درمورد ویژگی‌های کمی از آمار توصیفی به کمک میانگین و انحراف معیار استفاده شد و بر حسب مورد از نمودارهای لازم بهره گرفته شد. برای مقایسه میانگین نتایج آزمون از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در سطح α =۰/۰۵ استفاده گردید و در صورت معنا دار بودن، برای تعیین تفاوت میانگین‌ها، آزمون (LSD) انجام شد. برای ارزیابی حسی شکلات‌های تولید شده بر پایه تیمارهای مورد مطالعه، از آزمون غیرپارامتری کروسکال- والیس (Kruskal-Wallis) استفاده شد و به دنبال آن از آزمون من ویت نی (Mann- Whitney) برای مقایسه دوتایی بین تیمارها استفاده شد. آنالیز تمامی داده‌ها در نرم‌افزار SPSS V.22 انجام شد. برای برازش مدل‌های رئولوژیکی شکلات از نرم‌افزار MATLAB R2015a استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز برحسب نیاز از نرم‌افزار اکسل (2013) استفاده شد.

۳- یافته‌ها

۳-۱-اثر جایگزینی پودر کاکائو بر روی برخی ویژگی‌های فیزیکی – شیمیایی و رنگ

۳-۱-۱- محتوای رطوبت

ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی نمونه‌های شکلات درجدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین محتوای رطوبت نمونه کنترل و تیمار ٤ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند در حالی که میانگین رطوبت تیمارهای ۱، ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل نشان دادند. در حقیقت با افزایش درصد جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب تا مقدار ۷۵ درصد، محتوای رطوبت نمونه‌های شکلات افزایش یافته است اما در جایگزینی ۱۰۰ درصد پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب، میانگین محتوای رطوبت در محدوده نمونه کنترل مشاهده می‌شود که دستیابی به این درصد رطوبت با توجه به درصد رطوبت ماده اولیه یعنی پودر غلاف خرنوب، دور از انتظار نخواهد بود. بالاترین مقدار رطوبت مشاهده شده به ترتیب مربوط به تیمارهای ۲ و ۱ می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل دارند. به طور کلی شکلات ذوب شده در مواد جامد کاکائویی خود به مقدار ۰/۵ تا ۱/۵ درصد رطوبت دارد [۲۰]. بالا بودن محتوای رطوبت نمونه‌ها به طور کلی می‌تواند به دلیل استفاده از بالمیل در تولید شکلات باشد که عملیات کاهش اندازه ذرات و ورز دادن را به طور همزمان انجام می‌دهد. در حالی که ورز دادن به عنوان عملیات نهایی تولید شکلات که قسمت اعظم رطوبت را از فرآورده حذف می‌کند به مدت حداقل ۱۲ ساعت در دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد [۱۸]. از عوامل مهم تغییر در محتوای رطوبت می توان به روش‌های مختلف فرآیند کردن پودر غلاف خرنوب نیز اشاره کرد. همان‌طور کهTounsi و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند، کاهش محتوای رطوبت در پودر غلاف خرنوب که در نمونه‌های شکلات پژوهش حاضر در تیمار ٤ مشاهده می‌شود، به دلیل پخش و انتشار آب در زمان استفاده از روش خشک کردن برای این ترکیب می‌باشد که بسیار بیشتر از روش خشک کردن توسط برشته کردن در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ٦۰ دقیقه می‌باشد [۲۱]. (Yousif) و (Alghzawi)در سال ۲۰۰۰ بیان کردند که در نمونه‌های حاوی پودر غلاف خرنوب که مقدار رطوبت نسبت به پودر کاکائو بیشتر بود این پدیده به علت اندازه ذرات بزرگتر نسبت به پودر کاکائو

---

۱۱. شامل کارکنان واحد تولیدی مربوطه هستند که ممکن است شرکت کنندگان در آن آموزش های لازم را دیده باشند یا خیر، از این گروه برای ارزیابی فرآورده های خاص، پیشنهادی گروه تحقیق و توسعه (R and D)، شکایت مشتریان، محصول کمپانی رقیب، مقایسه محصول با سایر فرآورده های هم گروه و غیره استفاده می شود.

12. Semi- trained

13. 5-point Hedonic test

می‌باشد که عامل بسیار مهم و تاثیرگذاری در ترکیب آن‌ها در فرمولاسیون‌های مواد غذایی می‌باشد [۱٤]. ساهین و همکاران (۲۰۰۹) نیز به نتایج درصد رطوبت مشابهی دست یافتند. علت این پدیده می‌تواند به دلیل شرایط برشته کردن از قبیل مدت زمان و دمای فرآیند نیز مرتبط باشد [۲۲].

۳-۱-۲-محتوای پروتئین

با توجه به جدول ۲ مقدار پروتئین تیمارهای مختلف و نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. همانگونه که در ابتدای پژوهش حاضر در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پودر غلاف خرنوب صحبت شد مشاهده گردید که این ترکیب دارای درصد پروتئین پایین می‌باشد و به همین دلیل کاهش درصد پروتئین نمونه‌های شکلات که با افزایش درصد پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون‌ها مشاهده می‌شود دور از انتظار نخواهد بود.

