(مقاله پژوهشی)

بررسی‌اثر دما و زمان بودادن دانه‌های کاکائو بر پلی‌فنول کل، ویژگی‌های شیمیایی و خصوصیات حسی پودر کاکائو

سمانه ابراهیم زادگان[۱]، نارملا آصفی[۲*]، رامین ملکی[۳]، سیدصادق سیدلو هریس[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳- استادیار، گروه پژوهشی کروماتوگرافی، جهاد دانشگاهی، واحد ارومیه، ارومیه، ایران.
۴-دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۱

DOI: 10.30495/jfst.2021.1938631.1748

چکیده

بودادن مرحله مهمی در فرآوری دانه کاکائو است. حرارت‌دهی منجر به شکل‌گیری بسیاری از ویژگی‌های سودمند کاکائو مانند طعم، رنگ و بافت می‌شود. با این حال، این تغییرات مثبت همچنین می‌تواند همراه با واکنش‌هایی باشد که محتوای ترکیبات فعال مانند پلی‌فنول‌ها را کاهش می‌دهند. پلی‌فنول‌ها دارای خواص درمانی مثبت بوده و با ارزش تغذیه‌ای کاکائو در ارتباط می‌باشند اما احساس گسی و تلخی ایجاد کرده و تأثیر منفی بر عطر و طعم کاکائو دارند. بنابراین انتخاب شرایط مناسب بو دادن کاکائو اهمیت دارد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پارامترهای بودادن (دما و زمان) بر ویژگی‌های شیمیایی، حسی، رنگ و محتوای ترکیبات فنلی در پودر کاکائو می‌باشد. در پژوهش حاضر دما در سه سطح (۱۲۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ درجه سانتی گراد) و زمان در سه سطح (۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه) جهت بودادن کاکائو مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان دادند که‌با تغییردما و زمان‌های بودادن، شاخص قهوه‌ای شدن(OD_{460}/OD_{525}) ($P\leq$۰/۰۵)، میزان پلی‌فنول‌کل و رطوبت به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱).پودرکاکائوی بوداده شده در دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه، بیشترین مقدار شاخص قهوه‌ای‌شدن و امتیاز ارزیابی حسی و کمترین میزان مقادیر پلی‌فنول را نسبت به سایر نمونه‌ها نشان داد. بهینه‌سازی شرایط فرآیند بودادن تاثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های شیمیایی، حسی، قابلیت پذیرش و محتوای پلی‌فنول کل کاکائو داشت.

واژه‌های کلیدی: پودر کاکائو، بودادن، رنگ، پلی‌فنول

*مسئول مکاتبات: n.asefi@iaut.ac.ir

۱-مقدمه

لوبیای کاکائو ماده خام اولیه مورد استفاده در تولید پودر کاکائو و شکلات می‌باشد. کاکائو و محصولات آن علاوه بر عطر و طعم و خواص منحصر به فردشان به علت وجود میزان بالایی از ترکیبات پلی‌فنل در دانهٔ کاکائو، از دیدگاه تغذیه‌ای و دارویی نیز، مورد توجه می‌باشند .پلی‌فنل‌ها خواص آنتی اکسیدانی داشته و در سلامت قلب و اعصاب مفید هستند و دارای پتانسیل حفاظت در مقابل مواد شیمیایی می‌باشند (۵ ،۳۴). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی لوبیای کاکائو بالاتر از شراب قرمز، چای‌سبز یا سیاه است(۲۶). بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که مصرف کاکائو و شکلات تیره غنی از پلی‌فنل با کاهش سکته مغذی، تصلب شرایین، بیماری عروق کرونر، نارسایی قلبی و عروقی و مرگ و میر ناشی از بیماری درارتباط می‌باشد (۵). در انسان، محصولات کاکائویی غنی از فلاوانول، ظرفیت کل آنتی اکسیدان پلاسما را افزایش داده و به صورت دوسویه غلظت ترکیب واکنشی اسید تیوباربیتوریک‌پلاسماراکاهش‌می‌دهند (۲۰). آنتی اکسیدانهای موجود در غذا، حافظ بدن در برابر مواد شیمیایی موسوم به رادیکال‌های آزاد که به سلولها آسیب می‌رسانند می‌باشند (۸). پلی‌فنول‌های کاکائو از نظرحرارتی‌حساس‌هستند. به طور کلی، دمای بالای فرآیند و یا زمان طولانی‌تر آن، مقدار پلی فنول موجود درلوبیای‌کاکائو راکاهش می‌دهند(۱۶). این تخریب ها با اکسیداسیون آنزیمی و غیر آنزیمی که در طول فرایند تولید رخ می‌دهند، مرتبط شناخته شده‌اند (۳۱). کوته و همکارانش (۲۰۱۳) پژوهشی جهت بررسی تاثیر دما بر ترکیبات کاکائو را در طول فرایند بودادن انجام دادند و طبق گزارش شده مصرف کاکائو جهت ترویج بسیاری از فواید سلامتی پیشنهاد شد و گزارش شد که کاکائو یک منبع غنی از فلاوانول است. اما مقدار و پروفیل فلاوانول به شدت بستگی به نوع دانه، منشاء و روش فرآیند تولید دارد. بودادن به عنوان یک مرحله مهم در فرآیند تولید کاکائو، به عنوان فرایندی که منجر به کاهش‌فلاوانول‌شناخته‌شده، می‌باشد. همچنین داده‌ها، تغییرات قابل‌توجهی‌درمحتوای فلاوانول را نشان دادند. مقدار فلاوانول در دانه‌های جاوا در حدود ۵۰ ٪ کاهش یافت (۲۱). لوآنون و همکارانش (۲۰۱۵) نیز اثر بو دادن را بر محتوای فلاوانول، پروآنتوسیانیدین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های کاکائو مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که نرخ افت فلاوانول و پروانتوسیانیدین کل با درجه حرارت بو دادن، افزایش می‌یابد (۱۷). بو دادن یک مرحله مهم در فرآیند صنعتی تولید کاکائو است که هدف اصلی آن تبدیل لوبیاهای تخمیر شده‌ی خشک به ماده‌ای با عطر و طعم مشخص، شکنندگی مناسب (۳۴) و رطوبت حدود ۱٪ تا ۲٪ می‌باشد (۱۳). این فرآیند یک مرحله ضروری جهت توسعه عطر و طعم و رنگ کاکائو از پیش سازهای تشکیل شده در طول تخمیر و خشک کردن از طریق واکنش میلارد و تخریب استرکر است (۵ ،۷ ،۲۷). بررسی مقالات نشان دادند که حرارت مورد استفاده در این فرآیند، در محدوده دمایی ۱۳۰ تا ۱۵۰ درجه سلسیوس و زمانی بین ۱۵ تا ۴۵ دقیقه می‌باشد (۳۴). انتخاب پارامترهای بودادن، تعیین کننده فرایندهای شیمیایی و فیزیکی است که در داخل دانه‌ها رخ می‌دهد، و در نتیجه کیفیت محصولات نهایی را تعیین می‌کند. بودادن بر روی توانایی پلی فنول جهت واکنش با پروتئین اثر می‌گذارد، در نتیجه منجر به کاهش گسی می‌شود (۱۷). فنول‌ها به شدت با تلخی و گسی[1] کاکائو در ارتباط هستند (۶ ،۳۲). با عمل آنزیم‌ها در طول تخمیر، محصولات قهوه‌ای‌اضافی ازکینون‌ها واسیدهای‌آمینه‌آزاد تشکیل می‌شود. فعالیت این آنزیم‌ها به شدت با مقدار آب و درجه حرارت طی بو دادن رابطه دارد، در نتیجه تلخی و گسی محصولات کاکائو کاهش‌می‌یابد. محدوده‌های دمایی بو دادن بر محتوای پلی فنل دانه‌های‌کاکائو موثر است. بین غلظت پلی فنول و مدت زمان بودادن برخواص‌طعم‌کاکائواثرمتقابل وجود دارد (۱۹). اگرچه نسبتی از فنول‌ها در حین فرایند از بین می‌روند، اما پودر کاکائو به عنوان یک منبع آنتی اکسیدان بسیار قوی شناخته می‌شود (۱۴).

