

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شکلات تلخ فراسودمند دارای قارچ گانودرما لوسیدوم (*Ganoderma lucidum*)

یاسمین زهرا بازیار^a، محمد ربانی^{b*}، محمد حسین عزیزی^c

^a دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^c استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳

۵

چکیده

مقدمه: قارچ گانودرما یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید محصولات غذایی فراسودمند بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متعادل، می‌تواند به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای غذاها مورد استفاده قرار گیرند. در این پژوهش سعی بر این شد که فرمولاسیونی نوین در جهت ارتقا سلامت و تندرستی بکار برده شود.

مواد و روش‌ها: تیمارهای شکلات مورد بررسی در این تحقیق، تیمار ۱ (شاهد)، تیمار ۲ (دارای ۵ درصد قارچ گانودرما لوسیدوم)، تیمار ۳ (دارای ۱۰ درصد گانودرما لوسیدوم) و تیمار ۴ (دارای ۱۵ درصد گانودرما لوسیدوم) بود. آزمون انجام شده شامل بررسی میزان فیبر، اندیس تیوباریتوریک اسید، اندیس پراکسید، شاخص رنگی، رطوبت، چربی، پروتئین، ارزیابی حسی، تعیین اسیدیته، pH و سختی بود. مطالعات در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج بدست آمده در نمونه‌های شکلات میزان اسیدیته و pH، درصد چربی و رطوبت در تیمارهای مختلف با همدیگر اختلاف معناداری از نظر آماری نداشتند ($p < 0/05$)، اما درصد پروتئین و فیبر در تیمارهای مختلف با افزایش درصد قارچ گانودرما لوسیدوم افزایش یافت ($p > 0/05$). بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش درصد قارچ گانودرما لوسیدوم اندیس پراکسید و اندیس تیوباریتوریک نیز کاهش یافت. با افزایش درصد قارچ گانودرما لوسیدوم میزان قرمزی (a^*) نیز افزایش و میزان زردی (b^*) و روشنایی (L^*)، و سختی در نمونه‌های شکلات کاهش یافت. در نمونه‌های شکلات با افزایش درصد قارچ گانودرما لوسیدوم امتیاز شیرینی، بافت، رنگ، ذوب در دهان و پذیرش کلی کاهش یافت ($p > 0/05$) و در بین نمونه‌ها، نمونه حاوی ۵ درصد قارچ گانودرما لوسیدوم امتیاز بالاتر را کسب نمود.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج به دست آمده، استفاده از قارچ گانودرما در فرمولاسیون محصولات می‌تواند شکلات می‌تواند فرمولاسیون نوینی در جهت ارتقا سلامت و تندرستی ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: شکلات تلخ، فراسودمند، گانودرما لوسیدوم

مقدمه

قارچ‌ها از دیرباز به لحاظ خواص دارویی در کشورهای شرق آسیا مورد توجه بوده‌اند. برای مثال ژاپنی‌ها به طور سنتی شیتاکه (*Lentinus edodes*) را به عنوان اکسیر زندگی، تقویت کننده روح و جسم استفاده می‌کردند. از جمله خواص قارچ‌ها می‌توان به خواص ضدباکتریایی، ضد ویروسی، ضدقارچی، ضدحساسیت، تقویت سیستم ایمنی، ضدتوموری، کاهش قند و فشار خون و ... قارچ‌های مختلف اشاره کرد (Lindequist et al., 2005).

یکی از قارچ‌هایی که به لحاظ دارا بودن خواص درمانی متعدد به عنوان بهترین و مؤثرترین قارچ دارویی نام‌گذاری شده است قارچ *Ganoderma lucidum* می‌باشد (Mayzumi et al., 1997). قدیمی‌ترین گزارش از گونه‌های *Ganoderma* در ایران مربوط به سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۸ شد. با توجه به شرایط اقلیمی کشور و وجود اقلیم‌های معتدل مرطوب گرم و خشک، پراکندگی این گونه‌ها در ایران متفاوت است. در نواحی معتدل و مرطوب حاشیه دریای خزر، وجود گونه‌هایی از این جنس امری طبیعی است (Keypour et al., 2009).

با توجه به وجود ترکیبات زیست فعال این قارچ، از جمله پلی‌ساکاریدها، مجموعه پلی‌ساکارید - پپتید، β -گلوکان، لکترین، ژرمانیم آلی، آدنوزین، تری‌ترپنوئیدها، فنل‌ها، استروئیدها، اسید آمینه‌ها، لیگنین، مایسین، ویتامین‌ها، نوکلئوتیدها و نوکلئوزیدها، اخیراً توجه ویژه‌ای به استفاده از آن در محصولات غذایی ایجاد شده که هر یک از این ترکیبات، دارای اثرات دارویی برجسته‌ای هستند. اگرچه، میزان مطلوب افزودن این قارچ با کیفیت و نوع محصول متفاوت است، با این حال برحسب فرآورده‌های به کار گرفته شده در تولید، افزودن گانودرما لوسیدوم می‌تواند نوید بخش تولید یک محصول سالم با ویژگی‌های مطلوب و با کیفیت باشد. β/α گلوکان، گلیکوپروتئین‌ها و هتروپلی ساکاریدها مهم‌ترین پلی‌ساکاریدهای شناسایی شده در گانودرما لوسیدوم می‌باشند که از مونوساکاریدهای زیادی مانند گلوکز، گالاکتوز، مانوز و فروکتوز تشکیل شده‌اند. از سوی دیگر، پری‌بیوتیک‌ها مواد غیر قابل هضم هستند که از بخش فوقانی دستگاه گوارش به شکل دست نخورده عبور می‌کنند و می‌توانند به عنوان سوبسترا توسط میکروارگانیسم‌های دستگاه گوارش مصرف شده، و مزایای

سلامت بخش برای میزبان به همراه بیاورد (El Sheikh., 2022). غذاهای فراسودمند افزون بر ارزش تغذیه‌ای پایه، دست کم دارای یک خاصیت مشخص و به اثبات رسیده ارتقای سلامت و پیشگیری کننده و کاهش دهنده بیماری هستند و شامل مجموعه‌های متنوعی مانند: مکمل‌های غذایی، غذاهای غنی شده با ویتامین‌ها و مواد معدنی آنتی‌اکسیدان‌ها و غیره می‌باشد. غذاهای فراسودمند برای اولین بار از اوایل سال ۱۹۸۰ در ژاپن مورد استفاده قرار گرفتند اما نکاتی سبب شده است تا این غذاها از آن زمان تا به امروز دارای رشد روز افزونی باشند. مطالعات جدید بر مبنای رابطه رژیم غذایی و جلوگیری از بیماری‌های سخت و مزمن یکی از آنهاست. از سوی دیگر، بالا رفتن سن افراد در کشورهای توسعه یافته و افزایش دلواپسی برای حفظ سلامت افراد مسن که بیشتر در معرض بیماری‌ها خصوصاً بیماری‌هایی مانند سرطان، پوکی استخوان، دیابت، بیماری‌های قلبی و سکتة قرار دارند نیز از دلایل دیگر است (Henry., 2010).

