



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

امکان سنجی تولید کیک روغنی فرآسودمند با استفاده از پودر قارچ شیتاکه و گانودرما و بررسی خصوصیات کیفی آنها

یاسمین بختیاری بیدکرپه^۱، مریم قراچورلو^{۲*}، مسعود هنرور^۲

۱-دانش آموخته کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۴

کلمات کلیدی:

کیک روغنی،

غنی سازی،

پودر قارچ شیتاکه،

پودر قارچ گانودرما.

DOI: 10.48311/fsct.2026.83362.0

* مسئول مکاتبات:

Gharachorloo.m@gmail.com,
maryam.gharachorloo@iau.ac.ir

کیک به سبب طعم مطلوب، ارزش غذایی بالا و سهولت مصرف از کاربرد بالایی برخوردار بوده لذا تغییرات بسیاری در فرمولاسیون آن جهت افزایش ارزش تغذیه ای، بهبود کیفیت و زمان ماندگاری محصول انجام شده است. در این تحقیق غنی سازی کیک روغنی با پودر قارچ شیتاکه (*Lentinula edoes*) و پودر قارچ گانودرما (*Ganoderma Lucidum*) انجام شده است. ابتدا درصد چربی، پروتئین، رطوبت، فیبر و خاکستر آرد گندم و پودر قارچ ها و فعالیت آنتی اکسیدانی قارچ ها بررسی شد. سپس پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما در سطوح 5، 10 و 15 درصد به عنوان جایگزین آرد در فرمولاسیون کیک روغنی مورد استفاده قرار گرفت. خصوصیات کیک های تولیدی شامل درصد ترکیبات، حجم، اندیس پراکسید، رنگ، میزان سفتی توسط دستگاه بافت سنج و ارزیابی حسی در مقایسه با شاهد مورد بررسی قرار گرفت. مقدار پروتئین، چربی و خاکستر پودر قارچ شیتاکه بیشتر از پودر قارچ گانودرما و آرد گندم ارزیابی شد. میزان فیبر و فعالیت آنتی اکسیدانی پودر قارچ گانودرما بیشتر از پودر قارچ شیتاکه و آرد گندم بود. حجم کیک با افزایش جایگزینی پودر قارچ به طور معنی داری کاهش، درحالیکه میزان پروتئین، فیبر و سفتی نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافت. میزان چربی در نمونه های حاوی قارچ شیتاکه نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. با افزایش درصد پودر قارچ های اضافه شده مؤلفه های L^* (روشنایی) و b^* (زردی) در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی داری کاهش و مؤلفه a^* (قرمزی) به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. میزان فعالیت آبی در نمونه های 2 ساعت بعد از پخت تفاوت معنی داری نداشتند اما پس از گذشت چند هفته در نمونه های غنی شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش بیشتری یافت. افزایش درصد پودر هر دو قارچ باعث کاهش معنی دار عدد پراکسید شد. از لحاظ حسی نمونه های حاوی 5 درصد پودر قارچ شیتاکه بیشترین امتیاز را در میان همه نمونه ها و در مقایسه با شاهد، بین مصرف کنندگان داشته است.

۱-مقدمه

در حال حاضر کیک جزء تنقلاتی است که به یک میان وعده غذایی تبدیل شده و ارزش غذایی آن نیز در سبد غذایی خانواده ها مهم تلقی میشود. بسیاری از اصلاحات و تغییرات روی ترکیبات کیک صورت گرفته است تا علاوه بر افزایش ارزش تغذیه ای، هم کیفیت آن را بهبود داده و هم زمان ماندگاری محصول را افزایش دهند (سازمان غذا و دارو، ۱۳۹۱). اصلاح ویژگی های این محصولات و استفاده از اجزای با ویژگیهای زیست فعالی می تواند در حفظ سلامتی جامعه مؤثر باشد (دالاندار کوهی، ۱۳۹۹).

استفاده از قارچ در بسیاری از انواع محصولات مانند سوپ، سس، ترشی و غیره در بسیاری از کشورها رواج دارد، اما اطلاعات در مورد استفاده از پودر قارچ در محصولات نانویی مانند کیک، نان و بیسکویت بسیار اندک است (2010sheikhe et al).

قارچ های شیتاکه و گانودرما جزء بزرگترین قارچ های خوراکی هستند که به علت خواص دارویی بسیار مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته اند.

قارچ شیتاکه با نام علمی *Lentinula edodes* یک قارچ خوراکی آسیایی است که در سراسر جهان مصرف می شود و به عنوان قارچ شیتاکه شناخته می شود. نام شیتاکه در واقع یک نام ژاپنی می باشد و علت نامگذاری این قارچ به این نام این است که برای اولین بار در کشور ژاپن این قارچ را بر روی درختی به نام شی (*Castanopsis cuspidate*) برداشت نمودند. به عنوان دومین قارچ پرطرفدار و سومین قارچ پرکشت در جهان، قارچ شیتاکه دارای ویژگی های خاص عطر و طعم و عملکرد دارویی با طیف گسترده ای که به مصرف گسترده آن کمک می کنند (Li et al 2013). از ترکیبات کلیدی متابولیت های ثانویه در این قارچ به پلی ساکارید لتینان^۱ (که از لحاظ مولکولی یک بتاگلوکان می باشد) و کمپلکس هترو گلوکان-پروتئین (LEM^۲) با اثر ضد

توموری و تقویت سیستم ایمنی، اریتادین (کاهش دهنده کلسترول)، ارگوسترول (پیشساز ویتامین D₂)، قطعه های RNA ضد ویروسی (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۸)، اگزالیک اسید (ترکیب ضد باکتریایی (Chang et al 1996)، پروتئین لتین (خاصیت ضد قارچی و خواص درمانی در برابر ایدز/ HIV) (و سرطان خونی) (Ngia et al 2003)، ترکیبات فنولیک (خنثی سازی رادیکال DPPH و خاصیت آنتی اکسیدانی) (Barros et al 2007) اشاره نمودند. همچنین کیتوزان تولید شده توسط قارچ شیتاکه بر رادیکال هیدروکسیل اثر مهاري دارد و کلاته کننده یون آهن است (Tourlo et al 2010).

یکی از قارچ هایی که به لحاظ دارا بودن خواص درمانی متعدد به عنوان بهترین قارچ دارویی نام گذاری شده است قارچ *Ganoderma Lucidum* می باشد (کی پور و همکاران، ۱۳۹۲). قارچ گانودرما اصالتاً متعلق به (چین، کره، تایوان و سایر کشور های آسیایی) بوده است شاخصه ی اصلی در نامگذاری این قارچ توسط چینیان بوده که آن را لینگ ژی می نامند، که به معنای (شعله شادمان برای باران) است. گانودرما لوسیدوم به طور معمول با عناوین (قارچ جاودانگی)، (قارچ روح افزا) نیز مشهور است (ممتاز و همکاران، ۱۳۹۹) و دارای پیشینه ای کهن در بهبود سلامت و افزایش طول عمر است. کربوهیدرات ها به عنوان فراوان ترین ترکیب موجود در گانودرما لوسیدوم ارزیابی شدند و به ترتیب پروتئین ها، چربی ها، مواد معدنی و نمک ها در جایگاه بعدی قرار گرفتند (Stojkovic et al 2014). از میان توکوفرول ها ایزوفرم های آلفا، گاما و دلتا یافت می شوند که گاما توکوفرول دارای بیشترین فراوانی است. مزایای توکوفرول ها: حفاظت از آسیب های پوستی ایجاد شده توسط نور خورشید و اشعه ی ماورا بنفش، انجام فرآیند اکسیداسیون با بسیاری از بیماری ها از جمله سرطان، پیری و آلزایمر (Obodai et al 2017). گانودرما حاوی انواع ترکیب های شیمیایی است که به ترتیب ترپنوئید ها، پلی

ساکارید ها و تری ترپنوئید ها بیشترین فراوانی را در این قارچ دارند (ممتاز و همکاران، ۱۳۹۹).

جهت غنی سازی انواع کیک و بیسکویت از محصولات مختلفی استفاده شده است. برای مثال در سال ۱۳۹۸ موسوی کلجاهی و همکاران، به امکان سنجی تولید کیک روغنی فراسودمند حاوی پودر تغاله ی لیموترش در سه سطح (۰، ۵، ۱۰ درصد مقدار آرد گندم) و قند مایع خرما در سه سطح (۰، ۲۵، ۵۰ درصد مقدار ساکارز) پرداختند و کیک های روغنی حاصل را از نظر ویسکوزیته خمیر کیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبت، افت وزنی، pH، درصد ساکارز، رنگ، فیبر خام)، رئولوژیکی و حسی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که افزایش میزان جایگزینی آرد با تغاله لیمو ترش و ساکارز با قند مایع خرما، محتوای رطوبت، قند احیا کننده و فیبر های رژیمی نمونه ها کیک افزایش یافته و میزان افت بعد از پخت، pH، درصد ساکارز و سفتی بافت نمونه های کیک کاهش یافت.