1-Astringency

رنگ به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی دانه‌های کاکائو شناخته شده است. فرض بر این است که رنگِ دانه‌های خام از ترکیبات پلی فنولیک و آنتوسیانین‌ها، در طول فرآیند تخمیر، به صورت محصولات بسپارش به اصطلاح فلوبافن‌ها[1] بدست می‌آید. این ترکیبات به تشکیل رنگ قهوه‌ای معمول دانه‌های کاکائو کمک می‌کنند. در طول فرایند بو دادن، تغییرات دیگری رخ می‌دهد، که توسط واکنش‌های اکسیداسیون و پلیمریزاسیون پلی فنول‌ها و تجزیه پروتئین‌ها ایجاد می‌شود. تشکیل رنگ مشخصه لوبیا همچنین توسط واکنش‌های میلارد و دکسترینیزاسیون نشاسته تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۳).کریسیاک و همکارانش (۲۰۱۳) گزارش کردند که میزان تغییر قهوه‌ای شدن لوبیای کاکائو به طور قابل توجهی توسط درجه حرارت و مدت زمان عمل حرارت دهی تعیین می‌شود. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای ۱۳۵درجه سانتی‌گراد سطح کافی‌ازقهوه‌ای‌شدن‌لوبیا را تضمین می‌کند (۲۳). مطالعات انجام شده نشان دادند که پارامترهای بودادن طی فرآیند تولید پودرکاکائو، نقش بسزایی در کیفیت محصول نهایی دارند. پژوهش‌های اندکی در رابطه با روابط بین شرایط بودادن، رنگ محصولات کاکائو و مقدار پلی‌فنول انجام شده‌است. به منظور پاسخگویی به مطالبات مشتریان، خواص پودر کاکائو (رنگ و محتوای پلی‌فنول) را می‌توان با استفاده از کنترل پارامترهای مختلف بودادن تعیین کرد، درایران تولید پودر کاکائو از دانه تنها منحصر به یک یا دو کارخانه می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده در این صنعت، بررسی تغییرات کیفی این محصول با توجه به ماشین الات موجود در کشور از طریق علمی تا کنون انجام نشده است. در حالیکه مزایای این محصول و طعم منحصر بفرد آن ایجاب میکند تا پژوهش‌های کثیری‌درخصوص‌عوامل‌کاهش دهنده کیفیت علی‌الخصوص تعیین مرزحرارتی موثر برکیفیت‌آن انجام‌گیرد. در این پژوهش پودرکاکائوتحت شرایط مختلف فرایند بودادن (دما و زمانهای مختلف) قرار گرفت و سپس برخی ویژگی‌های شیمیایی و حسی پودرکاکائو در شرایط مختلف فرایند بودادن مورد بررسی قرار گرفته و نحوه دقیق فرآیند و مشخصه‌های مورد نظر که بر روی خصوصیات محصول نهایی، در فرآیند بودادن تاثیرگذار می‌باشند، مشخص گردید و تاثیر سطوح مختلف فاکتورهای مهم جهت بهینه‌سازی فرایند بودادن به منظور حصول خصوصیات کیفی مطلوب صورت گرفت. در این راستا همچنین سعی بر آن شد که ترکیبات رنگی و کسرهای رنگ سنجی در شرایط مختلف بودادن مورد بررسی قرارگیرند، زیرا رنگ نیز یکی از ویژگی‌های مهم کیفی در صنعت کاکائو و فراورده‌های آن می‌باشد که با فرایند بودادن تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در مطالعهٔ حاضر دانهٔ کاکائوی Forastero کامرون بصورت تخمیر، خشک و بوجاری شده ازشرکت صنعتی شیرین عسل (تبریز، ساخت ایران) تهیه شد. کربنات پتاسیم(K_2CO_3)، هیدروکسید سدیم (NaOH)، n- هگزان، متانول، استیک اسید، گالیک اسید و سایرترکیبات مورد استفاده از شرکت شیمیایی‌سیگما (شرکت سیگما آلدریچ، ساخت آمریکا) خریداری شد.