Table2 physicochemical properties of chocolate samples

Sucrose	Sugar after hydrolysis (%)	Sugar before hydrolysis (%)	Crude fiber (%)	Protein (%)	pH	Water activity	Moisture (%)	Treatments
36.38±0.622	38.19±0.494	0.1<	1.54	4.84±0.156	8.4±0.51	0.19±0.004	0.63±0.327	Standard
36.55±1.067^{ab}	40.73±0.459^{ab}	0.2±0.021^{ab}	1.32	3.46±0.153^{ab}	7.1±0.74^{ab}	0.19±0.004	1.4±0.171^{ad}	T1
39.46±0.714^{ac}	41.71±0.721^{ac}	0.5±0.035^{ac}	1.24	2.83±0.191^{ac}	7.4±0.23^{ac}	0.18±0.009	1.3±0.273^{ae}	T2
42.56±1.33^{ad}	45.07±0.784^{ad}	1.17±0.077^{ad}	0.98	1.9±0.078^{ad}	6.9±0.34^{ad}	0.16±0.007^{ab}	1.18±0.46^{ac}	T3
45.82±1.11^{ae}	48.59±0.537^{ae}	1.57±0.007^{ae}	0.73	1.03±0.051^{ae}	6.5±0.15^{ae}	0.14±0.004^{ac}	0.51±0.162^{ab}	T4

T1, 25% carob pod. T2, 50% carob pod. T3, 75% carob pod. T4, 100% carob pod
Means shown with different letters are significantly different at level α=0.05 with LSD test

۳-۱-۳-تاثیر جایگزینی پودر کاکائو بر شاخص‌های رنگ

با توجه به نتایج جدول ۳ اختلاف معنی داری ($P<0/05$) در مقادیر L^*، a^*، b^* و c^* نمونه کنترل و تیمار های مختلف مشاهده می‌شود. در واقع با افزایش جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب مقدار L^* افزایش یافت و بیشترین مقدار آن نیز متعلق به تیمار ٤ می‌باشد. و همین طور افزایش فاکتور های a^* و b^* را نیز شاهد هستیم و در تمامی موارد تیمار ٤ دارای بیشترین اختلاف با تیمار های دیگر و نمونه کنترل می‌باشد که در نتیجه این افزایش، c^* تمامی نمونه‌ها به ترتیب از نمونه کنترل تا تیمار ٤ افزایش یافته است. در بسیاری از مطالعات انجام شده همانند جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب در ساندویچ کیک های فرموله شده با پودر غلاف خرنوب، مشاهدات نشان دادند که استفاده از این ترکیب در فرمولاسیون کیک ها با درصد های جایگزینی مختلف بر روی رنگ تاثیر گذاشته و سبب روشن تر شدن رنگ محصول نهایی شده است [۷]. که نتایج این پژوهش همسو با نتایج حاصل از پژوهشی می‌باشد که از آرد حاصل از خانواده بقولات مختلف به خصوص پودر خرنوب برای بررسی ویژگی نانوایی نان های بدون گلوتن استفاده کردند و بررسی رنگ نان های مختلف نشان داد که پودر خرنوب دارای بیشترین تاثیر بر روی رنگ محصول نهایی بوده و بیشترین مقدار L^* را به خود اختصاص داده است [۲۳] و همچنین نتایج این آزمون با پژوهشی که به منظور بررسی اثر درجه برشته کردن بر روی کیک و کوکی های تولید شده توسط آرد خرنوب انجام شده بود همسو می باشد و نتایج نشان دادند که رنگ نمونه کیک های تولید شده نسبت به نمونه کنترل، روشن تر بودند [۲٤].

Table 3 the effect of replacing cocoa powder with carob pod powder on color

C^*	b^*	a^*	L^*	Treatment
5.71±0.151	3.38±0.07	4.62±0.138	23.12±0.064	Standard
9.38±0.11^{ab}	6.87±0.92^{ab}	6.4±0.06^{ab}	24.08±0.075^{ab}	T1
10.24±0.055^{ac}	7.28±0.22^{ac}	7.2±0.141^{ac}	26.47±0.056^{ac}	T2
13.75±0.127^{ad}	10.89±0.156^{ad}	8.41±0.005^{ad}	29.33±0.036^{ad}	T3
22.75±0.05^{ae}	19.62±0.078^{ae}	11.54±0.045^{ae}	39.97±0.073^{ae}	T4

Means shown with different letters are significantly different at level α=0.05 with LSD test

۳-۲-اثر جایگزینی پودر کاکائو بر روی ویژگی‌های مکانیکی و رئولوژیکی و بافت

۳-۲-۱- سختی

همان‌طور که در جدول٤ مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار سختی مربوط به نمونه کنترل می‌باشد و پس از آن مربوط به تیمار ۲. و سختی نمونه‌ها با افزایش درصد پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون کاهش می‌یابد و کمترین مقدار سختی نیز مربوط به تیمار ٤ می‌باشد.