شکلات یکی از مواد غذایی بسیار پرطرفدار است که دارای اثرات مفید تغذیه‌ای می‌باشد. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۶۰۸، شکلات فرآورده‌ای است که از مخلوط یک یا چند از مشتقات مغز دانه کاکائو نظیر کره کاکائو، خمیر کاکائو، کیک کاکائو، پودر کاکائو به نسبت‌های مشخص مطابق استاندارد مربوطه تهیه شده و سایر مواد اختیاری نظیر شیر خشک، شکر و مواد افزودنی مجاز نیز می‌تواند در ترکیب آن بکار رود. بیش از صد سال است که در بیشتر کشورها شکلات به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا و طعم مطلوب، یکی از پرطرفدارترین مواد غذایی محسوب می‌شود. از طرف دیگر امروزه باتوجه به میزان کم موادی مانند اسیدهای چرب ضروری و آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی روزانه، نیاز به جبران آن با مصرف غذاهای حاوی این ترکیبات است. این ترکیبات از نظر تغذیه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار بوده و در جلوگیری از بیماری‌های قلبی - عروقی، بهبود توان ذهنی و حافظه، جلوگیری از پیری زودرس، افزایش رشد ماهیچه، افزایش جذب کلسیم، درمان افسردگی، درمان پوکی استخوان، بهبود عملکرد دستگاه گوارش، جلوگیری از آسم، آلزایمر، میگرن، بیش فعالی و آکنه تاثیرگذار است (Beckett., 2000). Khodavardian Dehkordi و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی خواص تغذیه

سپس دما را به ۵۵ درجه سانتیگراد کاهش دادند و به مدت ۳۰ دقیقه در این دما باقی ماندند. دمای نمونه‌ها به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه به ۲۸ درجه سانتیگراد کاهش داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگهداری شد تا در حین اختلاط توسط میکسر عملیات تمپر انجام شود. ۵ دقیقه قبل از انتقال نمونه‌ها به قالب‌های پلاستیکی، دما تا ۳۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت. پس از این مدت، نمونه‌ها به قالب منتقل شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. نمونه‌ها پس از خارج شدن از قالب‌ها در فویل آلومینیومی مهر و موم شدند و برای زمان آزمایش در یخچال نگهداری شدند (Moradali et al., 2007). نمونه شاهد نیز به همین ترتیب تهیه شد، با این تفاوت که *G. lucidum* به ترکیب اضافه نشد. تیمارها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- معرفی تیمارهای مورد آزمون در تحقیق
Table 1- Introducing the treatments tested in the research

Samples	Contents
Treatment 1 (control)	No <i>Ganoderma lucidum</i> mushroom
Treatment 2	contains 5% <i>Ganoderma lucidum</i> mushroom
Treatment 3	contains 10% <i>Ganoderma lucidum</i> mushroom
Treatment 4	contains 15% <i>Ganoderma lucidum</i> mushroom

- آزمون‌های شکلات

نمونه‌های شکلات در دمای یخچال نگهداری شده و در روز یک و روز ۱۲۰ (۴ ماه بعد از تولید) مورد بررسی قرار گرفتند.

- تعیین فیبر

این آزمایش طبق روش AOCC شماره ۱۰-۳۲ (Abeyasinghe & Illeperuma., 2006) انجام شد. ابتدا نمونه با پترولیوم اثر چربی زدایی شد. سپس ۳ گرم از نمونه بدون چربی در بوتله دستگاه Ankom (ایتالیایی) ریخته شد و ۲۰۰ میلی لیتر H_2SO_4 (۰٫۲۵۵ نیوتن) به آن اضافه شد. عملیات جوشاندن به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد و پس از این مرحله اسید با خلاء تخلیه شد. ۲۰۰ میلی لیتر محلول NaOH (۰٫۱۳۳ نیوتن) مجدداً به بوتله مواد اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد و سپس مخلوط حاصل در

ای-فارماکولوژیکی قارچ گانودرما لوسیدوم بر درمان بیماری‌ها، بیان نمودند که پلی ساکاریدهای موجود در قارچ دارویی گانودرما خواص تقویت سیستم ایمنی، آنتی اکسیدانی، ضدباکتری و ض دوپروسی دارند و تنظیم کننده عمل کبد، روده و کلیه هستند. پروتیین‌های متصل به پلی ساکاریدهای استخراج شده در آن خواص ضدویروس، ضد تورم و سم زا هستند. Saltarelli و همکاران در سال ۲۰۰۹ در بررسی خواص آنتی‌اکسیدان قارچ *Ganoderma lucidum*، نشان دادند که وجود پلی فنل‌ها در گانودرما لوسیدوم علت این فعالیت می‌باشد. دانشمندان معتقدند که خاصیت آنتی اکسیدان این مواد به علت فعالیت احیاکنندگی و جذب رادیکال‌های اکسیژن می‌باشد. قارچ گانودرما در تولید انواع قهوه و چای، مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق پتانسیل بکارگیری قارچ گانودرما لوسیدوم (*Ganoderma lucidum*) در تولید محصولات غذایی فراسودمند (شکلات تلخ) بررسی شد.

مواد و روش‌ها

- مواد

قارچ گانودرما لوسیدوم نژاد shiki-Akitama از سالن پرورش قارچ واقع در مرکز گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. تیوسولفات سدیم، متانول، کلروفرم، هیدروکسید سدیم، اسید استیک، یدید پتاسیم، فنل فتالین، اکسید منیزیم، اسید بوریک و اسید سولفوریک از کمپانی مرک خریداری شد.

- تهیه نمونه شکلات

G. lucidum و شکر ابتدا آسیاب و از الک‌های آزمایشگاهی (۲۰ تا ۳۸ میکرون) عبور داده شدند. سپس برای تهیه نمونه‌های ۱۰۰ گرمی شکلات تلخ، کاکائو (۲۰ گرم) در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد ذوب شد. سپس ۲۶ گرم پودر کاکائو، ۱۰ گرم ساکارز و ۰٫۵ گرم وانیل اضافه شد. مخلوط به دست آمده با یک میکسر با سرعت ۵۰ دور در دقیقه به مدت ۴ ساعت در حمام پارافینی ۶۵ درجه سانتیگراد هم زده شد. باقیمانده کره کاکائو (۱۰ گرم) و لسیتین (۰٫۵ گرم) در ۳۰ دقیقه آخر اضافه شد (Farzana et al., 2017). نمونه‌های آماده شده در انکوباتور در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند.

خلاء تخلیه شد. مواد داخل بوته چندین بار با آب شسته شد و بوته در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. پس از توزین بوته، نمونه در آون با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا به خاکستر تبدیل شود. پس از سرد شدن، بوته توزین و مقدار الیاف محاسبه شد.

- تعیین مواد واکنش دهنده تیوباریتوریک اسید

مقدار TBARS با روش رنگ سنجی با استفاده از روش اصلاحی Bazargani Gilani و همکاران (Erdem et al., 2014) اندازه‌گیری شد. حدود ۱۰ گرم از نمونه توزین و با ۱ میلی لیتر هیدروکسی تولوئن بوتیل (BHT) (۱ میلی گرم در میلی لیتر) و ۳۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) (۵ درصد) همگن شد. محلول همگن به دست آمده به یک فلاسک منتقل شد و سپس ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه و تقطیر شد. پس از جمع آوری ۵۰ میلی لیتر از عصاره، محلول از طریق کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) فیلتر شد. ۵ میلی لیتر از محلول فیلتر شده با ۵ میلی لیتر محلول TBA (۰.۰۲ مولار) ترکیب شد و به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از سرد شدن، جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر در برابر آب به عنوان شاهد اندازه‌گیری شد. مقدار TBARS با استفاده از معادله تخمین زده شد.

$$TBARS = \frac{(AC \times V)}{W} \quad ((\text{معادل میلی گرم}) / \text{کیلوگرم}) \quad (۱)$$

در اینجا W مقدار تعیین شده از منحنی کالیبراسیون و وزن نمونه را نشان می‌دهند. همچنین V حجم (mL) کل عصاره تهیه شده است (Bazargani et al., 2015).