۲-۲- آماده سازی نمونه‌ها

دانه‌های کاکائوی کامرون که مرحلهٔ cleaning (تمیزکردن، خشک‌کردن‌درهوای ۱۰۰ درجه به مدت ۳۲۰ ثانیه) را گذرانده بودند، از شرکت شیرین‌عسل تهیه شدند و در آزمایشگاه فرآیند قلیایی‌کردن (توسط کربنات پتاسیم ۰/۵ درصد و هیدروکسید سدیم ۱/۵ درصد) بر روی مغز دانه‌های کاکائو انجام شد.

۲-۳- فرآیند بودادن

آون در درجه حرارت مورد نظر تنظیم شد (۱۲۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ درجه سلسیوس). نمونه‌های ۷۵ گرمی بصورت تک لایه بر

1-phlobaphenes

روی فویل آلومینیومی پخش و در آون قرار گرفت و به مدت زمان مورد نظر (به مدت۲۰، ۳۰، ۴۰ دقیقه) بو داده شدند (باز و بسته کردن سریع درب آون قبل و پس از قرار دادن نمونه‌ها امکان پذیر بود). پس از اتمام عمل بودادن نمونه‌ها در دمای اتاق (۲۷ درجه سانتی‌گراد) خنک شده و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شد.

۲ -٤- آزمون های شیمیایی تیمارها

pH (pH سنج، برند شرکت Metrohm آلمان، دیجیتالی با دقت ۰/۱)، رطوبت در اون با برند Memert ساخت کشور المان با سیرکوله طبیعی هوا و با دقت C ±۱ تا محدود دمایی ۳۰۰درجه سانتیگراد و خاکستر کل در کوره با برند Memert ساخت کشور آلمان، طبق استاندارد ملی شماره ۳۸۳، اسیدیته چربی‌استخراجی طبق استاندارد ملی‌شماره ۴۱۷۸، برحسب درصد وزنی اسید اولئیک و پراکسید چربی استخراجی طبق استانداردملی‌شماره ۴۱۷۹، برحسب‌میلی‌اکی‌والان‌گرم اکسیژن فعال در کیلوگرم روغن اندازه گیری شدند.

۲-۵-اندازه‌گیری ترکیبات پلی فنول کل

مقدار پلی‌فنول‌کل تیمارهای تهیه شده در شرایط مختلف بو دادن با معرف سیوکالتو طبق روش لی و همکاران ۲۰۱۴ اندازه گیری شد (Li et al., 2014). مقدارجذب نمونه‌ها در طول موج 763 نانومتر در اسپکتروفتومتر (مدل HACH، ساخت امریکا) اندازه‌گیری شد. مقدار پلی فنول برحسب اکی والان اسیدگالیک به صورت میلی گرم برگرم بیان شد.

۲-٦- اندازه‌گیری رنگ

رنگ نمونه‌ها بعد از استخراج با محلول اسید کلریدریک غلیظ ومتانول‌بااستفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اچ ا سی اچ[1](ساخت کشورامریکا) طبق‌روش‌بنوهی (۲۰۰۵) اندازه گیری شد، مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۶۰ نانومتر و ۵۲۵ نانومتر تعیین شد. حاصل تقسیم مقدار جذب در طول موج ۴۶۰ نانومتر بر مقدارجذب‌درطول‌موج۵۲۵نانومتربه‌عنوان‌شاخص‌قهوه‌ای شدن بیان شد (۹).

۲-۷- ارزیابی حسی

ارزیابی‌حسی به روش بنوهی و ونتورا (۲۰۰۲) انجام شد (۲۹). برای تجزیه و تحلیل حسی۱۲گرم نمونه پودر شده با ۱۵ گرم ساکارزدریک بشر۴۰۰میلی‌لیتری‌مخلوط وسپس۳۰۰ میلی‌لیتر آب در دمای۵۵ درجه سلسیوس اضافه شد و جهت ایجاد سوسپانسیون همگن بهم زده شد. تیمارها با استفاده از ۸ ارزیاب آموزش دیده به منظور تخمین میزان شدت بو، عطر و طعم و رنگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پذیرش با استفاده از یک مقیاس ساختار یافته؛ امتیازات ۱-۵ (۱ بسیار بد؛ ۲ بد ؛ ۳ متوسط؛ ۴ خوب؛ ۵ بسیار خوب) انجام گرفت.

۲-۸- روش آماری

آزمایش‌های کیفی در سه تکرار و با استفاده ازفاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. فاکتور اول دمای بودادن در ۳ سطح (۱۴۰،۱۳۰،۱۲۰ درجه سلسیوس) وفاکتور دوم زمان بودادن در۳ سطح (۲۰، ۳۰ . ۴۰ دقیقه) بود. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزارآماری Mstatc انجام شد. از آزمون دانکن برای مقایسهٔ تفاوت بین میانگین مقادیر در سطح معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۱$) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثرات متغیرهای پژوهش بر ویژگی‌های شیمیایی تیمارها

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، دما و زمان اعمال شده درطی فرآیند بو دادن اثر معنی داری بر روی pH نمونه‌های کاکائو نداشتند، اما تاثیردما، زمان بو دادن واثرمتقابل آنها بر میزان رطوبت پودرهای کاکائوی تولیدی ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. میزان رطوبت به دست آمده در این تحقیق از ۳/۸ تا ۱/۷۱ متغیربوده و همان‌طورکه‌انتظار می‌رفت میزان رطوبت با افزایش

1-HACH

دما و زمان بو دادن کاهش یافت (جدول ۱). این نتایج مشابه آن‌چه توسط جیکنگ و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است، می‌باشد. این نویسندگان گزارش‌کرده اند که میزان رطوبت دانه‌های کاکائو در حین‌خشک‌شدن در دماهای مختلف کاهش می‌یابد (۱۰). ابیولا و تیو گزارش کرده‌اند که کاهش میزان رطوبت عامل‌کلیدی برای ماندگاری‌طولانی پودر کاکائو است که باعث کاهش فعالیت آبی، جلوگیری از چندین واکنش شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی می‌شود که می‌توانند کیفیت غذا را کاهش دهند (۱). هدف اصلی فرآیند بو دادن کاکائو رسیدن به محتوای رطوبت نهایی حدود ۲-۱ (گرم/ ۱۰۰گرم) است (۲۸).