Table 4 textural analysis of chocolate samples

Hardness (N)	Treatment
8.8199±0.537	Standard
6.6814±0.248^{ab}	T1
6.4366±0.085^{ab}	T2
6.0642±0.481^{ad}	T3
4.7283±0.212^{ae}	T4

Means shown with different letters are significantly different at level α=0.05 with LSD test.

بر طبق پژوهشی انجام شده در سال ۱۳۹۵ که در آن پودر قهوه به عنوان جایگزین پودر کاکائو در فرمولاسیون شکلات در نظر گرفته شده بود، گزارش شد که سختی فرمولاسیون‌ها با افزایش جایگزینی افزایش یافته است [۲۵]. در پژوهش حاضر سختی بافت با افزایش درصد جایگزینی کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت که یکی از علل این پدیده، اندازه بزرگتر ذرات پودر غلاف خرنوب می‌باشد که این پدیده همسو با نتیجه پژوهشی است که توسط Afoakwa و همکاران در سال ۲۰۱۰ صورت گرفت و گزارش کرد که سختی رابطه معکوس با اندازه ذرات دارد چرا که توزیع اندازه ذرات عامل بسیار مهم و تاثیرگذار بر سختی بافت می باشد و باید به این نکته توجه کرد که بافت شکلات از جمله ویژگی-های مکانیکی می‌باشد که تحت تاثیر علل مختلف می‌تواند تغییر کند [۲۰]. نتایج نشان داده است که در شکلات‌های با توزیع اندازه ذرات کوچکتر، ذرات دارای قدرت ارتباط بیشتر نسبت به یکدیگر هستند که در نتیجه آن سبب افزایش سختی (بافت) شکلات نسبت به دیگر نمونه‌های شکلات با توزیع اندازه ذرات بزرگتر می‌شوند. همچنین نتایج نشان داده‌اند که کاهش در مقدار تراکم ذرات و ساختار ایجاد شده در سیال، رفتار شکلات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و زمانی که شکلات در حالت کریستالیزه می‌باشد، ساختار ذرات شکلات با اندازه ذرات بزرگتر سبب ارتباط و تراکم کمتر آن‌ها شده و سبب مقاومت کمتر به نیروهای وارد شده بر آن‌ها و ذوب شدن می‌گردد [۲٦].

۳-۲-۲-ویژگی‌های رئولوژیکی

برای بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، نمودار تنش برشی در برابر سرعت برشی برای نمونه‌های شکلات رسم گردید. با توجه به داده‌های حاصل از نتایج تنش برشی ((shear stress(Pa)) و سرعت برشی ((shear rate(1/s) در شیب‌های افزایشی و کاهشی، نتایج نشان‌دهنده وجود حلقه‌های پس ماند بودند و مقادیر تنش برشی و گرانروی در سرعت برشی یکسان، کاهش نشان دادند که این پدیده در رابطه با فرمولاسیون‌های دارای درصدهای بالاتر پودر غلاف خرنوب کاهش یافت (شکل ۱). این امر یکی از ویژگی‌های سیالات تیکسوتروپیک وابسته به زمان است. تیکسوتروپی کاهش گرانروی ظاهری در زمان در یک سرعت برشی معین است و برای شکلات‌های ضخیم و غلیظ اهمیت دارد. می‌توان با طولانی کردن زمان انتظار جابجایی بین منحنی‌های بالا رونده و پایین رونده را کاهش داد و اندازه‌گیری را بهبود بخشید. همچنین گزارش شده است که در برخی موارد تیکسوتروپی ممکن است حاصل اثر لغزش بر روی دیواره‌های استوانه باشد که با استفاده از استوانه دارای سطح زبر، کاهش در تنش برشی به طور کامل از بین می‌رود [۲۷]. همچنین (شکل ۲) نشان‌دهنده رفتار نرم‌شونده برشی نمونه‌های شکلات می‌باشد. در سرعت‌های برشی پایین، گرانروی بالا بوده و با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد. اما گرانروی در سرعت‌های برشی بالاتر سیکل کاهش، متوقف شده و میزان گرانروی ظاهری به مقدار ثابتی می‌رسد و افزایش بیشتر سرعت برشی تاثیری بر میزان گرانروی ظاهری نمونه‌ها نخواهد داشت. به منظور دست‌یابی به بهترین و مناسب‌ترین مدل برای ارزیابی رفتار سیالیت شکلات، داده‌های به دست آمده با چهار مدل هرشل بالکلی، کاسون، بینگهام و قانون توان مورد بررسی قرار گرفتند و ضریب تعیین (R^2)و میزان انحراف استاندارد و همچنین RMSE [14] رگرسیون خط حاصل برای بهترین مدل مورد قضاوت قرار گرفت. در زیر معادلات مربوط به این مدل‌ها را مشاهده می‌کنید:

14. Root-Mean-Square-Error خطای جذر میانگین مربعات

Herschel–Bulkley: $\tau = \tau_0 + \eta p_l . (\dot{\gamma})^n$
$\tau = \sqrt{\tau_{CA}} + \sqrt{\eta_{CA}} . \sqrt{\gamma} \sqrt{}$casson:
Bingham: $\tau = \tau_0 + \eta_{pl} . \gamma$

در این جا τ نشان دهنده تنش برشی، τ_0 نشان دهنده تنش تسلیم، ηpl ویسکوزیته پلاستیک، τ_{CA} تنش تسلیم کاسون، η_{CA}ویسکوزیته پلاستیک کاسون، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی، η ویسکوزیته سوسپانسیون، n شاخص جریان ویسکوزیته می‌باشند [۱۸]. پس از بررسی ضرایب به دست آمده مشخص شد که مدل هرشل بالکلی بهترین و مناسب‌ترین مدل برای ارزیابی رفتار رئولوژیکی نمونه‌های شکلات بود و اندیس جریان به دست آمده از این مدل نشان داد که مقادیر n کمتر از ۱ بود که نشان‌دهنده رفتار سودوپلاستیک نمونه‌های شکلات بود (جدول ۵). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جایگزینی پودر کاکائو با نسبت‌های مختلف از پودر غلاف خرنوب سبب گرایش بیشتر نمونه‌های شکلات به مدل رئولوژیکی هرشل بالکلی شده است. مدل‌های رئولوژیکی کاسون و هرشل بالکلی، بهترین مدل برای ارزیابی رفتار سیالات پلاستیک غیرایده‌آل می‌باشند [۲۰]. در این پژوهش نتایج حاصل از بررسی مدل‌های مختلف رئولوژیکی نشان دادند که با افزایش جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون، نمونه‌های شکلات، رفتار بسیار سودوپلاستیک نشان داده و به مدل هرشل بالکلی بهترین پاسخ را نشان دادند که با توجه به اندیس‌های جریان به دست آمده از مدل‌های استوالد و هرشل بالکلی نیز می‌توان به این نتیجه رسید. با توجه به این نکته که بسیاری از مطالعات نشان‌دهنده مناسب بودن مدل کاسون برای بررسی رفتار سیالیت شکلات می‌باشند، این پدیده شاید در ارتباط با نوع فرمولاسیون و ترکیبات جایگزین به کار برده شده در آن نیز باشد چرا که در رابطه با فرمولاسیون شکلات با پودر غلاف خرنوب مدل کاسون پاسخ مناسبی نشان نداد زیرا اگر ویژگی‌های مربوط به سیالات رقیق شونده برشی را در رفتار رئولوژیکی شکلات بررسی کنیم، مشاهده می‌شود که مدل کاسون مدل مناسبی برای نشان دادن رفتار رئولوژیکی و بهبود باز تولید محصول نخواهد بود و همچنین باید به این نکته توجه کرد که توزیع اندازه ذرات عامل مهم و تاثیر گذار بر تعیین مدل رئولوژیکی مناسب می‌باشد و درنتیجه نمونه‌های شکلات نیز به علت عدم توانایی دستیابی به سایز ذرات به اندازه پودر کاکائو این عامل بر نوع رفتار شکلات تاثیرگذار بوده است [۲۸].