در مطالعه ی دیگری در سال ۱۳۹۵ زارع و همکاران، به بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد سنجد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی پرداختند. بدین منظور از ۵ سطح آرد سنجد (۰، ۵، ۷، ۱۰) جایگزین آرد گندم استفاده کردند، و نتایج نشان داد که بیشینه ویسکوزیته خمیر مربوط به نمونه ی شاهد (فاقد آرد سنجد) بود و از سوی دیگر با افزایش جایگزینی آرد گندم با آرد سنجد، حجم و میزان پروتئین کاهش ولی میزان فیبر کیک ها افزایش یافت با توجه به نتایج آنها بیان داشتند که جایگزین شدن ۳ درصدی آرد گندم با آرد سنجد به عنوان یک ماده ی اولیه ی عملگرا در تهیه کیک ترکیب مناسبی برای آماده سازی کیک فراهم می کند.

ویژگی های فیزیکوشیمیایی کیک تهیه شده با پودر قارچ دکمه ای به عنوان جایگزین آرد گندم در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد بررسی شده است نتایج حاکی از آن بود که با افزایش درصد پودر قارچ دکمه ای در فرمولاسیون، ویسکوزیته خمیر کاهش یافته و بیش ترین ویسکوزیته

مربوط به نمونه شاهد می باشد. هم چنین با افزایش درصد قارچ در فرمولاسیون کیک، حجم کیک ها به طور چشمگیری افزایش یافته و باعث کاهش دانسیته ی آنها می شود. با افزایش درصد پودر قارچ دکمه ای اختلاف معنی داری بین کیک ها از نظر خصوصیات بافت سنجی مشاهده نشد. نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی ۱۰ درصد پودر قارچ دکمه ای بالا ترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت (صالحی و همکاران، ۲۰۱۵).

Arora و همکاران در سال ۲۰۱۷، روی غنی سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ دکمه کار کردند. پودر آگارکوس بیسپوروس (قارچ دکمه سفید) با جایگزین آرد گندم با ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد پودر قارچ تهیه کردند. یافته ها با افزایش سطح پودر قارچ در فرمولاسیون، تراکم خمیر و حجم ویژه نمونه کیک کاهش یافت. برای ۲۰ درصد غنی سازی، تراکم خمیر و حجم ویژه به ترتیب با ۸/۲۳ و ۵/۷۹ درصد کاهش یافت.

در این پژوهش ابتدا درصد رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر، فیبر، آرد گندم، پودر قارچ شیتاکه و پودر قارچ گانودرما و سپس اثر آنتی اکسیدانی قارچ ها اندازه گیری شد و سپس اثر جایگزینی پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما در ۳ سطح، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به عنوان جایگزین آرد در فرمولاسون کیک روغنی بررسی و رئولوژی خمیر، حجم، دانسیته و درصد ترکیبات فیزیکوشیمیایی کیک، رنگ، سفتی و ارزیابی حسی کیک ها اندازه گیری و با یک دیگر مقایسه می شود.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد اولیه کیک

آرد نول (شرکت گلستان)، آب، شکر (شرکت یاس)، روغن مایع خوراکی لادن، پودر پخت (برند Dr.Oetker)، وانیل (برند Dr.Oetker)، تخم مرغ (شرکت تلاونگ)، شربت اینورت (تهیه گلوکز و جوهر لیمو از لوازم قنادی

2000AOAC) و میزان فیبر به وسیله دستگاه فایبر تک اندازه گیری شدند .

۲-۳-۲- بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی قارچ شیتاکه و گانودرما

به منظور تهیه عصاره متانولی بر روی ۳۰ گرم قارچ پودر شده ، ۲۰۰ میلی لیتر متانول ریخته شد و با شیکر در دمای آزمایشگاه ۲۴ ساعت نگه داری شد ، سپس عصاره حاصل را صاف کرده و توسط روتاری در فشارکاهش یافته و دمای ۴۰ درجه تغلیظ کردیم تا عصاره حاصل شد (طبری و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۳-۲-۲- بررسی قابلیت حذف رادیکال های آزاد توسط روش DPPH

اثر آنتی اکسیدانی عصاره ها با استفاده از روش اندازه گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (RSC) به کمک رادیکال ۲ ، ۲- دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل DPPH مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظتهای مختلف نمونه و کنترل درون چاهک های یک میکرو پلیت ۹۶ خانه اضافه شدند . بلانک برای بی اثر کردن رنگ عصارهها در سنجش نهایی جذب است . سپس پلیت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط و در تاریکی قرار داده شد و جذب هر چاهک توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر در ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. با قرار دادن مقدار های بدست آمده در فرمول زیر درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد . سپس با رسم منحنی درصد بازدارندگی نسبت به غلظت، می توان غلظتی از نمونه که در آن ۵۰ درصد بازدارندگی (50IC) مشاهده می شود را به دست آورد. بنابراین هر چه میزان کم تر باشد، نمونه خاصیت آنتی اکسیدانی بالاتری دارد .

$$Ac - As \times \frac{100}{Ac} = Af$$

در فرمول Ac جذب کنترل ، As جذب نمونه و Af جذب نهایی است (Azizi et al 2015).

۳-۲-۳-۲- سنجش قدرت احیا کنندگی آهن

معتبر)، پودر قارچ گانودرما (برند ایران گانودرما) و پودر قارچ شیتاکه (برند محصولات دکتر مهدیزاده) تهیه شد .

۲-۳- تهیه کیک روغنی

تمامی خمیر های کیک به نحوی تهیه شدند که حاوی ۱۰۰ گرم آرد ، ۳۶ گرم شکر ، ۲۵ گرم روغن ، ۳۵ گرم آب ، ۲ گرم پودر پخت ، ۰/۷ گرم وانیل ، ۱۲ گرم شربت اینورت و ۲۰ گرم تخم مرغ بود. در ابتدا به منظور تهیه ی خمیر کیک، روغن، پودر شکر و تخم مرغ با استفاده از یک هم زن برقی به مدت ۶ دقیقه مخلوط شد تا یک مخلوط کرم مانند حاوی حباب های هوا ایجاد شود. در ادامه پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما را در چهار سطح ۰ ، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزین آرد کیک شد. بعد پودر پخت و وانیل به آرد اضافه شد و مخلوط حاصل به صورت تدریجی به مخلوط قبلی اضافه شد . سپس با استفاده از یک قیف پارچه ای خمیر های تهیه شده، درون کاغذ های مخصوص کیک که درون قالب ها قرار گرفته می شود، ریخته شد. سپس عمل پخت در فر آزمایشگاهی گردان با هوای داغ در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه ها در کیسه های پلی اتیلن بسته بندی و در دمای محیط نگه داری شد آزمون های مورد نظر بر روی نمونه های کیک روغنی در دو ساعت پس از تولید و هفته های اول ، دوم و سوم نگه داری در دمای محیط مورد بررسی قرار گرفت (افشاریان طرربه و همکاران، ۱۳۹۳).

۳-۲- آزمون های آرد گندم، پودر قارچ شیتاکه و پودر قارچ گانودرما:

۲-۳-۱- آزمون های شیمیایی آرد گندم، پودر قارچ شیتاکه و پودر قارچ گانودرما:

آزمایش های شیمیایی آرد، پودر قارچ شیتاکه و پودر قارچ گانودرما از قبیل درصد رطوبت، پروتئین، خاکستر با روش های AACC به ترتیب شماره های (۱۵-۴۴)، (۱۲-۴۶)، (۰۸-۰۱) انجام شد. چربی به روش سوکسله (

۲-۴-۲- اندازه گیری دانسیته و ترکیبات کیک

حجم کیک ها به روش جابه جایی حجم با استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید. درصد رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت، چربی با استفاده از سوکسله و حلال دی اتیل اتر، پروتئین به روش کجالدال بدست آمد (AOAC 2000).

۲-۴-۳- بافت سنجی

خصوصیات بافتی کیک های غنی شده پس از ۲ ساعت پس از تولید و پس از ۱ هفته، ۲ هفته، ۳ هفته نگه داری در دمای محیط، توسط دستگاه بافت سنج (TA-XT Plus, Stable) (Micro Systems Ltd., Surrey, UK) و نرم افزار مربوطه (Expert Texture ۱/۰۵) اندازه گیری شد. پروب استوانه ای با قطر ۶ میلی متر، با سرعت ۱/۰ میلی متر بر ثانیه و به عمق ۱۰ میلی متر جهت انجام آزمون نفوذ و بررسی سفتی کیک های تهیه شده استفاده شد. سرعت رفت و برگشت ۲/۰ میلی متر بر ثانیه در نظر گرفته شد (صالحی و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۴-۴- رنگ سنجی

رنگ جزء اولین پارامتر های ظاهری محصول است که مصرف کننده با دیدن آن ماده ی غذایی را انتخاب می کند (مهدی زاده و همکاران، ۱۳۹۷). برای رنگ سنجی نمونه های کیک، هم پوسته و هم بافت (برای عکس برداری از بافت، کیک از وسط نصف شده و مغز کیک اسکن گردید) توسط سیستم رنگ سنجی هانتر لب مدل UltraScan VIS مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به صورت L^* (میزان روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) گزارش و مقایسه شد. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه ی آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه ی آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه

به منظور سنجش این ویژگی، به ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه ۳، میلی لیتر معرف FRAP اضافه گردید. مخلوط حاصل ورتکس و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد انکوبه شد. جذب محلول ها در ۵۹۳ نانومتر نسبت به شاهد (شامل ۱۰۰ میکرولیتر آب مقطر به همراه ۳ میلی لیتر معرف) خوانده شد. آمونیوم فروس سولفات جهت رسم منحنی استاندارد بکار رفت. برای رسم منحنی استاندارد کاتیون دو ظرفیتی، محلول پایه ای از آمونیوم فروس سولفات ۱ میلی مولار آماده شد. سپس مقادیر ۰، ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ ppm از این محلول در لوله های آزمایش ریخته و حجم هر یک را با آب مقطر به ۱۰۰ میکرولیتر رسانده شد. به هر کدام از لوله ها ۳ میلی لیتر معرف FRAP اضافه شد. مخلوط حاصل به خوبی ورتکس گردید و به مدت ۴ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد انکوبه شد. پس از طی این مدت، جذب محلول ها در طول موج ۵۹۳ نانومتر نسبت به شاهد خوانده شد. از لوله آزمایش فاقد آمونیوم فروس سولفات به عنوان شاهد استفاده شد. با قرار دادن مقدار جذب نمونه ها در معادله مربوط به منحنی استاندارد کاتیون آهن دوظرفیتی، توانایی احیاکنندگی عصاره ها محاسبه شد. داده ها براساس میلی گرم یون فروس تولید شده بر گرم وزن عصاره بیان گردید (Benzie et al 1999).