- تعیین شاخص پراکسید

لیپیدها از نمونه‌های شکلات (۵۰ گرم) با مخلوطی از آب، اتانول و کلروفرم با نسبت v/v ۲۵:۱۰۰:۱۰۰ استخراج شد. مقادیر پراکسید (PV) نمونه‌های شکلات با استفاده از روش اصلاح شده Long و همکاران (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، ۱ گرم چربی در ۲۵ میلی لیتر حلال شامل کلروفرم و اسید سیتریک حل شد (۲:۳). ۱ میلی لیتر دیدید پتاسیم اشباع شده اضافه شد و محلول حاصل به مدت

۱۰ دقیقه در یک مکان تاریک نگهداری شد. سپس ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱ میلی لیتر محلول نشاسته (۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) به محلول به دست آمده اضافه شد و با ۰.۱ / ۰.۱ مول eq / Lit تیوسولفات سدیم تیترا شد تا بی رنگ شود. مقدار PV با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

$$PV (meq / kg) = (S \times N) / W \times 1000 \quad (۲)$$

جایی که S ، N و W به ترتیب حجم تیتراسیون (mL)، نرمال بودن $Na_2S_2O_3$ و وزن نمونه (Kg) را نشان می‌دهند (Long et al., 1999).

- تعیین شاخص رنگ

برای اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها از دستگاه Hunterlab (DANATEL, CSC9203A) استفاده شد. ابتدا دستگاه با استانداردهای موجود کالیبره شد. سپس نمونه‌ها در یک صفحه شیشه‌ای در محل مخصوص دستگاه قرار گرفتند. سپس شاخص‌های رنگ شامل قرمزی (a^*)، زردی (b^*) و روشنی (L^*) خوانده شد (Farahmandfar et al., 2020).

- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های شکلات شامل شیرینی، بافت، نقطه ذوب در دهان، رنگ و پذیرش عمومی به روش امتیازدهی (۱: خیلی بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب، ۵: بسیار خوب)، توسط ۱۵ ارزیاب در محدوده سنی ۲۳ تا ۴۳ سال مورد ارزیابی قرار گرفتند. به هر نمونه به صورت تصادفی یک کد سه رقمی اختصاص داده شد. نمونه‌ها به صورت تصادفی در اختیار ارزیابان قرار گرفت. آزمون ارزیابی حسی در ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز پس از تولید انجام شد.

- تعیین رطوبت، چربی و پروتئین

رطوبت با استفاده از روش کارل فیشر (رویکرد AOAC) تعیین شد. چربی توسط دستگاه سوکسله با حلال n -هگزان با استفاده از روش AOAC اندازه‌گیری شد. پروتئین با تکنیک (AOAC) Kjeldahl اندازه‌گیری شد.

- تعیین اسیدیته

ابتدا ۵ گرم از شکلات با دو برابر آب مقطر (g/L) همگن

۲ آورده شده است. بر اساس نتایج، درصد فیبر در تیمارهای مختلف از نظر آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر دارد ($p \leq 0.05$). با افزایش درصد *G. lucidum*، درصد فیبر نیز افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد فیبر مربوط به نمونه حاوی ۲۰ درصد *G. lucidum* و کمترین درصد به نمونه بدون *G. lucidum* اختصاص دارد.

جدول ۳ نتایج TBARS را در نمونه‌های شکلات حاوی *G. lucidum* نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، TBARS در تیمارهای مختلف تفاوت آماری معنی داری با یکدیگر داشتند ($p \leq 0.05$). با افزایش درصد *G. lucidum*، مقادیر TBARS نیز کاهش یافت.

نتایج اندیس پراکسید در نمونه‌های شکلات حاوی *G. lucidum* نشان داد که بین نمونه‌ها تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$)، اما در طول مدت نگهداری، تا ماه چهارم، تفاوت آماری معنی داری بین نمونه‌ها مشاهده شد ($p \leq 0.05$) (جدول ۴).

مقادیر پارامترهای L^* ، a^* و b^* مربوط به شکلات حاوی *G. lucidum* در نمونه‌های مختلف تفاوت معنی داری با یکدیگر دارند ($p \leq 0.05$) (جدول ۵). با افزایش درصد *G. lucidum*، مقادیر L^* و b^* کاهش و مقدار a^* افزایش یافت.

شد و pH نمونه‌ها با pH متر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد تعیین شد.

- تعیین سختی

دو ساعت قبل از آزمایش، نمونه‌های شکلات در انکوباتور یخچال با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس سختی نمونه‌ها ($5 \times 40 \times 25$ میلی‌متر) توسط دستگاه آنالایزر بافت (Santam MRT-5، انگلستان) مجهز به سنبه با نوک تخت با قطر ۱٫۶ میلی‌متر و سرعت ۹۰ میلی‌متر در هر واحد آزمایش شد. دقیقه حداکثر نیرو در عمق ۴ میلی‌متر به عنوان شاخص سختی گزارش شد (Moradali et al., 2007).

- تجزیه و تحلیل آماری

مطالعات در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. تیمارها با سه تکرار ارزیابی شدند. برای تعیین معنی داری داده‌ها از تحلیل واریانس (ANOVA) استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

یافته‌ها

میانگین نتایج درصد فیبر شکلات *G. lucidum* در جدول

جدول ۲- اثر مقادیر مختلف *G. lucidum* بر درصد فیبر در شکلات در طول نگهداری

Table 2- Effect of *G. lucidum* on fiber percentage in chocolate during storage

Sample	Chocolate	
	1th day	4th month
0% G	0.45 ± 0.36^{Ae}	0.46 ± 0.01^{Ae}
5% G	1.2 ± 0.11^{Ad}	1.34 ± 0.29^{Ad}
10% G	2.5 ± 0.36^{Ac}	2.43 ± 0.17^{Ac}
15% G	3.8 ± 0.025^{Ab}	3.87 ± 0.24^{Ab}
20% G	5.1 ± 0.38^{Aa}	5.32 ± 0.24^{Aa}

Means $\pm$ SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means $\pm$ SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف *G. lucidum* بر TBARS در شکلات در طول نگهداری.

Table 3- Effect of *G. lucidum* on TBARS in chocolate during storage

Sample	Chocolate	
	1th day	4th month
0% G	6.81 ± 0.26^{Aa}	6.78 ± 0.04^{Aa}
5% G	5.62 ± 0.51^{Ab}	5.98 ± 0.025^{Ab}
10% G	3.37 ± 0.025^{Ac}	4.1 ± 0.02^{Ac}
15% G	1.45 ± 0.011^{Ad}	1.49 ± 0.26^{Ad}
20% G	0.82 ± 0.04^{Ae}	0.87 ± 0.26^{Ae}

Means $\pm$ SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means $\pm$ SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی شکلات تلخ فراسودمند دارای قارچ گانودرما لوسیدوم (*Ganoderma lucidum*)

جدول ۴- اثر مقادیر مختلف *G. lucidum* بر PV در شکلات در طول ذخیره سازی.

Table 4- Effect of *G. lucidum* on PV in chocolate during storage

Sample	Chocolate	
	1th day	4th month
0% G	0.14±0.025 ^{Ba}	0.23±0.0017 ^{Aa}
5% G	0.14±0.0011 ^{Bb}	0.19±0.0041 ^{Ab}
10% G	0.14±0.004 ^{Bc}	0.18±0.0042 ^{Ab}
15% G	0.14±0.004 ^{Bd}	0.18±0.002 ^{Ab}
20% G	0.14±0.025 ^{Be}	0.17±0.004 ^{Ab}

Means ± SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means ± SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

جدول ۵- مشخصات رنگ شکلات حاوی *G. lucidum* در طول نگهداری.