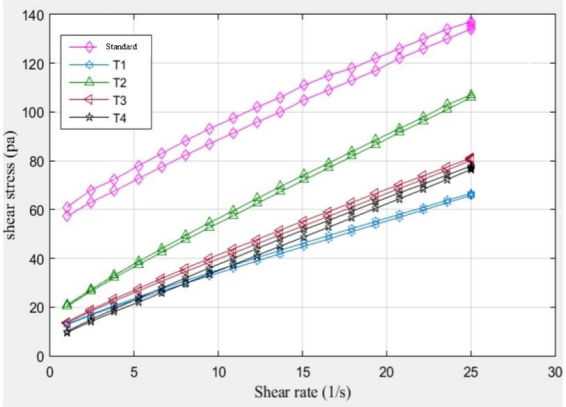

Fig 1 flow behavior relating shear stress function

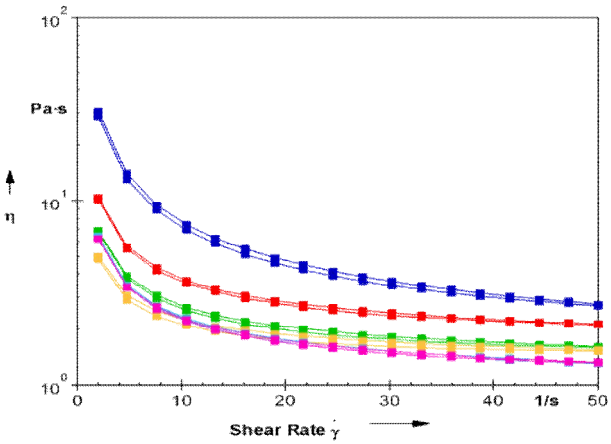

Fig2 chocolate shear dilution behaviour

سوک‌من و گونس که تاثیر جایگزین‌های مختلف قند از قبیل مالتیتول، ایزومالت و زایلیتول و اندازه ذرات آن‌ها را بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی شکلات ذوب شده بررسی کردند به این نتیجه رسیدند که مدل هرشل بالکلی نسبت به مدل‌های کاسون و بینگهام، بهترین مدل برای ارزیابی رفتار شکلات می‌باشد [۲۹]. بریگس و ونگ (2004) مناسب بودن مدل‌های رئولوژیکی متداول از قبیل کاسون و هرشل بالکلی را برای بررسی تاثیر سرعت برشی و زمان بر رفتار رئولوژیکی شکلات شیری بررسی کردند. برای بررسی تاثیر تمپرینگ بر روی رفتار سیالیت شکلات یک جریان برشی پایدار با افزایش خطی نرخ برش از صفر تا ۱۰۰ سیکل بر ثانیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده‌های حاصل از نرخ برشی و سرعت برشی با مدل‌های کاسون و هرشل بالکلی هماهنگی داشتند و با توجه به نتایج به دست آمده، نتیجه گرفتند که مدل هرشل بالکلی بهترین مدل برای ارزیابی رفتار جریانی و کریستالیزاسیون شکلات می‌باشد [۳۰، ۳۱].

Table 5 rheological results of chocolate samples with Herschel-Bulkley model

Plastic viscosity (Pa.s)	Herschel–Bulkley index	Yield stress (Pa)	Treatment
3.86±0.001	0.78±0.0001	5.4±1	Standard
2.907±0.001[ab]	0.882±0.0001[ac]	15.48±0.01[ae]	T1
1.9±0.001[ae]	0.869±0.001[ab]	9.437±0.001[ac]	T2
2.22±0.01[ac]	0.886±0.0001[ad]	9.77±0.01[ad]	T3
2.136±0.001[ad]	0.888±0.0001[ae]	5.975±0.001[ab]	T4

۳-۳-تاثیر جایگزینی پودر کاکائو بر روی ویژگی‌های حسی

میانگین امتیازات ارزیابی حسی نمونه‌های شکلات در جدول ٦ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، از لحاظ ویژگی شیرینی نمونه کنترل دارای اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ۳ و ٤ است و کمترین امتیاز را از لحاظ شیرینی تیمار ٤ به خود اختصاص داده است و بیشترین امتیاز مربوط به کنترل می‌باشد که این امر به دلیل وجود ترکیبات قندی طبیعی در آرد غلاف خرنوب می‌باشد. از لحاظ ویژگی بافت تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و کنترل مشاهده نشد و تیمار ٤ بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد که دلیل این امر می‌تواند مربوط به مرحله تمپرینگ شکلات باشد. از آنجایی که این مرحله به صورت دستی انجام شد و همچنین به دلیل این که با افزایش درصد پودر غلاف خرنوب در فرمولاسیون، تمپرینگ و قالب خوردن نمونه‌ها راحت‌تر انجام گردید، این امر سبب شد که بافت تیمار ٤ که دارای بالاترین امتیاز بود از انسجام بیشتری برخوردار باشد و کمتر در دمای محیط دچار مشکل گردد. از لحاظ نحوه ذوب در دهان، نمونه استاندارد اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱ و ۳ نشان نداد اما دارای اختلاف معنی‌دار با نمونه‌های ۲ و ٤ بود که این امر مربوط به درصد کاهش پودر کاکائو در نمونه‌ها و افزایش درصد پودر غلاف خرنوب می‌باشد که سبب می‌شود تا ذوب شدن شکلات در دهان به کندی صورت گیرد. نمونه کنترل در این مرحله بالاترین امتیاز را کسب نمود و پس از آن تیمارهای ۱ و ۳ امتیاز بیشتری را کسب کردند. از لحاظ ویژگی رنگ همانگونه که در جداول مربوط به رنگ نیز مشاهده می‌شود، نمونه کنترل دارای اختلاف با تیمارهای مختلف بود ولی در ارزیابی توسط ارزیابان مختلف، نمونه استاندارد بالاترین اختلاف معنی‌دار را با تیمار ٤ نشان داد. تیمار ٤ از لحاظ ویژگی رنگ خصوصیات شکلات شیری را نشان می‌داد و از آنجایی که فرمولاسیون نمونه‌های شکلات بر پایه شکلات تلخ ۵۵ درصد می‌باشند، تیمار ٤ کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. از نظر ویژگی طعم و بو نمونه کنترل و تیمار ۱ اختلاف کمی با یکدیگر داشتند و بیشتر از سایر نمونه‌های شکلات مورد پذیرش قرار گرفتند. در این بین کمترین امتیاز مربوط به تیمار ۳ بود. از لحاظ پذیرش کلی نیز زمانی که نمونه کنترل و تیمارها با یکدیگر مقایسه شدند بیشترین اختلاف معنی‌دار بین نمونه کنترل و تیمار ٤ بود و بالاترین امتیاز را در این مرحله تیمارهای ۱ و ۲ به دست آوردند که حتی بیشتر از مقدار نمونه کنترل نیز بود و این نشان می‌دهد که جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب تا مقادیر ۲۵ و یا ۵۰ درصد تاثیری بر پذیرش کلی شکلات از لحاظ ویژگی‌های حسی به همراه ندارد. در پژوهشی که پیغمبردوست و همکاران (۱۳۹۵) روی جایگزینی پودر کاکائو با پودر هسته خرما و کنجد انجام دادند، نتایج حاکی از این بود که از لحاظ ویژگی رنگ، با کاهش درصد پودر کاکائو مقدار روشنایی بیشتر می‌شود و از لحاظ براقیت و جلا، نمونه‌های با پودر کاکائو کمتر از براقیت بیشتری برخوردار بودند [۲۵]. از دلایل دیگر این امر می‌توان به شکوفه چربی اشاره کرد که مربوط به مرحله تمپرینگ شکلات می‌باشد، این اتفاق به خصوص زمانی رخ می‌دهد که مدت زمان مرحله پیش‌کریستالیزه کردن شکلات ناکافی باشد و همچنین مهاجرت چربی سبب حل شدن برخی از کریستال‌ها در شبکه شده و موجب کاهش محتوای چربی جامد گردد که در نهایت سبب کاهش نقطه ذوب شکلات می‌شود [۳۲]. همانطور که گفته شد این مرحله به صورت دستی انجام گردید و این امر می‌تواند در این مرحله اتفاق بیفتد، که در نمونه‌های با درصد کاکائو بیشتر، این اتفاق بیشتر رخ داده و کیفیت آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این مرحله کنترل دقیق دما به منظور دستیابی به شکل کریستالی پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور کاهش مشکلات تمپرینگ می‌توان از روش تمپرینگ ماشینی بهره