جدول ۱- رطوبت، پلی فنول کل و رنگ در شرایط بو دادن مختلف*

نمونه		ترکیبات شیمیایی		
دما	زمان	رطوبت	پلی فنول کل	رنگ
درجه سلسیوس	دقیقه	(درصد وزنی وزنی)	(میلی‌گرم در گرم)	OD_{460}/OD_{525}
۱۲۰	۲۰	۳/۸۰±۰/۰٤^{a}	۱٦/۳۷±۰/۰٥^{a}	۱/۲۳±۰/۰۲^{h}
	۳۰	۳/۲۱±۰/۰۲^{c}	۱٦/۳٤±۰/۰۳^{a}	۱/۲۸±۰/۰۳^{h}
	٤۰	۲/۹۳±۰/۰۸^{d}	۱٥/۹۲±۰/۱۱^{b}	۱/۳٥±۰/۰٤^{g}
۱۳۰	۲۰	۳/٤۹±۰/۰٤^{b}	۱٥/٦۸±۰/۰٤^{b}	۱/٤۳±۰/۰٦^{f}
	۳۰	۲/۲۳±۰/۰٤^{e}	۱٤/٥۳±۰/۰٤^{c}	۱/٥۲±۰/۰۲^{e}
	٤۰	۲/۰۰±۰/۰۸^{f}	۱۳/۲۳±۰/۰۸^{d}	۱/٦٤±۰/۰۲^{d}
۱٤۰	۲۰	۲/۲۰±۰/۰۲^{e}	۱۲/۹۲±۰/۱٥^{e}	۱/۷۱±۰/۰٤^{c}
	۳۰	۱/۸۸±۰/۰٦^{f}	۱۱/۸۰±۰/۱٤^{f}	۱/۸۳±۰/۰۲^{b}
	٤۰	۱/۷۱±۰/۱۰^{g}	۱۰/٤٦±۰/۲٥^{g}	۱/۹۸±۰/۰۲^{a}

*اعداد، میانگین ±انحراف معیار از سه تکرار می باشد، حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

تاثیردماوزمان بو دادن برمیزان خاکستر، پراکسید چربی‌کاکائو معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$)، اما اثرمتقابل دما و زمان بر آن‌ها معنی دار نبود. میزان خاکسترکاکائو با افزایش دما و زمان بو دادن افزایش نشان داد و بین ۷/۳ تا ۹/۸۷ متغیر بود، مقدار خاکستر در تمام نمونه‌های آزمایشی پایین‌تر از حداکثر قابل قبول اعلام شده توسط اداره استاندارد ملی ایران (حداکثر۱۴ درصد) بدست آمد. نتایج بدست آمده نشان دادند که بو دادن باعث افزایش مقدار خاکستر کاکائو می‌شود (جدول۲ و۳). جیکنگ و همکاران (۲۰۱۸) و امایز و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (۱۰، ۲۴) و نشان دادند میزان خاکستر دانه‌های کاکائو با بو دادن افزایش می‌یابد. یوسف و همکارانش گزارش‌کردند که دمای زیاد بو دادن ممکن است باعث‌اکسیداسیون‌لیپیدها، ازبین‌رفتن‌اسیدهای‌چرب ضروری،از دست دادن اسیدهای آمینه ضروری و کربوهیدرات‌ها و از بین رفتن ویتامین‌ها شود. بو دادن منجر به افزایش مقدار پراکسید و تیوباربیتوریک اسید کره کاکائو می‌شود. با این حال، میزان خاکستر دانه‌های کاکائو افزایش یافت. محتوای مواد معدنی مانند آهن، فسفر، سدیم و منیزیم افزایش یافته، در حالی که فرآیند بو دادن میزان کلسیم را کاهش داد (۳۳). با این حال، این نتایج با نتایج گزارش شده توسط ایالا و اواند مطابقت نداشت (۳).

جدول ۲- تغییرات ترکیبات شیمیایی پودرهای کاکائو در دماهای مختلف بو دادن

دما (درجه سلسیوس)	خاکستر کل	اسیدیته چربی	پراکسید چربی
۱۲۰	۷/۹۰±۰/۴۵^{c}	۱/۳۴±۰/۰۸^{b}	۰/۳۴±۰/۰۷^{c}
۱۳۰	۸/۶۱±۰/۳۱^{b}	۱/۴۲±۰/۱۰^{ab}	۰/۵۸±۰/۰۹^{b}
۱۴۰	۹/۴۸±۰/۳۴^{a}	۱/۵۲±۰/۱۲^{a}	۰/۸۳±۰/۰۹^{a}

*اعداد، میانگین ±انحراف معیار از سه تکرار می باشد، حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳- تغییرات ترکیبات شیمیایی پودرهای کاکائو با زمان‌های مختلف بو دادن

زمان (دقیقه)	خاکستر کل	اسیدیته	پراکسید چربی
۲۰	۸/۱۸±۰/۷۰^{c}	۱/۲۸±۰/۰۵^{b}	۰/۴۹±۰/۱۹^{b}
۳۰	۸/۷۳±۰/۶۲^{b}	۱/۴۶±۰/۰۶^{ab}	۰/۵۶±۰/۱۹^{b}
۴۰	۹/۰۸±۰/۶۰^{a}	۱/۵۴±۰/۰۹^{a}	۰/۷۰±۰/۲۱^{a}

*اعداد، میانگین ±انحراف معیار از سه تکرار می باشد، حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