۲-۴-۴- آزمون های کیک

۲-۴-۱- خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته خمیر کیک قبل از طراحی فرایندهایی مانند سیستم های انتقال خمیر، نیروی مورد نیاز برای پمپاژ و قالب زنی و پیش بینی خصوصیات نهایی کیک پخته شده ضروری است. ویسکوزیته و رئولوژیکی خمیر کیک ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (model RVDV- II+ pro, USA)، Brookfield) در محدوده سرعت برشی ۱/۹ تا ۷۶ بر ثانیه، در دما ۲۵ درجه سانتی گراد، با استفاده از اسپیندل شماره 07S اندازه گیری شد (صالحی و همکاران، ۲۰۱۶).

و محلول با هیپوسولفیت سدیم ۰/۱ نرمال یا تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا از بین رفتن رنگ تیره حاصل از افزودن چسب نشاسته تیترا شد (بی نام، ۱۳۸۶).

برای محاسبه پراکساید از فرمول زیر استفاده می شود.

$$\text{عدد پراکساید} = \frac{N(S-B) \times 1000}{w}$$

S: حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن، B:

حجم تیوسولفات مصرف شده توسط شاهد، N: نرمالیت

تیوسولفات،

W: وزن نمونه.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

ارزیابی نتایج بوسیله نرم افزار آماری 16SPSS با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. همچنین مقایسه ی میانگین تیمارها با آزمون دانکن با سطح احتمال خطا ۰/۰۵ و رسم نمودارها، نیز توسط نرم افزار SPSS انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی آرد گندم و پودر قارچ شیتاکه و گانودرما

محتوای رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و فیبر آرد گندم، پودر قارچ شیتاکه و پودر قارچ گانودرما در (جدول ۱) آورده شده است. تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش نشان داد که نوع نمونه بر پارامترهای مورد اندازه گیری اثر معنی دار داشت. همان طور که در (جدول ۱) مشخص است. درصد چربی، خاکستر، پروتئین پودر قارچ شیتاکه بیشتر از پودر قارچ گانودرما و آرد گندم بوده است اما درصد فیبر پودر قارچ گانودرما از پودر قارچ شیتاکه و آرد گندم بیشتر بود.

به رنگ های آبی و زرد را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می باشد (Sun et al 2008).

۲-۴-۵- فعالیت آبی

فعالیت آبی کیک ها با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ و با کمک دستگاه Lab Master aw (مدل Aw sprint) اندازه گیری شد.

۲-۴-۶- ارزیابی حسی

ویژگی های حسی نمونه های کیک، شامل رنگ، بافت، طعم، تردی مورد بررسی قرار گرفت و از ۱۰ ارزیاب آموزش دیده خواسته شد که نظرات خود را بدهند (۵. عالی، ۴. خیلی خوب، ۳. خوب، ۲. متوسط، ۱. ضعیف). در این روش، آزمون های حسی ذکر شده و با توجه به امتیازاتی که ۱۰ ارزیاب به کیک ها داده بودند، مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۴-۷- عدد پراکسید

برای اندازه گیری اندیس پراکسید ابتدا ۳-۴ عدد کیک را تکه تکه کرده داخل یک ارلن دهان گشاد انداخته شد. روی آن حلال پترولیوم اتر ریخته شد تا آن که سطح کیک را به طور کامل پوشاند. یک سرپوش روی آن قرار داده شد تا بخارات وارد فضا نشود

۱ ساعت گذاشته شد تا چربی در پترولیوم حل شد. پترولیوم به وسیله کاغذ صافی صاف شد و سپس داخل بالن سوکسله ریخته شد و روی حرارت مرطوب پترولیوم جدا شد و چربی باقی ماند، مقدار ۲ گرم تا ۳ گرم از روغن استخراج شده را درون یک ارلن مایر در سمباده ای ۲۵۰ میلی لیتری وزن کرده شد و ۳۰ میلی لیتر مخلوط اسید استیک و کلروفرم به آن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی لیتر محلول اشباع یدورپتاسیم به آن اضافه شد. به مدت ۱ دقیقه در تاریکی گذاشته شد. آنگاه ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و چند قطره معرف نشاسته اضافه شد

(Table 1) Chemical composition of wheat flour, Shiitake mushroom and Ganoderma mushroom powders

Sample	Fat (%)	Ash (%)	Moisture (%)	Protein (%)	fiber (%)
Wheat flour	1/01 ± 0/03	0/28 ± 0/05	13/36 ± 1/11	10/83 ± 2/05	2/04 ± 0/1
Shiitake powder	2/19 ± 0/34	5/48 ± 0/67	8/79 ± 0/4	19/57 ± 0/87	10/67 ± 0/61

Ganoderma powder 0/5 ± 0/15 3/03 ± 0/37 7/20 ± 0/37 15/58 ± 0/87 24/83 ± 1/01

در نمونه های حاوی ۵٪ پودر قارچ شیتاکه و گانودرما ویسکوزیته خمیر نسبت به شاهد افزایش یافته است. به عبارتی فیبر های موجود در پودر قارچ شیتاکه و گانودرما دارای ظرفیت جذب آب بالایی هستند که جذب بالای آب منجر به افزایش حجم مولکول های هیدراته شده در نتیجه به برقراری پیوند های هیدروژنی بیشتر در خمیر کیک کمک می کند که این امر باعث افزایش ویسکوزیته نمونه ها گردیده است (Baixauli et al 2007)، به عبارتی ایجاد ساختار ها محکم توسط فیبر های موجود در پودر قارچ، مانع از جریان یافتن خمیر شده و ایجاد پیوند های هیدروژنی زیاد با آب و در نتیجه کاهش مقدار آب در دسترس منجر به افزایش

ویسکوزیته ی خمیر گردیده است (Zimeri et al 2010, Demirkesen et al 2003). نتایج بدست آمده با نتایج تحقیق موسوی و همکاران (۱۳۹۹)، صالحی و همکاران (۱۳۹۵) و زارع و همکاران (۱۳۹۵)، که به ترتیب به بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی فراسودمند حاوی پودر تفاله لیمو ترش و بررسی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب و بررسی تاثیر جایگزینی آرد گندم با آرد سنجد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی پرداختند، مطابقت دارد.

اما در نمونه های حاوی ۱۰٪ و ۱۵٪ پودر قارچ شیتاکه و گانودرما دستگاه ویسکومتر بروکفیلد قادر به اندازه گیری ویسکوزیته نبود که به دلیل درصد بالای فیبر و پروتئین، که به ترتیب در قارچ های شیتاکه و گانودرما مقدار پروتئین ۱۹/۵۷ و ۱۵/۵۸ درصد و فیبر ۱۰/۶۷ و ۲۴/۸۳ درصد می باشد، باعث شد ویسکوزیته ظاهری خمیر بسیار زیاد شود و ویژگی های خمیر بیشتر از اینکه شبیه مواد ویسکوالاستیک باشد، شبیه به مواد جامد شود. در نتیجه خمیر توانایی حبس هوا را طی اختلاط نداشته و از طرفی گاز های تولید شده در حین پخت توان تغییر در حجم را ندارند. در نهایت کیک با حجم کم، بافتی فشرده و مغزی خام و خیس تولید

درصد پروتئین، فیبر و خاکستر بدست آمده از پودر قارچ شیتاکه با داده های بدست آمده از تحقیقات Baba و همکاران ۲۰۲۱، مطابقت داشت. میزان درصد پروتئین و خاکستر پودر قارچ گانودرما با درصد پروتئین و خاکستر گزارش شده در تحقیق Garuba و همکاران ۲۰۱۹، تفاوت معنی داری نداشت اما درصد فیبر و چربی بدست آمده با این تحقیق تفاوت معنی داری داشت، این تفاوت ممکن است به دلیل ماهیت بستر، نمونه های قطعه، زیستگاه و محل جمع آوری نمونه باشد (Salamat et al 2017).