برد که در این صورت دمای شکلات در مراحل مختلف تمپرینگ با دقت بسیار بالایی کنترل می‌شود و عمل هم‌زدن نمونه‌های شکلات به‌طور یکنواخت صورت می‌گیرد و همچنین در تمپرینگ دستی می‌توان با استفاده از ابزارهای دقیق کنترل دما، مشکلات حاصل را کاهش داد [۳۳]. در پژوهش دیگری که توسط تورفانی و همکاران در سال ۲۰۱۷ برای بررسی ویژگی‌های تکنولوژیکی و تغذیه‌ای نان تهیه شده با آرد غلاف خرنوب صورت گرفته بود، نتایج نشان دادند که تمامی درصدهای جایگزین استفاده شده در فرمولاسیون از نظر ویژگی‌های حسی نتیجه مطلوبی نشان دادند و همچنین از لحاظ تغذیه‌ای نیز به دلیل اضافه کردن بر ویژگی فراسودمند بودن و ترکیبات فنولیک سبب بهبود ویژگی‌های محصول نهایی شدند [۳۴]. به طور کلی نتایج نشان دهنده رضایت بخش بودن درصد-های جایگزینی پودر کاکائو با پودر غلاف خرنوب بودند.

Table 6 scores for assessing the sensory properties of chocolate samples

Overall acceptance	Taste and odor	Color	Melting quality	Texture (N)	Sweetness	Treatment
3.6087±1.117	4.0435±0.767	3.6957±1.063	3.7826±0.998	3.393±1.117	4.0435±0.976	Standard
3.826±0.936	3.478±0.79^{ab}	3.869±0.694^{ad}	3.478±1.038	3.304±1.145	4.035±0.824	T1
3.826±0.984	3.869±0.694^{ac}	3.739±0.688^{ac}	3.739±0.751^{ab}	3.608±1.269	4±0.904	T2
3.304±0.875	3.087±0.733^{ae}	3.695±0.702	3.739±0.81	3.565±1.16	3.217±0.795^{ac}	T3
2.956±0.877^{ab}	3.217±1.126^{ad}	2.956±1.065^{ab}	3.478±0.947^{ac}	3.782±1.042	3.26±1.214^{ab}	T4

Means shown with different letters are significantly different at level α=0.05 with LSD test