تغییرات مقدار پراکسید نمونه‌های روغن کاکائو در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. افزایش قابل توجهی ($P<۰/۰۱$) در میزان پراکسید در تمام نمونه‌های فرآوری شده، با افزایش دما و زمان بودادن ثبت شد، با این حال این اعداد در دامنه مورد قبول استاندارد ملی‌ایران، کمتر از ۱ (درصد وزنی وزنی) بود. مطابق نتایج بدست آمده، با بودادن سنتی توسط آون، میزان تشکیل هیدروپراکسیدها افزایش یافت. گزارش شده است که گرما باعث شروع اکسیداسیون لیپیدها می‌شود و این امر منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد شده، که می‌توانند به راحتی با اکسیژن مولکولی واکنش نشان داده و در مرحله انتشار[1]، هیدروپراکسیدها را تشکیل دهند. مقدار اسیدیته چربی نیز در نمونه‌های کاکائوی فرآوری شده افزایش یافت که این ممکن است به هیدرولیزگرمایی‌تری گلیسیریدهای نمونه‌ها نسبت داده شود (۱۱).

تاثیردما ($P<۰/۰۵$) وزمان ($P<۰/۰۱$) بو دادن برمیزان اسیدیته روغن کاکائو معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. مطابق نتایج بدست آمده (جدول ۲ و۳) مقدار اسیدیته چربی در نمونه‌های‌کاکائوی فرآوری شده افزایش یافته است. مقدار اسیدیته در تمام نمونه‌ها کمتر از بیشینه مقدار اسیدیته توصیه شده توسط استاندارد ملی ایران (۱/۷۵) بود. نتایج پژوهشی که توسط جیناپ و دیمیکج بر روی سی و سه نمونه دانه کاکائوی بو داده در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت۲۰ دقیقه (بو دادن کوتاه) یا ۳۰ دقیقه (بو دادن طولانی) انجام دادند گزارش کردند که همه اسیدهای فرار در طول بو دادن طولانی دانه‌های کاکائوکاهش‌می‌یابد به جز اسید بوتیریک که افزایش‌می‌یابد. افزایش‌اسیدیته در این مطالعه به علت افزایش اسیدهای غیر فرار موجود در دانه کاکائو است که هم راستا با پژوهش ذکر شده می‌باشد (۱۸).

1- Propagation Stage

۳-۲- تأثیر متغیرهای پژوهش بر رنگ و کسر رنگ سنجی (مقدار OD_{460}/OD_{525}) پودر کاکائو

رنگ یک پارامتر مهم است که همراه با رطوبت برای کنترل فرآیند استفاده می‌شود. رنگ در لوبیای کاکائو به عنوان شاخص پیشرفت واکنش‌های قهوه‌ای شدن و کارامل سازی استفاده می‌شود و دما عامل اصلی این تغییرات است(۲۲ ،۳۰ ،۳۴). نسبت OD_{460}/OD_{525} به عنوان شاخص قهوه‌ای شدن دانه کاکائو می‌باشد (۲) و این نسبت در کاکائوی بو داده باید حداقل ۱/۱ باشد. اگر کمتر از ۱باشد، نشانگر این است که کاکائو به درستی تخمیر و بو داده نشده است (۹ ،۲۲ ،۲۳). بر اساس نتایج آماری‌مشخصات رنگ و کسررنگی نمونه‌ها در تیمارهای مختلف، اختلاف آماری معنی‌دار دارند ($P \leq ۰/۰۵$).نتایج نشان دادند که با افزایش دما و زمان بو دادن میزان رنگ به طور معنی‌داری افزایش‌پیداکرد و فقط در نمونه‌های ۱۴۰ درجه سلسیوس در زمان‌های ۳۰ و ۴۰ دقیقه افزایش معنی دار نبود. بالاترین میزان رنگ در بین نمونه‌های بدست آمده، طی بو دادن در دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه و کمترین میزان رنگ مربوط به دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس و زمان ۲۰ دقیقه بدست آمد (جدول ۱). این نتایج با نتایج حاصل از ارزیابی حسی برای رنگ ظاهری نمونه‌ها مطابقت دارد (جدول ۴ و ۵). بطوریکه در دماها و زمان‌های بالاتر بو دادن رنگ پودرهای کاکائو قهوه‌ای تیره‌تر بود و گروه ارزیاب حسی بالاترین امتیاز رنگ را به نمونه مربوط به دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس، زمان ۴۰ دقیقه دادند. در سایر پژوهش‌ها نیزبا افزایش دمای بودادن لوبیای کاکائو، افزایش نسبت OD_{460}/OD_{525} ثبت شده است (۲۳، ۲۸). ترکیبات مسئول رنگ مناسب دانه‌ها هنوز به طور کامل شناخته نشده است. فرض می‌شود که رنگِ دانه‌های خام از ترکیبات پلی فنولیک و آنتوسیانین‌ها، که در طول فرآیند تخمیر، با توجه به تحولات مختلف، به صورت محصولات بسپارش[1]به اصطلاح فلوبافن‌ها[2] بدست می‌آید. این ترکیبات به تشکیل رنگ قهوه‌ای معمول دانه‌های کاکائو کمک می‌کند. در طول فرایند بو دادن، تغییرات‌دیگری‌رخ‌می‌دهد،که توسط واکنش‌های اکسیداسیون و پلیمریزاسیون پلی فنول‌ها و تجزیه پروتئین‌ها ایجاد می‌شود. تشکیل رنگ مشخصه لوبیا همچنین توسط واکنش‌های میلارد و دکسترینیزاسیون[3] نشاسته تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۳).