۲-۳- فعالیت آنتی اکسیدانی قارچ شیتاکه و گانودرما

پودر قارچ شیتاکه و گانودرما از نظر فعالیت آنتی اکسیدانی تفاوت معنی داری داشته اند. به طوری که قدرت احیاء رادیکال آزاد (معرف DPPH) قارچ گانودرما با IC₅₀ (۱۶۴/۷۱ ± ۴/۱۴) میکروگرم بر میلی لیتر) بیشتر از قدرت احیاء رادیکال آزاد قارچ شیتاکه با IC₅₀ (۱۸۹/۳۹ ± ۳/۴۳) میکروگرم بر میلی لیتر) بود همچنین قدرت احیا آهن (تست FRAP) در پودر قارچ شیتاکه (۱/۰ ± ۰/۰۰۵) میلی گرم بر گرم) کم تر از قدرت احیا آهن در پودر قارچ گانودرما (۱/۳۰ ± ۰/۰۰۵) میلی گرم بر گرم) می باشد. میزان IC₅₀ بدست آمده برای قارچ گانودرما در این تحقیق با IC₅₀ گزارش شده در تحقیق ملکوت طبری و همکاران، ۱۳۹۰ که برابر ۱۶۲/۰۱ مطابقت دارد.

۳-۳- اثر افزودن پودر قارچ شیتاکه و گانودرما بر ویژگی های کیک روغنی

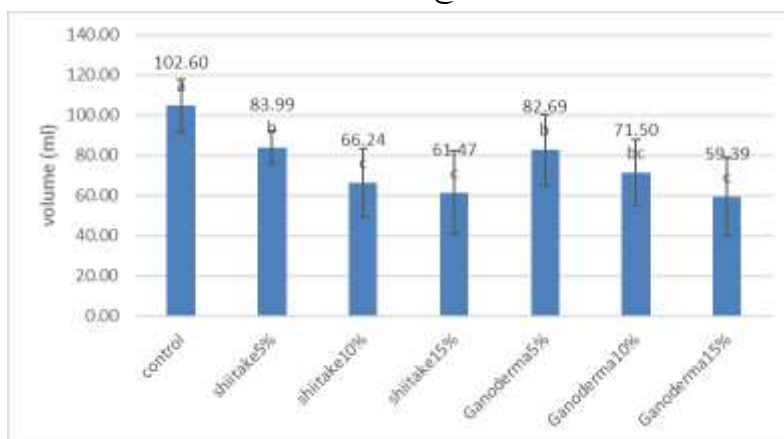
۱-۳-۳- خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته خمیر کیک در نمونه های شاهد، کیک غنی شده با ۵٪ پودر قارچ شیتاکه و کیک غنی شده با ۵٪ پودر قارچ گانودرما با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می یابد. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، نشان دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاست) خمیر می باشد.

خواهد شد (Kalinga et al 2009).

۳-۳-۲- حجم کیک

شیتاکه و ۱۵٪ پودر قارچ گانودرما کم ترین حجم را داشتند. با افزودن پودر هر دو قارچ حجم کیک کاهش یافت که علت این کاهش احتمالا تغییرات ویسکوزیته و جرم حجمی (Alabi et al 2007) و یا افزایش میزان پروتئین در آرد کیک، در اثر افزایش میزان پودر قارچ شیتاکه و گانودرما می باشد. افزایش میزان پروتئین در آرد سبب ایجاد آردی قوی تر و در نتیجه تولید محصولی با طبیعت سفت تر و متراکم تر می شود (طباطبایی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج اندازه گیری حجم کیک در نمودار ۱ آمده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر پودرهای قارچ شیتاکه و گانودرما بر روی حجم کیک معنی دار بود. با افزودن پودر هر دو قارچ حجم کیک های تولید شده کاهش یافت. شاهد بالاترین حجم را داشت و با افزایش درصد پودر هر دو قارچ حجم نیز کاهش یافت و کیک های دارای ۱۵٪ پودر قارچ



(Figure 1)- Cake volume in different treatments ($P < 0/05$).

(روشنایی) و b (زردی) در مقایسه با نمونه ی شاهد کاهش و مؤلفه a (قرمزی) افزایش پیدا می کند. نتایج این بخش با تحقیقات صالحی و همکاران در سال ۱۳۹۴، که به بررسی غنی سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ دکمه ای پرداختند، مطابقت دارد.

در پژوهش های مختلفی گزارش شده است که استفاده از فیبر در فرمولاسیون کیک موجب تیرگی محصول می شود (حاج محمدی و همکاران، ۱۳۹۲، مجذوبی و همکاران، ۲۰۱۵) از آنجایی که قارچ شیتاکه $0/61 \pm 10/67$ درصد و قارچ گانودرما $1/01 \pm 24/83$ درصد فیبر دارند تیره تر شدن رنگ نمونه ها قابل توجه است. دلیل دیگر تغییر در رنگ نمونه های غنی شده نسبت به شاهد به دلیل وجود ترکیبات رنگی در پودرهای قارچ شیتاکه و گانودرما می باشد.

نتایج این بخش با تحقیقات زارع و همکاران (۱۳۹۵) و طباطبایی کوشکی و همکاران (۱۳۹۲) که به ترتیب به بررسی تاثیر جایگزینی آرد گندم با آرد سنجد و آرد گندم با ایزوله پروتئینی سویا پرداختند مطابقت داشت اما با تحقیقات صالحی و همکاران (۱۳۹۴)، که به بررسی جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ دکمه ای پرداخته بودند مطابقت نداشت.

۳-۳-۳- رنگ سنجی

رنگ پوسته کیک توسط واکنش میلارد و کاراملیزاسیون، در طی پخت ایجاد می شود در حالی که مغز کیک تحت تاثیر ترکیبات به کار برده شده در فرمولاسیون می باشد (مجدوبی، ۲۰۱۲). نتایج بدست آمده از پردازش تصویر رنگ پوسته و مغز کیک نمونه ی شاهد و نمونه های غنی شده با پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما در جدول ۴-۳ آورده شده است. با افزایش درصد پودر قارچ های اضافه شده مؤلفه های L

(Table 2) The effect of Ganoderma and Shiitake mushroom powder s on the amount of color components of the shell and core of the oil cake compared to the control.

Crust color			
Sample	L*	a*	b*
control	63/22 ± 2/69 ^a	6/46 ± 1/24 ^d	33/90 ± 3/52 ^a
Shiitake 5%	60/46 ± 2/25 ^{ab}	7/46 ± 1/13 ^{cd}	30/83 ± 3/75 ^a
Shiitake 10%	56/04 ± 3/72 ^{bc}	8/64 ± 0/85 ^{bc}	31/50 ± 2/89 ^a
Shiitake 15%	51/66 ± 1/61 ^c	12/08 ± 2/54 ^a	30/47 ± 5/95 ^a
Ganoderma 5%	44/00 ± 4/05 ^d	8/08 ± 1/00 ^{bcd}	18/25 ± 1/51 ^b
Ganoderma 10%	36/11 ± 4/34 ^e	9/15 ± 1/32 ^{bc}	13/66 ± 2/33 ^{bc}
Ganoderma 15%	29/84 ± 3/90 ^f	9/98 ± 0/52 ^b	9/69 ± 0/66 ^c

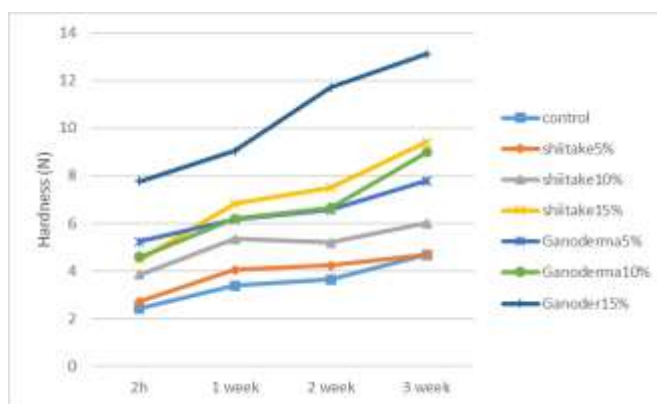
Crumb color			
Sample	L*	a*	b*
control	76/10 ± 2/42 ^a	3/18 ± 1/41 ^c	40/88 ± 7/71 ^a
Shiitake 5%	71/31 ± 0/71 ^b	4/59 ± 1/03 ^b	29/44 ± 1/85 ^b
Shiitake 10%	67/93 ± 2/33 ^b	4/17 ± 0/76 ^{bc}	25/94 ± 1/29 ^{bc}
Shiitake 15%	61/11 ± 3/11 ^c	4/70 ± 0/81 ^b	24/08 ± 1/01 ^c
Ganoderma 5%	51/17 ± 2/43 ^d	8/13 ± 0/36 ^a	18/19 ± 1/31 ^d
Ganoderma 10%	45/50 ± 5/20 ^e	8/45 ± 1/00 ^a	18/02 ± 2/16 ^d
Ganoderma 15%	39/91 ± 1/78 ^f	8/25 ± 0/14 ^a	17/38 ± 1/63 ^d



(Figure 2) Color of control sample and different percentages of mushroom powder * the sample on the right are s and the samples on the left are samples containing ganoderma powders.