٤-نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان دادند که با توجه به خصوصیات بالای تغذیه‌ای پودر غلاف خرنوب از قبیل دارا بودن ترکیبات آنتی اکسیدان، فیبر بالا و خصوصیت شیرین کنندگی طبیعی، این ترکیب می‌تواند جایگزین مناسبی برای پودر کاکائو باشد. نتایج حاصل از تاثیر پودر غلاف خرنوب به عنوان جایگزین پودر کاکائو در فرمولاسیون شکلات تیره بر روی ویژگی‌های حسی، رئولوژیکی و بافت نشان دادند که میزان سختی با افزایش مقادیر جایگزینی در نمونه‌های شکلات کاهش یافت. مقدار پروتئین و چربی نمونه‌های شکلات با افزایش جایگزینی کاهش یافت. رنگ شکلات‌های تهیه شده اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل نشان دادند و رنگ نمونه‌ها بسیار روشن‌تر نسبت به نمونه کنترل بود هرچند که در ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌های حسی، ویژگی رنگ نمونه‌ها اختلاف کمی با نمونه کنترل نشان داد. در برازش مدل‌های رئولوژیکی، مدل هرشل بالکلی نسبت به مدل‌های دیگر برازش شده دارای بالاترین ضریب تعیین و کمترین انحراف استاندارد بود. از لحاظ ویژگی‌های بافتی، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی‌های رئولوژیکی و حسی در بیشتر موارد، نمونه‌های با مقادیر ۲۵ و ۵۰ درصد پودر غلاف خرنوب دارای کمترین اختلاف با نمونه کنترل بودند و می‌توانند مقادیر مطلوب جهت جایگزینی پودر کاکائو در فرمولاسیون باشند. بنابراین از آنجاییکه شکلات محصولی پرطرفدار و پر مصرف در گروه‌های سنی مختلف است، می‌توان با کاهش مقدار پودر کاکائو در فرمولاسیون از طریق جایگزینی آن با پودر غلاف خرنوب، ویژگی‌های مفید تغذیه‌ای این فرآورده را افزایش داد و سبب بهبود عملکرد این ماده غذایی ارزشمند شد.

٥-سپاسگزاری

نگارندگان به این وسیله مراتب قدردانی خود را کارمندان محترم شرکت باراکا و کارخانه آرد البرز اعلام می‌دارند.

٦- منابع

[1] Rtibia K. Selmia S. Gramia D. Amrib M. Etod B. El-bennac J. Sebaia H. Marzouki L. (2017). Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods and leaves (*Ceratonia siliqua L.*) on the gastrointestinal tract: A review. *Biomedicine and Pharmacotherapy,* 93: 522–528.

[2] Afoakwa, E. O., Paterson, A. Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate- a review. *Trends in Food Science & Technology*, (18): 290 298.

[3] Beckett, S.T. (2000).The science of

chocolate. Royal Society of Chemistry Paperbacks, Cambridge, UK pp. 240.

[4] Durazzo, A. Turfani, V. Narducci, V. Azzini, E. Maiani, G. Carcea, M. (2013). Nutritional characterization and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry,* doi: http:// dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.045.

[5] Rosa C, S. Tessele K. Prestes M. Franco F. (2015). Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *International Food Research Journal*, 22(5): 2111-2118.

[6] Dakia P, A. Wathelet B. Paquot- Unite M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed germ. *Food Chemistry,* 102:1368–1374.

[7] Barroso L, S. Oliveira V, R. Garcia A, V. Doneda D. Ouriques L, A. Vieira M, M. (2015).Physicochemical and Sensory Evaluation of Sandwich Cookies Made with Carob Powder. *Advance Journal of Food Science and Technology,* 9(4): 290-29. DOI: 10.19026/ajfst.9.2011.

[8] Khlifa M. Bahloul A. Kitane S. (2013). Determination of Chemical Composition of Carob Pod (*Ceratonia Siliqua L*) and its Morphological Study. *Journal of Materials and Environmental Science,* 4 (3): 348-353.

[9] Battle I. Tous J. (1997). Carob tree. Ceratonia siliqua L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

[10] Kawamura Y. (2008).Carob bean gum, chemical and technical assessment. (CTA) Draft.the 69th JECFA.

[11] Ayaz F, A. Torun H, Ayaz S. Correia P, J. Alaiz M. Sanz C. Gruz J. Strand M. (2007). Determination of chemical composition of Anatolian carob pod (ceratonia silqua l.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. *Journal of Food Quality,* 30: 1040–1055.

[12] Youssef M, K, E. El-Manfaloty M, M. Ali H, M. (2013). Assessment of proximate chemical composition, Nnutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia Siliqua L*). *Food and Public Health,* 3(6): 304-308. DOI: 10.5923/j.fph.20130306.06.

[13] Papaefstathiou1. E, Agapiou. A. (2018). Nutritional characterization of carobs and traditional carob

Products. *Food science & nutrition,* 6:2151-2161. DOI: 10.1002/fsn3.776.

[14] Bulca S. (2016). Some properties of carob pod and its use in different areas including food technology. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies.*

[15] Nasar-Abbas S, M. Huma Z. Huong –Vu T. Kamran –Khan M. Esbenshade H. Jayasena V. (2015).Carob Kibble: A Bioactive-Rich Food Ingredient. *Comprehensive reviews in food science and food safety,* 15 (1): 63-72.

[16] Akdeniz E. Yakıs¸ık E. Rasouli Pirouzian H. Akkın S. Turan B. Tipigil E. Toker O. S. Ozcan O. (2021). Carob powder as cocoa substitute in milk and dark compound chocolate formulation. Journal of Food Science Technology. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04943-z.