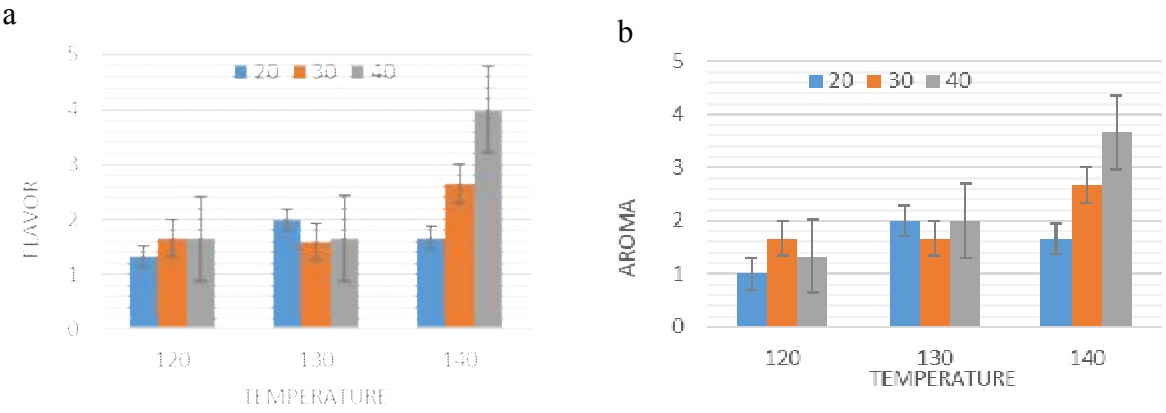
۳-۳- بررسی تأثیر متغیرهای پژوهش بر روی مقدار پلی فنول کل پودر کاکائو

تاثیر دما، زمان بو دادن و اثر متقابل دما و زمان بر میزان پلی فنول کل پودرهای کاکائوی تولیدی ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود و همان طور که انتظار می‌رفت نتایج به دست‌آمده نشان دادند که افزایش‌دماوزمان‌بو دادن تاثیرات منفی بر روی پلی فنولهای کاکائوداشت بطوریکه در دماها و زمان‌های بالاتر، بیشترین تخریب مشاهده شد (جدول ۱) . سایر پژوهش‌ها نیز مشاهدات مشابهی را گزارش‌کردند (۱۰،۱۲، ۱۷ ،۳۴) که در آن‌ها درجه حرارت‌بالاوزمان‌بیشتر فرآیند به طور معمول مقدار پلی‌فنولهای کاکائو را کاهش داد (۲۳). جدول ۱ نشان می‌دهدکه با افزایش دما و زمان بو دادن مقدار پلی فنول‌های کاکائو کاهش یافت. کاهش شدید فنول‌ها در طی تخمیر، خشک کردن و بو دادن دانه‌های کاکائو به علت اکسیداسیون آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهد. بودادن به عنوان یک مرحله مهم در فرآیند تولید پودر کاکائو و به عنوان فرایندی که منجر به کاهش فلاوانول شناخته شده، می‌باشد (۲۱). کاهش ترکیبات پلی فنل درکاکائو به شدت وابسته به اکسیداسیون این ترکیبات به کوئینون‌های مربوطه است، به این ترتیب اجازه پلیمریزاسیون و تشکیل ترکیبات رنگدانه نامحلول با وزن مولکولی بالا را می‌دهد. همچنین واکنش آنها با پروتئین‌ها باعث کاهش محتوای پلی فنول‌های کل می‌شود (۱۴).

1-Polycondensation
2-Phlobaphenes
3-Dextrinization

۳ -٤- نتایج به دست آمده از ارزیابی حسی تیمارها

پذیرش و مقبولیت محصولات جدید از طرف مصرف کننده‌ها همواره موجب نگرانی تولیدکنندگان بوده است. در این مطالعه، با توجه به این‌که شرایط مختلف بو دادن عمدتاً بر عطر و طعم، رنگ و آرومای محصولات تأثیر می‌گذارد و این ویژگی‌ها جزء مهم‌ترین ویژگی‌های موثر در پذیرش کیفی توسط مصرف‌کننده است، بنابراین در ارزیابی حسی پودرهای کاکائوی تولیدی این ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان دادند که تاثیر دما، زمان بو دادن برعطر و طعم، رنگ و آرومای کاکائو معنی‌دار بود، اما اثر متقابل دما و زمان بر روی رنگ معنی‌دار نبود($P>۰/۰۵$)، در حالی که بر روی عطرو طعم و آروما معنی دار بود ($P<۰/۰۱$).



شکل ۱. a. اثر شرایط مختلف بو دادن بر عطر و طعم، b. اثر شرایط مختلف بو دادن بر آروما

همان‌طورکه در شکل ۱ قابل مشاهده است، بیشترین امتیاز عطر وطعم(۴)مربوط‌به نمونه‌ی بو داده شده در ۱۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه بود. در دماهای پایین یا زمان‌های کم بو دادن نمونه‌های کاکائو عطر و طعم و آرومای ضعیف‌تری را نشان دادند (شکل ۱). نتایج گزارش شده توسط هی و همکارانش نیز با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که درجه حرارت بالا باعث می‌شود که کاکائو برشته شود تا طعم کاکائوی کاملا بو داده شده را ایجاد کند که در ساخت شکلات مطلوب است (۱۵). اما آکینوسو و آدیانجو نتایج متفاوتی را گزارش‌کردند. در نتایج آنها نمرات بالاتر پذیرش حسی از دماهای بو دادن ۹۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد به دست آمد. از سوی دیگر، پذیرش حسی برای نمونه‌های به دست آمده از درجه حرارت بالا (۱۵۰ تا ۱۶۰ درجه سلسیوس)، از لحاظ عطر و طعم، بافت و کیفیت کلی به طور قابل توجهی پایین تر بود (۴). گروه ارزیاب حسی بالاترین امتیاز آروما (۳/۶۶) را به نمونه کاکائوی بو داده در دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۰ دقیقه دادند. از نظر آنها بین نمونه‌های بو داده در دماهای ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های۲۰ و۳۰ دقیقه از نظرآروما تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و این نمونه‌ها امتیاز آرومای پایین‌تری کسب کردند (شکل ۱).