Table 5- Color characteristics of chocolate containing *G. lucidum* during storage

Sample	L*		a*		b*	
	1th day	4th month	1th day	4th month	1th day	4th month
0% G	31.8±0.034 ^{Aa}	31.72±0.12 ^{Aa}	74.2±0.08 ^{Ae}	75.2±0.064 ^{Ae}	12.4±0.034 ^{Aa}	12.72±0.12 ^{Aa}
5% G	26.4±0.025 ^{Ab}	26.54±0.41 ^{Ab}	79.5±0.02 ^{Ad}	79.51±0.035 ^{Ad}	9.4±0.025 ^{Ab}	9.54±0.41 ^{Ab}
10% G	20.2±0.73 ^{Ac}	20.54±0.12 ^{Ac}	81.54±0.02 ^{Ac}	82±0.1 ^{Ac}	5.2±0.73 ^{Ac}	5.67±0.12 ^{Ac}
15% G	19.3±0.002 ^{Ad}	19.65±0.57 ^{Ad}	94.7±0.02 ^{Ab}	95.2±0.12 ^{Ab}	4.1±0.015 ^{Ad}	4.8±0.57 ^{Ad}
20% G	8.3±0.005 ^{Ae}	8.68±0.57 ^{Ae}	104.2±0.02 ^{Aa}	105.2±0.36 ^{Aa}	1.98±0.003 ^{Ae}	2±0.57 ^{Ae}

Means ± SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means ± SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

مدت نگهداری نمونه‌ها تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$).

نقطه ذوب در دهان و شیرینی نمونه‌های شکلات فراسودمند نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). هنگامی که درصد *G. lucidum* افزایش یافت، نقطه ذوب در دهان و شیرینی کاهش یافت. این کاهش ذوب در دهان ممکن است به دلیل محتوای چربی بیشتر شکلات‌ها و همچنین ویسکوزیته پایین‌تر باشد که جریان آن‌ها را راحت‌تر می‌کند (Tan & Kerr., 2018). اما در طول مدت نگهداری نمونه‌های شکلات تا ماه چهارم، تفاوت آماری معنی‌داری برای این دو پارامتر مشاهده نشد ($p > 0.05$). بر اساس نتایج، امتیازات طعمی نمونه سوپ در تیمارهای مختلف از نظر آماری معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). با افزایش درصد *G. lucidum*، امتیاز طعم کاهش یافت. نمرات پذیرش کلی در نمونه‌های شکلات در تیمارهای مختلف نشان داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). کمترین و بیشترین نمره پذیرش عمومی به ترتیب مربوط به تیمار حاوی ۲۰ درصد *G. lucidum* و درمان بدون *G. lucidum* بود. در طول زمان نگهداری نمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0.05$).

می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر L^* شکلات تهیه شده با ۲۰ درصد *G. lucidum* کمتر از سایر نمونه‌های ساخته شده با درصد کمتر *G. lucidum* یا بدون قارچ است که توسط مطالعه قبلی انجام شده توسط Nguyen و همکاران تأیید شده است (Nguyen et al., 2016)، که نشان داد که افزایش مقدار *G. lucidum* در شراب‌ها منجر به کاهش مقادیر L^* می‌شود. می‌توان اظهار داشت که شکلات با افزودن مقدار فزاینده *G. lucidum* کمی تیره‌تر شدند.

نتایج حسی تیمارهای شکلات در جدول ۶ ارائه شده است. مشاهده شد که نمرات بافت در تیمارهای مختلف از نظر آماری با یکدیگر معنادار است ($p \leq 0.05$). با افزایش درصد *G. lucidum* نمره بافت کاهش یافت. کمترین امتیاز بافت مربوط به تیمارهای حاوی ۲۰ درصد *G. lucidum* بود. اما در مدت زمان نگهداری نمونه‌های شکلات از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). همچنین امتیاز رنگ در تیمارهای مختلف در نمونه شکلات از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد ($p \leq 0.05$). افزایش درصد *G. lucidum* با کاهش امتیاز رنگ همراه بود. حداقل امتیاز رنگ برای نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد *G. lucidum* گزارش شد. از طرفی در طول

خوبی از پروتئین با کیفیت بالا است (Farzana et al., 2017). از سوی دیگر، تفاوت آماری معنی داری در زمان نگهداری مشاهده نشد ($p>0.05$). نتایج نشان می‌دهد که میزان اسیدیته در تیمارهای مختلف از نظر آماری معنی‌دار نیست ($p>0.05$). همچنین در طول مدت نگهداری نمونه‌های شکلات تا ماه چهارم تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد ($p>0.05$) (جدول ۸).

نتایج مربوط به درصد رطوبت، چربی و پروتئین در تیمارهای مختلف شکلات در جدول ۷ ارائه شده است. تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها ($p>0.05$) در پارامترهای رطوبت و چربی وجود نداشت. اختلاف آماری معنی داری در طول مدت نگهداری نمونه‌ها مشاهده شد ($p>0.05$). درصد پروتئین در تیمارهای مختلف در هر دو نمونه از نظر آماری معنی دار ($p\leq 0.05$) با افزایش مقدار *G. lucidum*، درصد پروتئین افزایش یافت. زیرا قارچ منبع

جدول ۶- اثر *G. lucidum* بر بافت، طعم، رنگ و پذیرش عمومی در شکلات در طول نگهداری.

Table 6- Effect of *G. lucidum* on texture, taste, color and general acceptance in chocolate during storage

Texture	Days			
	1	15	30	60
0% G	3.87 ± 0.32 ^{Ab}	3.86 ± 0.2 ^{Ab}	3.79 ± 0.3 ^{Ab}	3.85 ± 0.2 ^{Ab}
5% G	4.8 ± 0.25 ^{Aa}	4.75 ± 0.1 ^{Aa}	4.65 ± 0.3 ^{Aa}	4.6 ± 0.7 ^{Aa}
10% G	3.88 ± 0.4 ^{Ab}	3.81 ± 0.4 ^{Ab}	3.8 ± 0.8 ^{Ab}	3.8 ± 0.6 ^{Ab}
15% G	3.1 ± 0.2 ^{Ac}	3 ± 0.2 ^{Ac}	3.12 ± 0.3 ^{Ac}	3.01 ± 0.3 ^{Ac}
20% G	1.6 ± 0.4 ^{Ad}	1.5 ± 0.4 ^{Ad}	1.5 ± 0.3 ^{Ad}	1.54 ± 0.2 ^{Ad}
Taste	Days			
	1	15	30	60
0% G	3.04 ± 0.57 ^{Ac}	3.03 ± 1.00 ^{Ac}	3.03 ± 1.00 ^{Ac}	3.01 ± 1.15 ^{Ac}
5% G	4.7 ± 0.57 ^{Aa}	4.82 ± 1.00 ^{Aa}	4.85 ± 0.57 ^{Aa}	4.83 ± 1.15 ^{Aa}
10% G	3.8 ± 0.57 ^{Ab}	3.9 ± 0.57 ^{Ab}	3.92 ± 0.57 ^{Ab}	3.93 ± 1.15 ^{Ab}
15% G	3.4 ± 1.15 ^{Ac}	3.3 ± 1.00 ^{Ac}	3.3 ± 0.57 ^{Ac}	3.01 ± 0.57 ^{Ac}
20% G	1.2 ± 1.15 ^{Ad}	1.2 ± 0.57 ^{Ad}	1.2 ± 1.00 ^{Ad}	1.1 ± 1.15 ^{Ad}
Color	Days			
	1	15	30	60
0% G	3.66 ± 0.15 ^{Ac}	3.32 ± 0.57 ^{Ac}	3.23 ± 0.15 ^{Ac}	3.13 ± 0.00 ^{Ac}
5% G	5 ± 0.00 ^{Aa}	4.8 ± 0.52 ^{Aa}	4.8 ± 0.00 ^{Aa}	4.7 ± 0.00 ^{Aa}
10% G	4.2 ± 0.57 ^{Ab}	4.35 ± 0.00 ^{Ab}	4.3 ± 0.00 ^{Ab}	4.2 ± 0.57 ^{Ab}
15% G	3.2 ± 0.57 ^{Ac}	3.2 ± 0.57 ^{Ac}	3.2 ± 0.57 ^{Ac}	3.11 ± 0.00 ^{Ac}
20% G	1 ± 0.57 ^{Ad}	1 ± 0.57 ^{Ad}	1 ± 0.57 ^{Ad}	1 ± 0.057 ^{Ad}
General acceptance	Days			
	1	15	30	60
0% G	3.4±0.57 ^{Ac}	3.3±0.55 ^{Ac}	3.2±0.085 ^{Ac}	3.1±0.36 ^{Ac}
5% G	5±0.55 ^{Aa}	4.8±0.55 ^{Aa}	4.8±0.37 ^{Aa}	4.6±0.04 ^{Aa}
10% G	4.2±0.57 ^{Ab}	3.9±0.53 ^{Ab}	4.02±0.63 ^{Ab}	3.99±0.07 ^{Ab}
15% G	3.2±0.01 ^{Ac}	3±0.035 ^{Ac}	3.12±0.1 ^{Ac}	3.03±0.047 ^{Ac}
20% G	1±0.03 ^{Ad}	1±0.072 ^{Ad}	1±0.062 ^{Ad}	1±0.62 ^{Ad}

Means ± SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means ± SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

جدول ۷- اثر *G. lucidum* بر رطوبت، چربی و پروتئین در شکلات در طول ذخیره سازی.