۳-۳-۴- نتایج بافت سنجی

نتایج آنالیز واریانس بافت کیک به وسیله دستگاه بافت سنج نشان داد که اثر روز و اثر متقابل درصد پودر های قارچ شیتاکه و گانودرما بر روی بافت کیک معنی دار بود. نمودار ۲ اثر روز نگه داری و درصد افزودن پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما را نشان می دهد. بررسی تاثیر روز نگه داری بر سفتی بافت کیک نشان داد که روز نگه داری کیک اثر معنی داری بر سفتی بافت داشت و با گذشت زمان از میزان نرمی بافت کیک کاسته شد.



(Figure 3) The role of day and percentage of Shiitake and Ganoderma mushroom powders addition on the firmness of the control cake and enriched samples.

قارچ گانودرما دانست که دارای ویژگی باند شدن قوی با آب است که تعداد زیادی از گروه های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر اجازه بر هم کش های آبی بیشتری از طریق پیوند های هیدروژنی را می دهد (Ayadi et al 2009).

تاثیر درصد افزودن پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما بر سفتی بافت کیک روغنی در مجموع ۳ هفته ارزیابی در جدول ۳ آمده است. این نتایج نشان داد با افزایش میزان پودر قارچ شیتاکه و به خصوص پودر قارچ گانودرما در ترکیب کیک، بافت کیک سفت تر شد. نمونه هایی که حاوی پودر قارچ گانودرما بودند از نمونه های حاوی پودر قارچ شیتاکه، سفت تر بودند. می توان دلیل آن را در مقدار فیبر بالای پودر

(Table 3) Effect of day and addition of Shiitake and Ganoderma mushroom powders on the firmness of oil cake texture (newton unit)

Sample	2h	1 week	2 week	3 week
Control	2/42 ± 0/38 ^{Ce}	3/39 ± 0/76 ^{Bd}	3/67 ± 0/08 ^{Bf}	4/67 ± 0/46 ^{Ae}
Shiitake 5%	2/72 ± 0/27 ^{Bde}	4/05 ± 0/15 ^{Ad}	4/24 ± 0/42 ^{Bd}	4/68 ± 0/39 ^{Ae}
Shiitake 10%	3/85 ± 0/06 ^{Ccd}	5/34 ± 0/06 ^{Bc}	5/19 ± 0/42 ^{Bd}	6/01 ± 0/52 ^{Ad}
Shiitake 15%	4/47 ± 0/59 ^{Dbc}	6/83 ± 0/61 ^{Cd}	7/51 ± 0/26 ^{Bb}	9/41 ± 0/28 ^{Ab}

Ganoderma 5%	5/24 ± 0/66 ^{Bd}	6/16 ± 0/61 ^{ABc}	6/56 ± 0/43 ^{ABc}	7/79 ± 1/42 ^{Ac}
Ganoderma 10%	4/59 ± 0/30 ^{Bbc}	6/20 ± 0/20 ^{Bb}	6/66 ± 0/32 ^{Ac}	8/99 ± 0/34 ^{Abc}
Ganoderma 15%	7/77 ± 1/55 ^{Ba}	9/03 ± 0/18 ^{Ba}	11/70 ± 0/92 ^{Aa}	13/11 ± 0/92 ^{Aa}

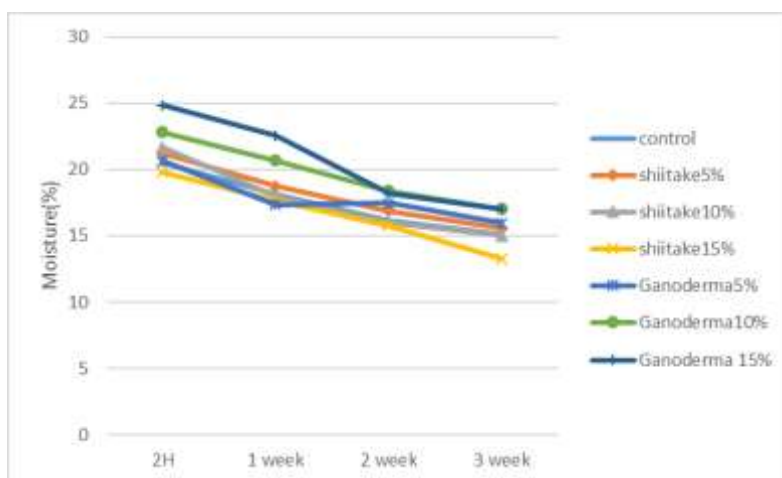
*Capital letters indicate comparisons between rows and lowercase letters indicate comparisons between columns.

پودر قارچ شیتاکه می باشد، البته بین نمونه های شیتاکه ۱۵٪ و نمونه ی شاهد تفاوت معنی داری وجود ندارد.

علت بالا تر بودن رطوبت کیک های حاوی پودر قارچ گانودرما نسبت به نمونه ی شاهد این است که بخش مهمی از ماده ی خشک قارچ گانودرما را فیبر های خوراکی تشکیل می دهند (میزان فیبر قارچ گانودرما ۲۵٪ می باشد).

برای افزایش میزان رطوبت در کیک، مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) می گویند برخی از ترکیبات که دارای طبیعت آبدوست هستند، قادرند با آب بر هم کنش دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم شوند که همین امر در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخت و نگه داری موثر است.

از آنجا که پودر قارچ شیتاکه (حدود ۲۰٪ پروتئین و ۱۰٪ فیبر) و پودر قارچ گانودرما (حدود ۱۶٪ پروتئین و ۲۵٪ فیبر) می باشد به احتمال زیاد پروتئین و فیبر موجود در آن ها ظرفیت نگهداری آب کیک را بالا می برد و رطوبت محصول نهایی را افزایش می دهد.



(Figure 4) The role of day and the percentage of Shiitake and Ganoderma mushroom powders addition, on the moisture content of the control cake and the enriched samples.

۳-۴- اثر افزودن پودر شیتاکه و گانودرما بر ترکیبات شیمیایی کیک روغنی

۳-۴-۱- تاثیر افزودن پودر قارچ بر درصد رطوبت کیک روغنی

نتایج آنالیز واریانس رطوبت کیک نشان داد که اثر روز در این ویژگی معنی دار بود. با توجه به جدول ۴ بررسی رطوبت کیک در روز های مختلف نگه داری نشان داد که روز نگه داری اثر معنی داری بر رطوبت کیک داشته و به طور کلی می توان گفت با گذشت زمان رطوبت کیک ها کاهش یافته است. میزان رطوبت نمونه ها در زمان ۲ ساعت بعد از پخت بیشتر از محدوده ی استاندارد کیک (۲۵۵۳) می باشد اما درصد رطوبت به فاصله زمانی ۱ هفته، دو هفته و سه هفته بعد از پخت در محدوده ی استاندارد کیک (۲۵۵۳) می باشد.

نتایج نشان داد جایگزینی پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما با آرد گندم تاثیر معنی داری بر میزان رطوبت داشت ($P < 0.05$).

بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه های حاوی ۱۵٪ پودر قارچ گانودرما و کمترین آن مربوط به نمونه های حاوی ۱۵٪

(Table4) Effect of day and addition of Shiitake and Ganoderma mushroom powders on oil cake moisture

Sample	2h	1 week	2 week	3 week
Control	20/53 ± 0/23 ^{Aef}	18/13 ± 0/19 ^{Bcd}	16/17 ± 0/08 ^{Cc}	15/11 ± 0/11 ^{Db}
Shiitake 5%	21/23 ± 0/41 ^{Acd}	18/74 ± 0/49 ^{Bc}	16/88 ± 0/59 ^{Cbc}	15/55 ± 0/60 ^{Db}
Shiitake 10%	21/66 ± 0/24 ^{Ac}	17/96 ± 0/21 ^{Bcd}	16/01 ± 0/24 ^{Cc}	15/03 ± 0/41 ^{Db}
Shiitake 15%	19/81 ± 0/35 ^{Af}	17/64 ± 0/28 ^{Bd}	15/75 ± 0/53 ^{Cc}	13/27 ± 0/32 ^{Dc}
Ganoderma 5%	20/65 ± 0/35 ^{Ade}	17/36 ± 0/34 ^{Bd}	17/47 ± 0/14 ^{BCab}	15/96 ± 0/43 ^{Cab}
Ganoderma 10%	22/81 ± 0/53 ^{Ab}	20/68 ± 0/49 ^{Bb}	18/38 ± 0/42 ^{Ca}	17/05 ± 0/35 ^{Da}
Ganoderma 15%	24/84 ± 0/38 ^{Aa}	22/52 ± 0/83 ^{Ba}	18/24 ± 1/25 ^{Ca}	17/01 ± 1/72 ^{Ca}

*Capital letters indicate comparisons between rows and lowercase letters indicate comparisons between columns.

فعالیت آبی بین تیمارهای مختلف کیک وجود ندارد (۰/۰۵ > P).