جدول ٤- تغییرات رنگ پودرهای کاکائو در دماهای مختلف بو دادن

دما(درجه سلسیوس)	۱۲۰	۱۳۰	۱٤۰
امتیاز رنگ	۱/٤٤±۰/۳۱^{b}	۱/٦٦±۰/٤۷^{b}	۳/۲۲±۰/۸۳^{a}

جدول ۵- تغییرات رنگ پودرهای کاکائو با زمان‌های مختلف بو دادن

زمان (دقیقه)	۲۰	۳۰	٤۰
امتیاز رنگ	۱/۵۵±۰/۵٦^{b}	۲/۰۰±۰/۷۲^{b}	۲/۷۷±۱/۱۳^{a}

تغییرات رنگ پودرهای کاکائو در دماها و زمان‌های مختلف بو دادن در جدول ۳ و۴ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج حاصل از گروه ارزیاب حسی (جدول ۳ و۴) با نتایج آنالیزرنگ نمونه‌ها (جدول۱) مطابقت دارد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۲۲ ، ۲۳).

٤- نتیجه‌گیری

تشکیل ترکیبات‌رنگ در طول واکنش میلارد به زمان و درجه حرارت‌مرحله‌بودادن بستگی دارد. بنابراین با بهبود پارامترهای بو دادن، میتوان رنگ پودر کاکائو را تغییر داد. پودر کاکائو تحت دماها و زمان‌های مختلف بو دادن قرار گرفت و ویژگی های رنگ، کسرهای رنگی، محتوای پلی فنول و برخی خواص شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. افزایش دمای بودادن تا ۱۴۰درجه سلسیوس و زمان بودادن تا ۴۰ دقیقه باعث افزایش رنگ و پذیرش حسی بالاتر کاکائو شد، اما این تیمار حاوی پلی‌فنول پایین‌تری بود. از آنجا که محتوای پلی فنول در این تیمار در حد قابل قبول بود، در نتیجه میتواند به عنوان یک تیمار مناسب در نظر گرفته شود.

۵-سپاسگزاری

این مطالعه توسط شرکت شیرین عسل (شرکت پودرکاکائو در تبریز، ایران) پشتیبانی شد. نویسندگان از آقای یونس‌ژاله (مدیر اجرایی‌شرکت شیرین عسل) برای ارائه امکانات انجام پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

٦-منابع

1. ABIOLA, S. and TEWE, O. 1991. Chemical evaluation of cocoa by-products [for poultry and livestock feeds]. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)*, 68: 335-336.
2. AFOAKWA, E. O., BUDU, A. S., MENSAH-BROWN, H., TAKRAMA, J. and OFOSU-ANSAH, E. 2014. Effect of roasting conditions on the browning index and appearance properties of pulp pre-conditioned and fermented cocoa (Theobroma Cacao) beans. *J Nutr Health Food Sci,* 2**:** 1-5.
3. AJALA, A. and OJEWANDE, K. 2014. Study on drying of fermentated cocoa beans (Theobroma cacao). *International Journal of Innovation and Applied Studies,* 9(2)**:** 931.
4. AKINOSO, R. and ADEYANJU, J. A. 2012. Optimization of edible oil extraction from ofada rice bran using response surface methodology. *Food and bioprocess technology,* 5**:**1372-1378.
5. APROTOSOAIE, A. C., LUCA, S. V. and MIRON, A. 2016. Flavor chemistry of cocoa and cocoa products—an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* 15**:**73-91.
6. ARLORIO, M., LOCATELLI, M., TRAVAGLIA, F., COISSON, J.-D., DEL GROSSO, E., MINASSI, A., APPENDINO, G. and MARTELLI, A. 2008. Roasting impact on the contents of clovamide (N-caffeoyl-L-DOPA) and the antioxidant activity of cocoa beans (Theobroma cacao L.). *Food Chemistry,* 106**:** 967-975.
7. BECKETT, S. T. 2009. Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition. *In Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition*
8. BECKETT, S. T. 2011. *Industrial chocolate manufacture and use*, John Wiley & Sons.

SERAFINI, M. and SACCHETTI, G. 2015. Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (Theobroma cacao L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food chemistry,* 174**:** 256-262.

18. JINAP, S. and DIMICK, P. S. 1991. Effect of roasting on acidic characteristics of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 54**:** 317-321.
19. JINAP, S., ROSLI, W. W., RUSSLY, A. and NORDIN, L. 1998. Effect of roasting time and temperature on volatile component profiles during nib roasting of cocoa beans (Theobroma cacao). *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 77**:** 441-448.
20. KEEN, C. L., HOLT, R. R., OTEIZA, P. I., FRAGA, C. G. and SCHMITZ, H. H. 2005. Cocoa antioxidants and cardiovascular health. *The American journal of clinical nutrition,* 81**:**298S-303S.
21. KOTHE, L., ZIMMERMANN, B. F. and GALENSA, R. 2013. Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting. *Food chemistry,* 141**:** 3656-3663.
22. KRYSIAK, W. 2006. Influence of roasting conditions on coloration of roasted cocoa beans. *Journal of food engineering,* 77**:** 449-453.
23. KRYSIAK, W., ADAMSKI, R. and ŻYŻELEWICZ, D. 2013. Factors affecting the color of roasted cocoa bean. *Journal of Food Quality,* 36**:** 21-31.
24. LARES AMAíZ, M. D. C., GUTIERREZ, R., PEREZ, E. and ÁLVAREZ, C. 2012. Effect of roasting process on physical and physicochemical properties, proximate composition and fatty acid profile of the cocoa bean from Miranda state, Venezuela.
25. LI, Y., ZHU, S., FENG, Y., XU, F., MA, J. and ZHONG, F. 2014. Influence