Table 7- Effect of *G. lucidum* on moisture, fat and protein in chocolate during storage.

Sample	Chocolate					
	Moisture (%)		Fat (%)		Protein (%)	
	1th day	4 th month	1th day	4 th month	1th day	4 th month
0% G	0.32±0.08 ^{Aa}	0.33±0.08 ^{Aa}	34.09±0.17 ^{Aa}	34.5±0.07 ^{Aa}	0.43±0.16 ^{Ae}	0.44±0.32 ^{Ae}
5% G	0.32±0.05 ^{Aa}	0.34±0.09 ^{Aa}	34.15±0.2 ^{Aa}	34.43±0.22 ^{Aa}	3.2±0.11 ^{Ad}	3.23±0.18 ^{Ad}
10% G	0.32±0.08 ^{Aa}	0.31±0.08 ^{Aa}	36.13±0.005 ^{Aa}	34.23±0.27 ^{Aa}	6.6±0.16 ^{Ac}	6.62±0.38 ^{Ac}
15% G	0.32±0.05 ^{Aa}	0.31±0.06 ^{Aa}	35.84±0.36 ^{Aa}	35.88±0.24 ^{Aa}	9.1±0.11 ^{Ab}	9.21±0.24 ^{Ab}
20% G	0.32±0.01 ^{Aa}	0.34±0.07 ^{Aa}	34.13±0.11 ^{Aa}	34.54±0.29 ^{Aa}	13±0.29 ^{Aa}	13.4±0.24 ^{Aa}

Means ± SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means ± SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی شکلات تلخ فراسودمند دارای قارچ گانودرما لوسیدوم (*Ganoderma lucidum*)

جدول ۸- اثر مقادیر مختلف *G. lucidum* بر اسیدیته در شکلات در طول نگهداری.

Table 8- Effect of *G. lucidum* on acidity in chocolate during storage

Sample	Chocolate	
	1th day	4th month
0% G	1.32±0.35 ^{Aa}	1.4±0.3 ^{Aa}
5% G	1.3±0.32 ^{Aa}	1.41±0.38 ^{Aa}
10% G	1.33±0.28 ^{Aa}	1.4±0.37 ^{Aa}
15% G	1.33±0.32 ^{Aa}	1.44±0.28 ^{Aa}
20% G	1.31±0.3 ^{Aa}	1.42±0.39 ^{Aa}

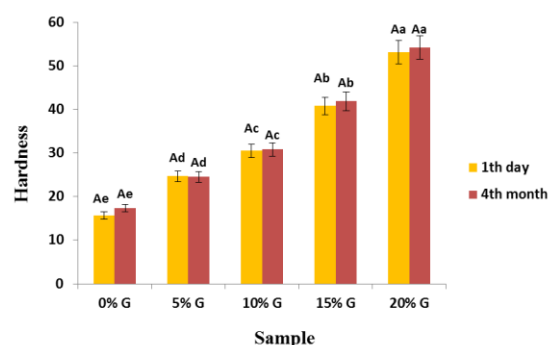
Means ± SD within a column with the same lower case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

Means ± SD within a row with the same upper case letters are not significantly different at $p < 0.05$.

ممانعت اکسایش چربی‌ها دارد. نتایج نشان داد که گانودرما لوسیدوم دارای آنتی اکسیدان‌های مختلف طبیعی شامل پلی فنول‌ها هستند که در جلوگیری از اکسیداسیون نقش دارند. فعالیت آنتی اکسیدانی کاهنده بر پایه شکست زنجیره رادیکال آزاد و دادن یک اتم هیدروژن است. همچنین، کاهنده‌ها با پیش‌سازهای خاصی از پراکسید وارد واکنش می‌شوند. در نتیجه از تشکیل پراکسید جلوگیری می‌کنند. ترکیبات جلبک سبز ممکن است به عنوان کاهنده عمل کند و بدین ترتیب یون الکترون‌ها را اهدا کرده و با رادیکال‌های آزاد واکنش داده و آنها را به ترکیبات پایدار تبدیل می‌کند که در نهایت زنجیره رادیکال آزاد را خنثی می‌کند.

Ghobadi و همکاران (۲۰۱۵) اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی عصاره و پودر قارچ گانودرما لوسیدوم در سوسیس را بررسی نمودند و دریافتند که استفاده از پودر قارچ گانودرما به دلیل دارا بودن خواص آنتی اکسیدانی می‌تواند به عنوان جایگزین نیتريت استفاده شود و همچنین خواص آنتی اکسیدانی آن میزان عدد پراکسید و به دنبال آن تیوباربیتوریک اسید (TBARS) را به طور معنی داری مهار کرد. در واقع آنتی اکسیدان‌ها موادی هستند که قادرند با اثرات مخرب اکسیدان‌ها در بدن مقابله کنند. از نقطه نظر بیولوژیکی، آنتی‌اکسیدان‌ها به عنوان سوپراتری هستند که در غلظت پایین در مقایسه با سوپراتری مستعد اکسید شدن توانایی به تاخیر انداختن یا مهار روند اکسیداتیو را دارند. در این تعریف سوپراتری به هر مولکول قابل اکسید شدن در محیط زنده یعنی لیپیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و DNA گفته می‌شود. از این رو با افزایش میزان استفاده از قارچ گانودرما در تیمارهای شکلات میزان عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید (TBARS) با شدت کمتری افزایش می‌یابد. از طرفی ساختار متخلخل فیبر نیز

یکی از مهمترین خواص شکلات سختی است که به عنوان نقطه ای که ساختار در اثر نیروی وارده تغییر شکل می‌دهد توصیف می‌شود (Toker et al., 2018). شکل ۱ میانگین نتایج سختی را در نمونه‌های شکلات نشان می‌دهد. افزایش درصد *G. lucidum* منجر به افزایش سختی شد ($p \leq 0.05$). این به دلیل توانایی لاکاز موجود در *G. lucidum* برای اتصال متقابل پروتئین‌های شکلات است. بنابراین، پیوند متقابل پروتئین کاتالیز شده توسط لاکاز یکی از دلایل اصلی افزایش سختی شکلات است (Tan & Kerr., 2018). تا ماه چهارم نگهداری از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$).



شکل ۱- اثر *G. lucidum* بر سختی در شکلات.

Figure 1- Effect of *G. lucidum* on hardness in chocolate.

بحث

ترکیبات زیستی متعددی با گستره کاربردی متنوعی همچون اثرات آنتی‌بیوتیکی، ضد ویروسی، ضدقارچی و ضدسرطانی از جلبک‌های پرسلولی شناسایی و استخراج شده است و بسیاری از متابولیت‌های اولیه و یا ثانویه این ارگانیسم‌ها می‌توانند به مواد زیست فعال مورد استفاده در صنایع دارویی تبدیل شوند. محققان دریافتند که فعالیت ضد اکسایشی و محتوای ترکیبات فنولی ارتباط مستقیمی با

به منزله پوشش برای به دام اندازی ذرات چربی و کاهش نفوذ و دسترسی به ذرات شکلات می‌توان اذعان داشت که با افزایش میزان این بافت متخلخل و فیبر از میزان عدد پراکسید و تیوباربتوریک اسید (TBARS) در تیمارهای شکلات به طور معنی داری کاسته شد.