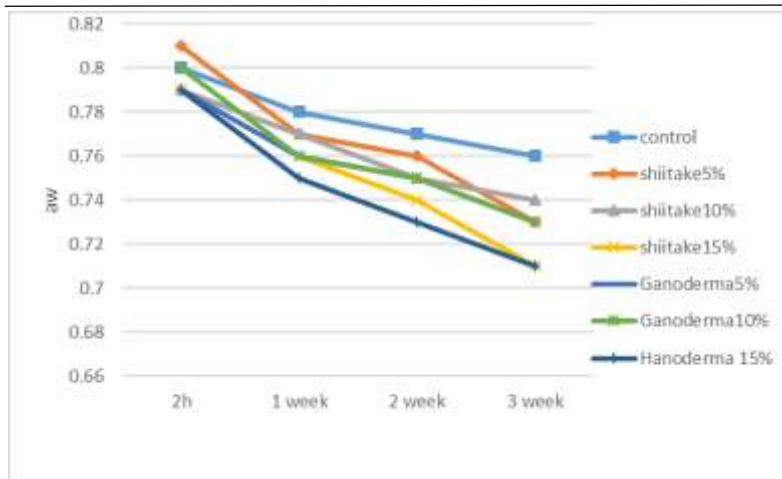
در هفته ی اول و هفته دوم کم ترین و بیشترین میزان aw به ترتیب مربوط به نمونه های کیک حاوی گانودرما ۱۵٪ و نمونه ی شاهد بود. در هفته اول بین نمونه های حاوی شیتاکه ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ و گانودرما ۵٪ با نمونه ی شاهد و گانودرما ۱۰٪ با نمونه گانودرما ۱۵٪ تفاوت معنی داری بینشان وجود نداشت اما در هفته ی دوم بین نمونه های حاوی قارچ شیتاکه ۵٪ و گانودرما ۵٪ با نمونه ی شاهد و همچنین نمونه های حاوی شیتاکه ۱۰٪ و شیتاکه ۱۵٪ و گانودرما ۱۰٪، تفاوت معنی داری وجود نداشت.

میزان aw در هفته ی سوم کم ترین میزان مربوط به نمونه های حاوی پودر قارچ شیتاکه ۱۵٪ و گانودرما ۱۵٪ و بیشترین میزان مربوط به نمونه ی شاهد بود و بین مابقی نمونه ها تفاوت معنی داری وجود نداشت. هرچه فعالیت آبی کیک بالاتر باشد باعث کپک زدگی سریع تر و عمر ماندگاری کمتر این کیک ها می گردد. نمونه هایی که aw پایین تری نسبت به شاهد داشته اند، دارای ماندگاری بیشتری نیز هستند.

این افزایش رطوبت با نتایج تحقیقات سودها و همکاران (۲۰۰۷) که در بررسی تفاله سیب (در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ درصد وزنی/وزنی) به عنوان منبعی از فیبر رژیمی روی ویژگی های رئولوژیکی خمیر کیک گزارش کردند که با افزایش میزان تفاله سیب از ۰ تا ۱۵ درصد، جذب آب به میزان قابل توجهی افزایش یافت و فلاحی (۱۳۹۱) که در مورد تاثیر افزودن پودر هسته ی خرما بر ویژگی های کیک اسفنجی بررسی کرده اند، مطابقت دارد. این افزایش رطوبت بنا به نظر راسل (۲۰۰۱) به علت پیوند هیدروژنی آب با باندهای هیدروکسیل در ساختار فیبر می باشد.

۳-۴-۲- تاثیر افزودن پودر قارچ بر میزان فعالیت آبی یا aw کیک روغنی

میزان آب در دسترس تحت عنوان فعالیت آبی مورد بررسی قرار می گیرد. فعالیت آبی فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمر ماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می گردد (Havens et al 2007). این نتایج نشان داد که در ۲ ساعت بعد از پخت، هیچ تفاوت معنی داری از لحاظ



(Figure 5) The role of day and the percentage of Shiitake and Ganoderma mushroom powders addition on the amount of aw of control cake and enriched samples.

میزان aw همه ی نمونه ها در زمان های ۲ ساعت بعد (۲۵۵۳) بود اما در هفته های دوم و سوم همه ی نمونه ها به پخت و هفته ی اول بیشتر از محدوده ی استاندارد کیک (جز نمونه ی شاهد در محدوده ی استاندارد کیک (۲۵۵۳) بود.

(Table 5) The effect of day and the addition of Shiitake and Ganoderma mushroom powders on the aqueous activity of oil cake

Sample	2h	1 week	2 week	3 week
Control	0/80 ± 0/003 ^{Aab}	0/78 ± 0/005 ^{Ba}	0/77 ± 0/004 ^{BCa}	0/76 ± 0/007 ^{Ca}
Shiitake 5%	0/81 ± 0/01 ^{Aa}	0/77 ± 0/009 ^{Ba}	0/76 ± 0/007 ^{Bab}	0/73 ± 0/001 ^{Cb}
Shiitake 10%	0/79 ± 0/06 ^{Aab}	0/77 ± 0/006 ^{Ba}	0/75 ± 0/01 ^{Cbc}	0/74 ± 0/01 ^{Cb}
Shiitake 15%	0/79 ± 0/006 ^{Ab}	0/76 ± 0/007 ^{Babc}	0/74 ± 0/007 ^{Cbc}	0/71 ± 0/006 ^{Dc}
Ganoderma 5%	0/79 ± 0/004 ^{Ab}	0/76 ± 0/01 ^{Babc}	0/75 ± 0/01 ^{Bab}	0/73 ± 0/004 ^{Db}
Ganoderma 10%	0/80 ± 0/005 ^{Aab}	0/76 ± 0/002 ^{Abc}	0/75 ± 0/002 ^{Bbc}	0/73 ± 0/006 ^{Cb}
Ganoderma 15%	0/79 ± 0/008 ^{Aab}	0/75 ± 0/004 ^{Bc}	0/73 ± 0/01 ^{Cc}	0/71 ± 0/005 ^{Dc}

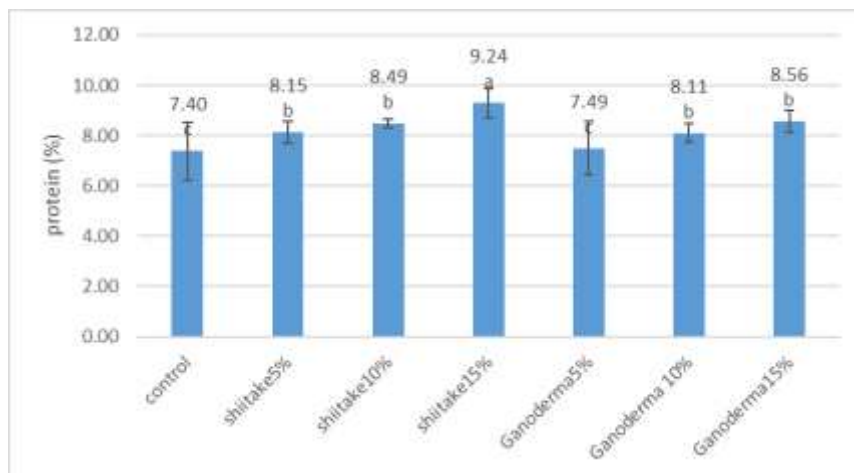
*Capital letters indicate comparisons between rows and lowercase letters indicate comparisons between columns.

با توجه به نمودار ۵، افزودن پودر دو قارچ شیتاکه و گانودرما به ترکیب کیک باعث افزایش معنی دار مقدار پروتئین در نمونه های غنی شده در مقایسه با شاهد گردید ($P < 0/05$). علت این امر بیشتر بودن پروتئین در قارچ های شیتاکه (درصد پروتئین = $0/87 \pm 19/57$) و گانودرما (درصد پروتئین = $0/87 \pm 15/58$) نسبت به آرد گندم (درصد پروتئین = $2/05 \pm 10/83$) می باشد و بدین ترتیب با افزایش جایگزینی میزان آرد قارچ در فرمول کیک میزان پروتئین آن افزایش می یابد. این افزایش پروتئین با نتایج تحقیقات

۳-۴-۳- تاثیر افزودن پودر قارچ بر میزان پروتئین کیک روغنی

بر پایه نتایج بدست آمده، میزان پروتئین تمامی نمونه ها در محدوده ی استاندارد تعریف شده برای کیک روغنی (حداقل ۷ درصد وزنی بر مبنای ماده خشک) قرار داشت. نتایج نشان داد که میزان پروتئین نمونه ی حاوی ۱۵٪ قارچ شیتاکه و پس از آن نمونه ی حاوی ۱۵٪ قارچ گانودرما بالاتر از نمونه های دیگر بود و پایین ترین میزان پروتئین در نمونه ی شاهد مشاهده شد.

صالحی و همکاران (۱۳۹۴) که در مورد غنی سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ دکمه ای انجام شد، مطابقت دارد.



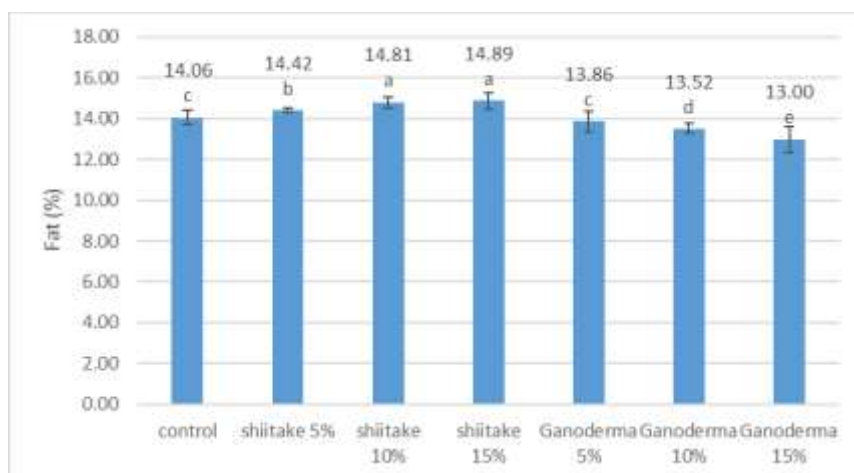
(Figure 6) Protein percentage of enriched and control cakes. ($P < 0.05$)

قارچ شیتاکه و نمونه های حاوی ۱۵٪ قارچ گانودرما بود که با توجه به اندازه گیری درصد چربی که از آرد (درصد چربی = 0.03 ± 0.01) و قارچ شیتاکه (درصد چربی = 0.34 ± 0.19)، قارچ گانودرما (درصد چربی = 0.15 ± 0.05) انجام داده شده بود، نتیجه ی مورد نظر کاملاً منطقی است.