[17] Yousif A, K. Alghzawi H, M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry,* 69:283-287.

[18] Tayefeh Ashrafiyeh, N. Azizi, M.H. Taslimi, A. Mohammadi, Far, M. Shorideh, M. Mohammadi, M. (2014). the effect of collagen hydrolysate as a partial replacement of cocoa butter on the rheological and sensory properties of milk chocolate. 11 (42):141-153.

[19] R ,Payan. (1999). Basics of quality control in food industry.

[20] Afoakwa, E.O. (2010). Chocolate science and technology. Wiley- Blackwell Press, United Kingdom. pp, 275.

[21] Tounsi L. Karra S. Kechaou H. Kechaou N. (2017). Processing, physico-chemical and functional properties of carob molasses and powders. *Food Measure,* 11:1440–1448. DOI: 10.1007/s11694-017-9523-4.

[22] Sahin H. Topuz A. Pischetsrieder M. O¨ zdemir F. (2009). Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *European Food Research Technology,* 230:155–161. DOI 10.1007/s00217-009-1152-7.

[23] Miñarro B. Albanell E. Aguilar N. Guamis B. Capellas M. (2012). Effect of legume flours

on baking characteristics of gluten free bread. Journal of cereal science, 56(2):476-481. Doi: 10.1016/j.jcs2012.04.012.

[24] Roman L, Gonzalez A, Espina T, Gomez M. (2017). Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *Journal Food Science and Technology,* 54(7):2094–2103. DOI 10.1007/s13197-017-2649-x.

[25]Peighambardoust S, Niyaei S, Azadmard Damirchi S, Rasouli Pirouzyan H. (2017). Effect of Incorporating Date Pit and Sesame Seed Powder Mixture on the Quality Parameters of Functional Milk Chocolate. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology.; 11 (4): 117-128 .URL: http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-1966-fa.html.

[26] Afoakwa, E. O., Paterson, A. Fowler, M. Vieira J. (2008a). Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. *Food Research International,* 41: 751–757.

[27] Chevalley J. (1999). The Chocolate Flow Properties. In Industrial Chocolate Manufacture and use.

[28] Konar N. (2013). Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. *European Food Research Technoloy,* 236:135–143. DOI 10.1007/s00217-012-1873-x.

[29] Sokmen A. Gunes G. (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT,* 39: 1053-1058.

[30] Briggs J, L. Wang T. (2004). Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering. *Journal of the American Oil Chemist's Society,* 81(2): 117-121.

[31] Goncalves E, V.Lannes S. (2010). Chocolate rheology. *Ciência e Tecnologia de Alimentons,* 30(4): 845-851.

[32] Lindecrantz A. (2014). Investigation of seed powder technology for pre-crystallization processing of dark chocolate Effect on fat crystal structure and storage stability. Department of Chemical and Biological Engineering Division of Food Science Chalmers University of Technology SE-412 96 Gothenburg, Sweden.

[33] Seguine E. S. (1991). Tempering the inside story. https://www.researchgate.net/publication/284632635.

[34] Turfani V. Narducci V. Durazzo A. Galli V. Carcea M. (2017). Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT- Food Science and Technology,* 78: 361-36.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Formulation and production of functional chocolate with carob pod powder as a substitute for cocoa powder

Hassani, E[1]. , Azizi, M.H. [2*]

1. M. Sc., Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2018/ 07/ 25
Accepted 2021/ 06/ 27

Keywords:

Dark chocolate,
Cocoa powder,
Pharmaceutical compounds,
Carob pod powder.

DOI: 10.52547/fsct.18.117.35

*Corresponding Author E-Mail:
Azizi_tm@modarres.ac.ir

ABSTRACT

Chocolate is one of the foods that has special place among people and most of the people consume this energetic food. If this product has got the health effects section, it will be noted more than the past. Therefore, using foods, which have more health benefits than cocoa, in formulation and preparation of chocolate, will make glowing future for this product. One of the effective approaches in this field is the carob pod powder. In this research, Chocolate samples with replacement levels of 25, 50, 75, and 100 percent along with standard sample were produced and effects of substitution of cocoa powder by carob pod powder on physicochemical, textural and rheological properties of dark chocolate was investigated. Increasing levels of carob pod powder in the formulation, compared with the standard, gave the products lighter color. Outcomes of investigating the hardness of the products indicated that, samples containing higher amounts of carob pod powder, have less textural hardness, which can be because of the particle size distribution and the fibrous properties of the carob pod powder. About rheological models, it was found that the Herschel- bulkly model was the best fit model for the chocolate samples. Chocolate samples were assessed for sensory acceptance by a hedonic scale, samples containing 25 and 50 percent of carob pod powder had the highest acceptability even more than the standard. The results proved that it is possible to utilize carob pod powder to replace cocoa powder in chocolate production in order to improve nutritional values with agreeable sensory attributes.