یافته‌های این تحقیق با نتایج تحقیقات محققان نیز در توافق می‌باشد Babakhani و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا پالتنسیس در فرمولاسیون سس فراسودمند کم کالری غنی شده با آهن و روی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها دریافتند که استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پالتنسیس به دلیل دارا بودن خواص آنتی اکسیدانی میزان شاخص پراکسید و تیوباربتوریک اسید (TBARS) تیمارهای مایونز را در طی زمان نگهداری کاهش داده که با یافته‌های تحقیق حاضر نیز در توافق بود. میزان فیبر در گانودرما بر اساس مطالعات قبلی، زیاد گزارش شده که می‌تواند منجر به افزایش میزان فیبر در شکلات شود. Fraile Fabero و همکاران (2021)، گزارش کردند که درصد فیبر در *G. lucidum* برابر با ۶۹٫۳۵ درصد است. همچنین، بر اساس گزارش Nile & Park SeWon (2014)، مقدار فیبر در *G. lucidum* ۳۵ (گرم در ۱۰۰ گرم) بود.

بررسی نتایج ارزیابی شاخص روشنایی حاکی از کاهش میزان شاخص روشنایی با استفاده از قارچ گانودرما بود که با توجه به رنگ قرمز قارچ گانودرما لوسیدیوم چنین نتایجی دور از انتظار نبود و مسلماً با افزایش میزان درصد این ترکیبات در فرمولاسیون شکلات میزان درصد شاخص روشنایی با شدت بیشتری کاهش می‌یابد. رنگ قارچ گانودرما در محدوده قهوه‌ای بوده و اختلافات رنگ قابل توجهی با محصولات ایجاد می‌تواند که چنین نتیجه‌ای نیز پیش‌بینی می‌شد و در تحقیقات مشابه نیز این تغییرات رنگ در فرمولاسیون محصول مشاهده گردیده است که با یافته‌های تحقیق حاضر نیز در توافق می‌باشد. قارچ گانودرما لوسیدیوم یکی از قارچ‌های کلاهی‌دار بسیار ارزشمند جهان بوده که به رنگ‌های قرمز، قرمز مایل به قهوه‌ای، بنفش، سیاه یافت شده است. Shahbazizadeh و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند در طی زمان نگهداری در صورت افزایش اکسیداسیون چربی و افزایش شاخص زردی نیز شاخص روشنایی کاهش معنی داری را نشان خواهد داد

از آنجایی که در طی زمان نگهداری شکلات اکسیداسیون چربی‌ها به دلیل خواص آنتی اکسیدانی قارچ صورت نگرفت تغییرات رنگی نیز در طی این مدت زمان انجام نپذیرفت. خصوصیات حسی نشانگر این بود که از نقطه نظر طعم و مزه نمونه‌های حاوی قارچ گانودرما در درصدهای بسیار بالا (۲۰ درصد در شکلات) نسبت به نمونه شاهد امتیاز کمتری را کسب نمودند ولی از حیث سایر خصوصیات حسی نظیر پس طعم، شیرینی، رنگ، بافت و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، بین نمونه‌های حاوی قارچ گانودرما و نمونه شاهد مشاهده گردید. همچنین می‌توان اظهار نمود که استفاده از گانودرما به عنوان یک منبع فراسودمند اثر نامطلوبی بر خصوصیات حسی محصول نهایی در سطوح ۵ تا ۱۰ درصد نداشت اما در سطح بالاتر از این میزان امتیازات بالایی کسب نکردند.

در پژوهشی توسط Martinez Cervera و همکاران (۲۰۱۵) با مقایسه انواع فیبرها به عنوان جایگزین چربی در مافین‌ها تفاوت محسوسی را بین پذیرش مافین‌های دارای چربی و گزارش کردند (Martinez Cervera et al., 2015). بافت و ظاهر شکلات را می‌توان تا حدود زیادی با بررسی ریزساختار آن مورد مطالعه قرار داد که این ساختار متأثر از ترکیبات مورد استفاده در آن و فرایند تولید آن می‌باشد. وجود حباب‌های هوا در بین دیواره‌های بافت ماده غذایی می‌تواند باعث کاهش دانسیته، تغییر در خواص رئولوژیکی و بافتی محصول، تغییر ظاهری محصول و ایجاد احساس دهانی متفاوت در مصرف کننده، افزایش سطح و حجم محصول، تغییر در قابلیت هضم و افزایش ماندگاری از طریق افزایش خلل و فرج در بافت محصولات و در نهایت ملایم کردن شدت طعم محصول شود. بر اساس نتایج آنالیز بافتی، حضور گانودرما در فرمول شکلات رژیمی موجب کاهش یکنواختی و به وجود آمدن حفرات با منافذ بزرگ‌تر در سیستم کف شد. در واقع، کاهش میزان تخلخل بافت محصول نهایی را می‌توان به افزایش بیش از حد ویسکوزیته و کاهش توانایی مخلوط در حفظ و نگهداری حباب‌های هوای ورودی در طی هم زدن ناشی از وجود مقادیر بالای بتاگلوکان در گانودرما نسبت داد (Naghipour et al., 2017).

عدم تغییرات در رطوبت، چربی و پروتئین در طول زمان نگهداری را می‌توان به شرایط مناسب و بسته بندی

مناسب محصولات در طی زمان نگهداری اشاره نمود، به این دلیل اگر محصولات در محیط‌های با رطوبت و دمای نامناسب قرار می‌گرفتند میزان تغییرات افزایش پیدا می‌کرد. همچنین این احتمال نیز وجود دارد که با توجه به بالا بودن ترکیبات نگهدارنده قارچ گانودرما لوسیدیوم تغییراتی در نمونه‌ها ایجاد نشد، بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته توسط Yang و همکاران در سال ۲۰۰۷ انجام گرفت اعلام کردند که پلی‌ساکاریدها و تری‌ترپنوئیدهای موجود در این قارچ از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتریایی، ضد ویروسی برخوردارند.

در بررسی ویژگی‌های شیمیایی محصول مشاهده شد که محتوی پروتئین و چربی نمونه‌ها به طور قابل توجهی در مقایسه با نمونه شاهد به ترتیب افزایش و کاهش یافت، که طی بررسی‌هایی که توسط Keypour و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی ترکیبات بیولوژیکی و شیمیایی قارچ گانودرما لوسیدیوم انجام گرفت مقادیر بالای پروتئین و درصد پایین چربی در گانودرما لوسیدیوم را اعلام کردند. درصد وزنی بیشتر قارچ‌ها نزدیک ۹۰ درصد آب است و مابقی شامل دیگر ترکیبات درشت مغذی و ریزمغذی هاست. در گونه‌ای از قارچ گانودرما لوسیدیوم، ترکیبات اصلی شامل ۱/۸ درصد خاکستر، ۲۶-۲۸ درصد کربوهیدرات، ۳-۵ درصد چربی خام و ۵۹ درصد فیبر خام و بین ۷ تا ۸ درصد پروتئین بودند (Mau et al., 2000). قارچ گانودرما شامل بیش از چهارصد ترکیب فعال زیستی است که از آن میان می‌توان به ترپنوئیدها، استرول‌ها، استروئیدها، اسیدهای چرب، فنل‌ها، نوکلئوتیدها و مشتقات آن‌ها، گلیکوپروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها اشاره کرد. نکته حائز اهمیت آن است که این قارچ شامل تمامی اسیدهای آمینه ضروری بوده و به خصوص سرشار از دو اسید آمینه لیزین و لوسین است. در همین حال، میزان اسیدهای چرب غیراشباع این قارچ با توجه به درصد پایین حجم کل چربی آن مزیت دیگر این قارچ به شمار می‌آید (Lakshmi et al., 2006). لازم به ذکر است با توجه به اینکه میزان چربی در تيمارهای مختلف تغییر معناداری نداشت می‌توان به این نکته پی برد که میزان چربی در بافت قارچ با توجه به پژوهش‌های پیش و نتایج بدست آمده قابل توجه نبود.

بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط Khorshidirad و همکاران در سال ۲۰۲۲ فیبرهای

رژیمی مانند بتاگلوکان به عنوان بافر عمل کرده و از کاهش pH محیط در پی انجام واکنش‌های مایلارد جلوگیری کرده و نتیجه می‌تواند مانع تغییرات اسیدیته و pH محیط گردد. از آنجایی که قارچ گانودرما لوسیدیوم نیز سرشار از فیبر می‌باشد و بر اساس پژوهش‌های پیش که تا حدود ۴۰ درصد میزان فیبر را اندازه‌گیری کردند می‌توان احتمال داد که خاصیت بافری بودن گانودرما مانع تغییرات معنادار در اسیدیته و pH محصولات شده است.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان بیان کرد که مداخله‌ی مولکول‌های چربی و پروتئین موجود در گانودرما با سایر ترکیبات فرمول شکلات، منجر به تشکیل شبکه‌ای متراکم تر و ایجاد بافت سخت‌تر در این ترکیبات رژیمی گردید زیرا مقادیر بالای پروتئین سبب ایجاد اتصالات متقاطع در سیستم و در نهایت ساختار سفت‌تر و متراکم‌تر می‌گردد (Mortazavinezhad., 2016). در پژوهشی Hematiyan sorki و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که استفاده از آرد بلوط و افزایش غلظت آن در فرمولاسیون کیک روغنی باعث افزایش میزان سفتی بافت نمونه‌های تولید شده، گردید. این محققان علت را حضور مقادیر بالای فیبر و پروتئین در آرد بلوط دانستند. بر اساس نتایج بدست آمده از Ahlborn و همکاران در سال ۲۰۰۵ افزایش زمان نگهداری موجب افزایش سفتی بافت محصولات می‌شود که علت را می‌توان به پدیده مهاجرت رطوبت نسبت داد. نتایج این محققین با نتایج بدست آمده در این پژوهش مغایرت داشت، همانطور که گفته شد با توجه به بسته‌بندی و شرایط مناسب نگهداری تغییراتی در سفتی بافت محصول در طی زمان نگهداری در شکلات مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، شکلات با افزودن غلظت‌های مختلف *G. lucidum* تولید شد. افزودن *G. lucidum* باعث افزایش محتوای فیبر شکلات شد. از سوی دیگر، مقادیر TBARS و PV با افزایش مقدار *G. lucidum* کاهش یافت. ویژگی‌های رنگی شامل قرمزی (a^*)، زردی (b^*) و روشنی (L^*) بررسی شد که مقادیر L^* و b^* نمونه‌های با غلظت‌های مختلف *G. lucidum* کمتر از نمونه شاهد بود. بر اساس نتایج به دست آمده امتیاز پذیرش کلی در

response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 56(1), 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.020>.

Eslami Meshkanani, A., Fadaei Noghani, V., Khosravi Darani, K. & Mezinani, S. (2013). Investigating the effect of adding spirulina platensis microalgae powder on some physicochemical and sensory characteristics of probiotic buttermilk containing mint powder. *New Technologies in Food Industry*, 2(2), 59-70. <https://doi.org/10.22104/jift.2015.87>. [in Persian].

Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B. & Nemati, A. (2020). Changes in chemical composition and biological activity of essential oil from Thomson navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) peel under freezing, convective, vacuum, and microwave drying methods. *Food science & nutrition*, 8(1), 124-138. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1279>.

Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B. & Nemati, A. (2020). Changes in chemical composition and biological activity of essential oil from Thomson navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) peel under freezing, convective, vacuum, and microwave drying methods. *Food science & nutrition*, 8(1), 124-138. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1279>.

Farzana, T., Mohajan, S., Saha, T., Hossain, M. N. & Haque, M. Z. (2017). Formulation and nutritional evaluation of a healthy vegetable soup powder supplemented with soy flour, mushroom, and moringa leaf. *Food science & nutrition*, 5(4), 911-920. <https://doi.org/10.1002/fsn3.476>.

Fraile-Fabero, R., Ozcariz-Fermoselle, M. V., Oria-de-Rueda-Salgueiro, J. A., Garcia-Recio, V., Cordoba-Diaz, D., del P. Jiménez-López, M. & Gírbés-Juan, T. (2021). Differences in antioxidants, polyphenols, protein digestibility and nutritional profile between *Ganoderma lingzhi* from industrial crops in Asia and *Ganoderma lucidum* from cultivation and Iberian origin. *Foods*, 10(8), 1750. <https://doi.org/10.3390/foods10081750>.

Gao, Y., Zhou, S., Huang, M. & Xu, A. (2003). Antibacterial and antiviral value of the genus *Ganoderma* P. Karst. species (Aphyllophoromycetideae): a review. *International Journal of medicinal mushrooms*, 5(3). <https://doi.org/10.1615/InterJMedicMush.v5.i3.20>.

Ghobadi, R., Sami, M. & Mohammadi, R. (2015). Investigation of antimicrobial and antioxidant effects of *Ganoderma lucidum* mushroom extract and powder in sausages. Thesis. Faculty of Food Hygiene, Isfahan University of Medical Sciences. [in Persian].

Hematiyan sorki, A., Mazaheri Tehrani, M. & Mohebbi, M. (2013). Effect of soy and chestnut flour on physicochemical and sensory properties of gluten free cake. 21th National Congress of Food Science and Technology; Shiraz. <https://civilica.com/doc/235572Iran>. [in Persian].

تیمارهای مختلف با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند به طوری که با افزایش درصد قارچ گانودرما لوسیدیوم، امتیاز پذیرش کلی کاهش یافت. بررسی میزان پروتئین موجود در نمونه‌های شکلات نشان داد که افزودن مقادیر زیاد *G.lucidum* باعث افزایش میزان پروتئین می‌شود. سختی شکلات مورد بررسی قرار گرفت که با افزایش غلظت *G.lucidum* مقدار این پارامتر افزایش یافت. در نهایت با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی تیمار شکلات، تیمار دارای ۱۰ درصد قارچ گانودرما لوسیدیوم به عنوان تیمار بهینه انتخاب شد. غنی‌سازی محصولاتی مانند شکلات با استفاده از *G.lucidum* می‌تواند کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را افزایش دهد.

منابع

Abeyasinghe, C. P. & Illeperuma, C. K. (2006). Formulation of an MSG (Monosodium Glutamate) free instant vegetable soup mix.

Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M. & Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten-free breads. *Cereal chemistry*, 82(3), 328-335. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0328>

Babakhani, Z., Karmi, M. & Rezad Bari, M. (2019). The use of *Spirulina platensis* microalgae in the formulation of low-calorie beneficial sauce enriched with iron and zinc. *Iranian journal of food science and industry*, 15 (84), 125-136. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-13729-fa.html> [in Persian].

Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J. & Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative food science & emerging technologies*, 29, 280-287. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.007>.

Beckett, S.T. (2000). The science of chocolate. 1st ed. Cambridge, RSC Paperbacks.

El Sheikha, A. F. (2022). Nutritional profile and health benefits of *Ganoderma lucidum* "Lingzhi, Reishi, or Mannentake" as functional foods: Current scenario and future perspectives. *Foods*, 11(7), 1030. <https://doi.org/10.3390/foods11071030>.