۳-۴-۴- تاثیر افزودن پودر قارچ بر میزان چربی کیک

تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده نشان داد که افزودن پودر قارچ های شیتاکه و گانودرما بر میزان چربی کیک تاثیر معنی دار دارد ($P < 0.05$).

مقایسه ی میانگین های نمودار ۶ نشان داد که بیشینه و کمینه ی میزان چربی به ترتیب متعلق به نمونه های حاوی ۱۵٪



(Figure 7) Fat percentage of enriched and control cakes. ($P < 0.05$)

میکند بیان می شود (AA.CC، ۲۰۰۰). عدد پراکسید برای اندازه گیری رنسیدیتی اکسیداتیو روغن استفاده می شوند و یکی از مهمترین پارامتر ها برای ارزیابی درجه فساد لیپیدهاست. روغن های تازه تصفیه شده باید عدد پراکسید صفر داشته باشند، اما برای پایداری نگهداری قابل قبول عدد

۳-۴-۵- تاثیر افزودن پودر قارچ بر میزان اندیس

پراکسید

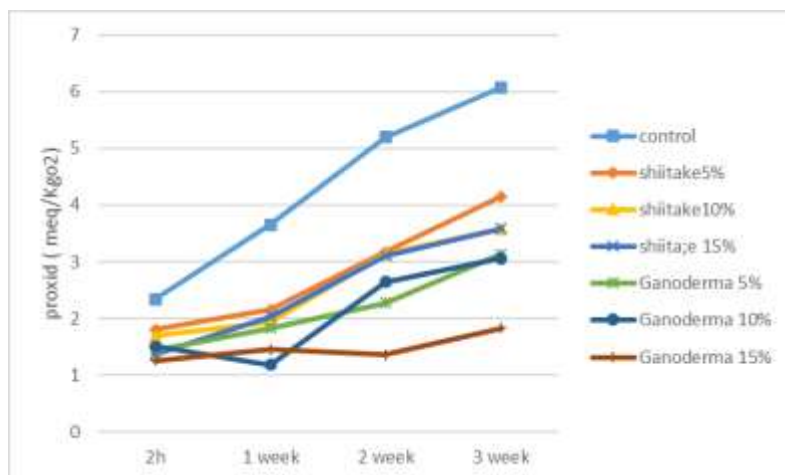
اندیس پراکسید به صورت میلی اکسی والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم نمونه که یدیدپتاسیم را تحت شرایط آزمون اکسید

حاوی شیتاکه ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و گانودرما ۵٪ تفاوت معنی داری از نظر اندیس پراکسید وجود نداشت با توجه به این که قارچ های شیتاکه و گانودرما دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند، این نتایج قابل قبول هستند.

به طور کلی افزایش درصد پودر قارچ میزان این اندیس را کاهش ولی افزایش مدت زمان نگه داری اثر منفی روی این اندیس دارد و میزان آن را افزایش می دهد.

پراکسید باید کمتر از 5 mmol Kg^{-1} نمونه باشد (نصیر و همکاران، ۲۰۰۹).

مقایسه ی میانگین های جدول ۴-۶ نشان داد که تفاوت معنی داری بین نمونه ها از نظر اندیس پراکسید وجود دارد ($P < 0.05$). کم ترین میزان اندیس پراکسید مربوط به نمونه های حاوی ۱۵٪ قارچ گانودرما و بیشترین میزان اندیس پراکسید مربوط به نمونه های شاهد بود. بین نمونه های



(Figure 8) - The role of day and percentage of Shiitake and Ganoderma mushroom powders addition on the peroxide index of the control cake and enriched samples

(Table 6) Effect of day and addition of Shiitake and Ganoderma mushroom powders on oil cake peroxide index in terms of meq/Kgo2

Sample	2h	1 week	2 week	3 week
Control	$2/34 \pm 0/34^{Da}$	$3/65 \pm 0/10^{Ca}$	$5/19 \pm 0/20^{Ba}$	$6/07 \pm 0/24^{Aa}$
Shiitake 5%	$1/80 \pm 0/29^{Cb}$	$2/15 \pm 0/32^{Cb}$	$3/17 \pm 0/37^{Bb}$	$4/15 \pm 0/30^{Ab}$
Shiitake 10%	$1/69 \pm 0/24^{Bbc}$	$1/94 \pm 0/13^{Bb}$	$3/31 \pm 0/17^{Ab}$	$3/58 \pm 0/43^{Abc}$
Shiitake 15%	$1/37 \pm 0/16^{Bbc}$	$2/03 \pm 0/39^{Bb}$	$3/11 \pm 0/51^{Abc}$	$3/59 \pm 0/57^{Abc}$
Ganoderma 5%	$1/44 \pm 0/20^{Cbc}$	$1/83 \pm 0/13^{Cbc}$	$2/27 \pm 0/29^{Bd}$	$3/13 \pm 0/23^{Ac}$
Ganoderma 10%	$1/51 \pm 0/06^{Bbc}$	$1/18 \pm 0/07^{Bd}$	$2/64 \pm 0/04^{Acd}$	$3/06 \pm 0/5^{Ac}$
Ganoderma 15%	$1/26 \pm 0/19^{Bc}$	$1/45 \pm 0/20^{Bcd}$	$1/36 \pm 0/11^{ABe}$	$1/83 \pm 0/28^{Ad}$

*Capital letters indicate comparisons between rows and lowercase letters indicate comparisons between columns.

ارزیابی حسی مقبولیت یک محصول را از نظر مصرف کنندگان مورد بررسی قرار می دهد. این که آیا محصولی مورد

۶-۳-۴- ارزیابی حسی

قبول مصرف کنندگان واقع شده است یا نه به درک مصرف کننده از طعم، رنگ، بافت و به طور کلی کیفیت محصول بستگی دارد.

تجزیه و تحلیل داده های حاصل از انجام آزمایشات نشان داد که افزودن پودر های دو قارچ شیتاکه و گانودرما بر ویژگی های حسی کیک روغنی معنی دار بوده است. نتایج نشان داد رنگ پوسته نمونه های حاوی پودر قارچ امتیاز بیشتری نسبت به نمونه ی شاهد آورده اند و از مقبولیت بیشتری بر خوردار بوده اند و نمونه های حاوی پودر قارچ گانودرما ۱۰٪ بیشترین نمره را از نظر رنگ بدست آوردند.

نظر طعم نتایج نشان داد که نمونه ی گانودرما ۱۰٪ دارای بیشترین امتیاز بوده و نمونه های حاوی شیتاکه ۱۵٪، گانودرما ۱۵٪ نیز کم ترین امتیاز را آورده اند. از نظر بافت و تردی نتایج نشان داد نمونه های حاوی شیتاکه با نمونه ی شاهد تفاوت معنی داری نداشته اند اما نمونه های حاوی گانودرما به دلیل بافت سخت خود نمره ی پایینی را کسب کرده اند. به طور کلی نمونه ی حاوی ۵٪ پودر شیتاکه بیشترین امتیاز را از نظر مصرف کنندگان بین تمام نمونه ها آورده و نمونه ی گانودرما ۱۵٪ به دلیل بافت بافت سفت و عدم تردی کم ترین امتیاز را از نظر مصرف کنندگان آورده است.

(Table 7) Effect of day and addition of powder of shiitake and ganoderma mushrooms on the sensory evaluation of oil cake (scoring in a range of 5 points)

Sample	color	taste	Texture	crisps	General acceptance
Control	2/4 ± 0/51 ^{Ab}	2/5 ± 0/52 ^{Aab}	2/9 ± 0/73 ^{Aa}	2/8 ± 0/42 ^{Aa}	2/65 ± 0/58
Shiitake 5%	4/2 ± 0/63 ^{Aa}	2/2 ± 0/42 ^{Cbc}	2/5 ± 0/73 ^{BCa}	2/7 ± 0/48 ^{Ba}	2/90 ± 0/92
Shiitake 10%	3/7 ± 0/67 ^{Aa}	2/0 ± 0/66 ^{Cbcd}	2/5 ± 0/52 ^{BC}	2/7 ± 0/48 ^{Ba}	2/72 ± 0/84
Shiitake 15%	4/0 ± 0/97 ^{Aa}	1/5 ± 0/52 ^{Cd}	2/6 ± 0/51 ^{Ba}	2/6 ± 0/41 ^{Ba}	2/65 ± 1/12
Ganoderma 5%	2/9 ± 0/56 ^{Ab}	2/8 ± 0/52 ^{Aab}	2/2 ± 0/42 ^{Bb}	2/5 ± 0/52 ^{Aba}	2/58 ± 0/54
Ganoderma 10%	4/3 ± 0/82 ^{Aa}	2/8 ± 0/42 ^{Ba}	1/0 ± 0/04 ^{Cc}	1/0 ± 0/0 ^{Cb}	2/10 ± 1/27
Ganoderma 15%	3/8 ± 0/78 ^{Aa}	1/8 ± 0/63 ^{Bcd}	1/0 ± 0/0 ^{Cc}	1/0 ± 0/0 ^{cb}	1/90 ± 1/25

این افزایش پروتئین و فیبر سبب افزایش بیش از حد ویسکوزیته خمیر، کاهش حجم، سفتی بافت و تیرگی نمونه ها می گردد، از آنجایی که میزان فیبر موجود در قارچ گانودرما بیش تر از نمونه های حاوی پودر قارچ شیتاکه بود و همچنین قارچ گانودرما حاوی رنگدانه قهوه ای می باشد، بنابراین این افزایش ویسکوزیته خمیر، کاهش حجم، سفتی بافت و تیرگی در نمونه های حاوی پودر گانودرما بیشتر از نمونه های حاوی پودر قارچ شیتاکه بود.