9. BONVEHí, J. S. 2005. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder. *European Food Research and Technology,* 221**:** 19-29.
10. DJIKENG, F. T., TEYOMNOU, W. T., TENYANG, N., TIENCHEU, B., MORFOR, A. T., TOUKO, B. A. H., HOUKETCHANG, S. N., BOUNGO, G. T., KARUNA, M. S. L. and NGOUFACK, F. Z. 2018. Effect of traditional and oven roasting on the physicochemical properties of fermented cocoa beans. *Heliyon,* 4**:** 00533.
11. FAO, W. 2009. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. *Environmental Health Criteria,* 240.
12. GARCíA-ALAMILLA, P., LAGUNES-GáLVEZ, L. M., BARAJAS-FERNáNDEZ, J. and GARCíA-ALAMILLA, R. 2017. Physicochemical changes of cocoa beans during roasting process. *Journal of Food Quality,* 2017.
13. GIACOMETTI, J., JOLIĆ, S. M. and JOSIĆ, D. 2015. Cocoa processing and impact on composition. *Processing and impact on active components in food. Elsevier*, 605-612.
14. GULTEKIN-ÖZGUVEN, M., BERKTAŞ, I. and ÖZCELIK, B. 2016. Change in stability of procyanidins, antioxidant capacity and in-vitro bioaccessibility during processing of cocoa powder from cocoa beans. *LWT-Food Science and Technology,* 72**:** 559-565.
15. HII, C. L., MENON, A. S., CHIANG, C. L. and SHARIF, S. 2017. Kinetics of hot air roasting of cocoa nibs and product quality. *Journal of Food Process Engineering,* 40(3): e12467.
16. HURST, W. J., KRAKE, S. H., BERGMEIER, S. C., PAYNE, M. J., MILLER, K. B. and STUART, D. A. 2011. Impact of fermentation, drying, roasting and Dutch processing on flavan-3-ol stereochemistry in cacao beans and cocoa ingredients. *Chemistry Central Journal,* 5**:** 1-10.
17. IOANNONE, F., DI MATTIA, C. D., DE GREGORIO, M., SERGI, M.,

of alkalization treatment on the color quality and the total phenolic and anthocyanin contents in cocoa powder. *Food Science and Biotechnology,*23**:** 59-63.

26. MAZOR JOLIĆ, S., RADOJČIĆ REDOVNIKOVIĆ, I., MARKOVIĆ, K., IVANEC ŠIPUŠIĆ, Đ. and DELONGA, K. 2011. Changes of phenolic compounds and antioxidant capacity in cocoa beans processing. *International journal of food science & technology,* 46**:** 1793-1800.
27. RAMLI, N., SURIAH, A., HASSAN, O., YATIM, A. M., SAID, M., LIM, L. S. and NG, W. F. 2000. Caffeine and theobromine levels in chocolate couverture and coating products. *Malaysian journal of nutrition,* 6**:** 55-63.
28. SACCHETTI, G., IOANNONE, F., DE GREGORIO, M., DI MATTIA, C., SERAFINI, M. and MASTROCOLA, D. 2016. Non enzymatic browning during cocoa roasting as affected by processing time and temperature. *Journal of Food Engineering,* 169**:** 44-52.
29. SERRA BONVEHí, J. and VENTURA COLL, F. 2002. Factors affecting the formation of alkylpyrazines during roasting treatment in natural and alkalinized cocoa powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50**:** 3743-3750.
30. SHAKER ARDEKANI, A., KARIM, R., GHAZALI, H. M. and CHIN, N. L. 2011. Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels. *Moisture Content and Colour of Pistachio Kernels (March 30, 2011).*
31. TOMAS- BARBERáN, F. A., CIENFUEGOS- JOVELLANOS, E., MARíN, A., MUGUERZA, B., GIL-IZQUIERDO, A., CERDá, B., ZAFRILLA, P., MORILLAS, J., MULERO, J. and IBARRA, A. 2007. A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 55**:** 3926-3935.
32. VOIGT, J. and BIEHL, B. 1995. Precursors of the cocoa-specific aroma components are derived from the vicilin-class (7S) globulin of the cocoa seeds by proteolytic processing. *Botanica Acta,* 108**:** 283-289.
33. YOUSSEF, M. M. 2019. Effect of Roasting on Physicochemical Properties of Cocoa Beans. *Alexandria Journal of Food Science and Technology,* 16**:** 1-7.
34. ŻYŻELEWICZ, D., KRYSIAK, W., NEBESNY, E. and BUDRYN, G. 2014. Application of various methods for determination of the color of cocoa beans roasted under variable process parameters. *European Food Research and Technology,* 238**:** 549-563.

(Original Research Paper)

Investigation of the Effect of Cocoa Roasting Temperature and Time on Total Polyphenols, Chemical Properties and Sensory Properties of Cocoa Powder

Samaneh Ebrahimzadegan[1], Narmela Asefi[2*], Ramin Maleki[3], Seyyed Sadegh Seyyed lou Heris[4]

1-PhD Student of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3-Assistant Professor, Research Department of Chromatography, Iranian Academic Center for Education, Culture & Research (ACECR), Urmia Branch, Urmia, Iran.
4- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran.

Received 24/08/2021 Accepted: 13/10/2021

Abstract

Roasting is an important step in cocoa bean processing. Heating leads to the formation of many beneficial properties of cocoa such as flavor, color, texture. However, these positive changes can also be accompanied by reactions that reduce the content of active compounds such as polyphenols. Polyphenols have positive therapeutic properties and are associated with the nutritional value of cocoa, but they cause a feeling of bitterness and have a negative effect on the flavor of cocoa. Therefore, it is important to choose the suitable conditions for roasting cocoa. The aim of this study was to investigate the effect of roasting parameters (temperature, time) on chemical, sensory, color and phenolic properties of cocoa powder. In the present study, temperature at three levels (120, 130 and 140 °C) and time at three levels (20, 30 and 40 minutes) were used for roasting. The results showed that with changing roasting temperature and times, browning index (OD_{460} / OD_{525}) ($P \leq 0.05$), polyphenol content and humidity reduced significantly ($P \leq 0.01$). Roasted cocoa powder at 140 °C for 40 minutes showed the highest amount of browning index and sensory evaluation score and the lowest amount of polyphenols compared to other samples. Optimization of roasting process conditions had a significant effect on the acceptability, chemical and sensory properties and polyphenol content of cocoa.

Keywords: Cocoa Powder, Roasting, Color, Polyphenol

*Corresponding Author: n.asefi@iaut.ac.ir