Erdem, Ö., Gültekin-Özgüven, M., Berktaş, I., Erşan, S., Tuna, H. E., Karadağ, A. & Cutting, S. M. (2014). Development of a novel synbiotic dark chocolate enriched with *Bacillus indicus* HU36, maltodextrin and lemon fiber: Optimization by

- Henry, C. J. (2010). Functional foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 657-659. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.101>
- Keypour Sangesari, S., Riahi, H., Rafati, H. & Moradali, M. F. (2009). Investigation of antibacterial effect of *Ganoderma lucidum* water extract from Iran. *Journal of Medicinal Plants*, 32, 53-9.
- Keypour, S., Riahi, H. & Rafati, H. (2013). A review on the biological active compounds and medicinal properties of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Medicinal Plants*, 12(46), 13-24. <https://doi.org/10.1001.1.2717204.2013.12.46.2.5>. [in Persian].
- Khodavardian Dehkordi, Z., Pourgadhari, M. & Asadi, F. (2017). Investigating the nutritional-pharmacological properties of *Ganoderma lucidum* mushroom on the treatment of diseases, a systematic-review study, the first student research congress of Khorasan Universities of Medical Sciences, Gonabad, <https://civilica.com/doc/817910>. [in Persian].
- khoshidrad, A. & Goli, M. (2022). Optimizing dietary almond formulation by replacing sugar and almond kernels with Stevia Isomalt and *Ganoderma lucidum* by response surface method. *Food Industry Research*, 31(2), 173-199. <http://doi.org/10.22034/fr.2021.42046.1764>. [in Persian].
- Lakshmi, B., Ajith, T. A., Jose, N. & Janardhanan, K. K. (2006). Antimutagenic activity of methanolic extract of *Ganoderma lucidum* and its effect on hepatic damage caused by benzo [a] pyrene. *Journal of ethnopharmacology*, 107(2), 297-303. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.03.027>.
- Lindequist, U., Niedermeyer, T. H. & Jülich, W. D. (2005). The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2, 285-299. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh107>.
- Long, L. H., Lan, A. N. B., Hsuan, F. T. Y. & Halliwell, B. (1999). Generation of hydrogen peroxide by "antioxidant" beverages and the effect of milk addition. Is cocoa the best beverage?. *Free radical research*, 31(1), 67-71. <https://doi.org/10.1080/10715769900300611>.
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A. & Sanz, T. (2015). Cellulose ether emulsions as fat replacers in muffins: Rheological, thermal and textural properties. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 1083-1090. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.067>.
- Mau, J. L., Lin, H. C. & Chen, C. C. (2001). Non-volatile components of several medicinal mushrooms. *Food Research International*, 34(6), 521-526. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00067-9).
- Mayzumi, F., Okamoto, H. & Mizuno, T. (1997). IV. Cultivation of reishi (*Ganoderma lucidum*) cultivation of reddish reishi (*Ganoderma lucidum*, Red). *Food Reviews International*, 13(3), 365-370. <https://doi.org/10.1080/87559129709541118>.
- Moradali, M. F., Hedjaroude, G. A., Mostafavi, H., Abbasi, M., Ghods, S. & Sharifi-Tehrani, A. (2007). The genus *Ganoderma* (Basidiomycota) in Iran. *Mycotaxon*, 99, 251-270.
- Mortazavinezhad, S., Abbasi, H. & Jahadi, M. (2016). Optimizing the components of the sponge cake containing acar. *J Res Innov Food Sci Technol*, 1(5), 1-14. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2016.06.01.511>
- Naghipour, F., Tabatabaei Yazdi, F., Karimi, M., Mortazavi, S.A. & Mohebbi, M. (2016). Effect of sorghum β -Glucan as fat replacer in low fat gluten free cupcake production. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 13(61), 163-176. SID. <https://sid.ir/paper/71867/en>.
- Nguyen, A. N., Capone, D. L., Johnson, T. E., Jeffery, D. W., Danner, L. & Bastian, S. E. (2019). Volatile composition and sensory profiles of a Shiraz wine product made with pre-and post-fermentation additions of *Ganoderma lucidum* extract. *Foods*, 8(11), 538. <https://doi.org/10.3390/foods8110538>.
- Nile, S. H. & Park SeWon, P. S. (2014). Total, soluble, and insoluble dietary fibre contents of wild growing edible mushrooms. <https://doi.org/10.5555/20143286059>.
- Saltarelli, R., Ceccaroli, P., Iotti, M., Zambonelli, A., Buffalini, M., Casadei, L. & Stocchi, V. (2009). Biochemical characterisation and antioxidant activity of mycelium of *Ganoderma lucidum* from Central Italy. *Food Chemistry*, 116(1), 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.023>.
- Shahbazadeh, S., Moghadadi Moghadam, M., Ahmadian, F. & Ramezanipour, M. (2013). Investigating the possibility of using spirulina powder in the production of ice cream, the second national conference on milk health from production to consumption and its nutritional importance, Tehran, <https://civilica.com/doc/365468>. [in Persian].
- Tan, J. & Kerr, W. L. (2018). Determination of chocolate melting properties by capacitance based thermal analysis (CTA). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 641-649. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9677-0>
- Toker, O. S., Konar, N., Pirouzian, H. R., Oba, S., Polat, D. G., Palabiyik, İ. & Sagdic, O. (2018). Developing functional white chocolate by incorporating different forms of EPA and DHA-Effects on product quality. *LWT*, 87, 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.087>.
- Zeb, A. & Ullah, F. (2016). A simple spectrophotometric method for the determination of thiobarbituric acid reactive substances in fried fast foods. *Journal of analytical methods in chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9412767>

Investigating the Physicochemical Properties of the Beneficial Dark Chocolate with *Ganoderma lucidum* Mushroom

Y. Z. Baziar^a, M. Rabbani^{b*}, M. H. Azizi^c

^a MSc of the Department of Food Science and Industry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Assistant Professor of the Department of Food Science and Industry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^c Professor of the Department of Food Science and Industry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 23 March 2024

Accepted: 28 June 2025

Abstract

Introduction: Ganoderma is a promising source for new functional food products and due to its balanced chemical composition, it can be used to increase the nutritional value of foods. In this study, an attempt was made to use a new formulation to promote health and wellness.

Materials and Methods: The chocolate treatments studied in this study were: Treatment 1 (control), Treatment 2 (containing 5% *Ganoderma lucidum*), Treatment 3 (containing 10% *Ganoderma lucidum*), and Treatment 4 (containing 15% *Ganoderma lucidum*). The tests performed included: fiber determination, determination of thiobarbituric acid reactive substances, determination of peroxide index, determination of color indices, moisture, fat, and protein, sensory evaluation, determination of acidity and pH, and determination of hardness. The studies were conducted in a factorial design based on a completely randomized design using SPSS software.

Results: Based on the results obtained in acidity and pH, the percentage of fat and moisture in different treatments did not differ statistically significantly ($p < 0.05$), but the percentage of protein and fiber in different treatments increased with increasing percentage of *Ganoderma lucidum* ($p < 0.05$). Based on the results obtained, with increasing percentage of *Ganoderma lucidum*, the peroxide index and thiobarbituric acid index (TBARS) also decreased. With increasing percentage of *Ganoderma lucidum*, the amount of redness (a^*) also increased and the amount of yellowness (b^*) and brightness (L^*), and hardness also decreased in chocolate samples. In chocolate samples, with increasing percentage of *Ganoderma lucidum*, the sweetness, texture, color, melt-in-the-mouth and overall acceptance scores decreased ($p < 0.05$), and among the samples, the sample containing 5% obtained the highest score.

Conclusion: Finally, according to the results obtained, the use of Ganoderma mushroom in the formulation of products such as chocolate can provide a new formulation to promote health and wellness.

Keywords: Dark Chocolate, Functional, *Ganoderma lucidum*.

* Corresponding Author: mhd_rabani@yahoo.com