با توجه به افزایش پودر قارچ شیتاکه در تیمار های مختلف، مقدار چربی در کیک افزایش یافت اما با افزایش پودر قارچ گانودرما مقدار چربی در کیک کاهش پیدا کرد.

۷- نتیجه گیری

قارچ شیتاکه و گانودرما به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست فعال و آنتی اکسیدان، یک محصول با ارزش غذایی بالا محسوب می شوند که اضافه کردن آنها به کیک هم باعث غنی سازی شدن کیک و هم مانع از فرآیند اکسیداسیون طی زمان نگه داری شده و زمان ماندگاری آن را افزایش می دهد.

نتایج نشان داد که با افزایش جایگزین کردن پودر قارچ شیتاکه و گانودرما با آرد سفید، به دلیل افزایش میزان پروتئین و فیبر، ویژگی های فیزیکی نمونه تغییر می کند.

تضاد منافی وجود ندارد.

بیانیه تامین مالی

هزینه پژوهش توسط نویسندگان تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

یاسمین بختیاری بیدکره، ایده پردازی، انجام آزمایش های آزمایشگاهی، تحلیل داده ها و نگارش پیش نویس اولیه مقاله.

دکتر مریم قراچورلو، نظارت بر پروژه، بازبینی و ویرایش متن نهایی، تامین منابع و تجهیزات آزمایشگاهی.

دکتر مسعود هنرور، کمک در بخش روش شناسی و تحلیل آماری داده ها.

بیانیه هوش مصنوعی

در طول آماده سازی این اثر، از هیچ هوش مصنوعی مولد یا فناوری های کمک کننده برای تولید محتوا یا تحلیل داده ها استفاده نشده است.

۸-منابع

- [1] AACC. (1999). *Approved method of the American Association of Cereal Chemists*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- [2] AACC. (2000). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [3] Afsharian Targhabeh, S. Sheikh Al-Islami, Z. Atai Salehi, A. 2015. The effect of orange peel essential oil as a natural preservative on rheological properties. Sensory and microbial properties of oil cake, *Quarterly Journal of Food Science and Industry*, 10 (13) 113-1.
- [4] AOAC. (1995). *Official methods of analysis*, 16th edition., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- [5] Ahlbom, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B, Hess, W. M., and Huber, C, S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- [6] Alabi, M.O. and Anouye, J.C. 2007. Nutritional and sensory attributes of soy supplemented Cereal Meals. *Nig Food Journal*. 25:100-110.
- [7] Arora, B., Kamal, S., & Sharma, V. P. (2017). Sensory, nutritional and quality attributes of sponge cake supplemented with mushroom (*agaricus bisporus*) powder. *Nutrition & Food Science*, 47, 578-590.
- [8] Baba, E. ULUKÖY, G. 2022. Effects of Dietary Supplemented Shiitake Mushroom Extract on Growth, Nonspecific Immune Parameters and in-vitro Resistance Against *Aeromonas hydrophila* in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 8(1): 28-36
- [9] Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M. 2007. Influence of the dosing process on the rheological and microstructural properties of a bakery product. *Food Hydrocolloids*, 21(2): 230-236.
- [10] Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1999). Ferric reducing / antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymology*. 299: 15-27.
- [11] Beynam, 1321. Cake - characteristics and test methods, National Standard of Iran No. 2113, Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [12] Chang, R. Functional properties of edible mushrooms. *Nutr. Rev.* 11-54, 1996, pp. 91-39
- [13] Dalandar Kohi, M. Azadmard Demirchi, p. Qarakhani, M. 2018. Production of sponge cake containing black seed powder and checking some of its quality characteristics during storage. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran*, 15th year, number 2, summer 2019, pages 83-39
- [14] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 101: 329-633
- [15] Garuba, T. Olahan, G.S. Lateef, A.A., Alaya, R. O. Awolowo, M., A. Sulyman A. 2019. Proximate Composition and Chemical Profiles of Reishi Mushroom (*Ganoderma lucidum* (Curt: Fr.) Karst). *JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH*. 12 (1), 103-110.
- [16] Haj Mohammadi, A. Dignity, c. Hojjat al-Islami, M. and Molavi, H. 2013. The effect of using katira gum on the texture and shelf life of sponge cake, *Journal of Herbal Medicines*, Volume 4, Number 39-24

- [17] Ismailpour Falahi, b. 2013, the effect of adding date kernel powder on the quality characteristics of sponge cake, senior thesis of Aras International Campus.
- [18] Kipour, S. Riahi, H. Rafati, M. 2012. "A review of biologically active compounds and therapeutic properties of Ganoderma lucidum," *Quarterly Journal of Medicinal Plants*, 12th year, second term, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, Spring, 15-16.
- [19] Li, B. D. (2013). Structural investigation of water-soluble polysaccharides extracted from the fruit. *Carbohydrate Polymers*, 91, 314- 321.
- [20] McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J. and Arendt, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*. 82(5): 609-615.
- [21] Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z., Mesbahi, G., Jamalian, J., & Farahnaky, A. (2017). Effects of carrot pomace powder and a mixture of pectin and xanthan on the quality of gluten free batter and cakes. *Journal of Texture Studies*, 48, 616-623.
- [22] Majzoobi, M., Dara, N., and Farahnaky, A. 2012. Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake. *Jurnal Agriculture Science and Technology*, 1:827-836.
- [23] Majzoobi, M., Habibi, M., Hedayati, S., Ghiasi, F. and Farahnaky, A. 2015. Effects of Commercial Oat Fiber on Characteristics of Batter and Sponge Cake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(1): 99-107.
- [24] Malkot Tabari, S., Gurbanli, M., Safaian, S., Musazadeh, S., 2013. Antioxidant properties of methanolic extract of Ganoderma lucidum mushroom, Flowerjan Azad University.
- [25] Ministry of Health, Medical Education, Food and Drug Deputy. General Department of Food and Beverage Supervision (2013).
- [26] Mousavi Koljahi, A. Babaei Sadr, A. 2015. Investigating the physical, chemical, rheological and sensory properties of the ultra-pleasant oil cake containing sour lemon pomace powder and date liquid sugar, theoretical research unit, Nejati Industrial Group (Anata).
- [27] Mumtaz, S. A. H, Abdul Ghaffari, A. H. (2019) "Pharmacology and therapeutic properties of Ganoderma lucidum." Jihad University Publications, Research Institute of Medicinal Plants, Tehran, Iran, Spring, 16-20.
- [28] Pathak, V. N, Yadav, N. and Gour, M. 1998, Mushroom production and processing technique agrobotanica. pp. 2-3
- [29] Nasir, M.; Butt, M.S.; Anjum, F .M.; Jamil, A.; and Ahmad, I. 2009. Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11:311-315.
- [30] Ngai, P. H. K and Ng, T. B. 2003. Lentin, a novel and potent antifungal protein from shiitake mushroom with inhibitory effects on activity of human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and proliferation of leukemia cells. *Life Sci*. 12, 2003, pp. 3363-3374.
- [31] Obodai, M, Deborah L. Narh Mensah, Ângela Fernandes, Nii Korley Kortei, Matilda Dzomeku, Matthew Teegarden, Steven J. Schwartz, Lillian Matthew Teegarden, Steven J. Schwartz, Lillian Matthew Teegarden, Steven J. Schwartz, Lillian Barros, Juanita Prempeh, Barros, Juanita Prempeh, Richard K. (2017) "Takli and Isabel C. F. R. Ferreira Chemical Characterization and Antioxidant Potential of Wild Ganoderma Species from Ghana," *Molecules* 22: 1-81
- [32] Rosell, C.M., Rojas, J.A. and Benedito, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocoll.* 15: 75-8.
- [33] Salamat, S.A., Shahid M.O., Najeeb J. A., 2017. Proximate analysis and simultaneous mineral profiling of five selected wild commercial mushroom as a potential nutraceutical, *International Journal of Chemical Studies* 5(3): 297-303
- [34] Salehi, F. K. (2014). Effect of different drying methods on rheological and textural properties of balangu seed gum. *Dry Tech.*, 32, 720-.727
- [35] Salehi, F., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahonek, M. 2014, Enrichment of sponge cake with button mushroom powder dried in hot air infrared system, *New Food Technologies Quarterly*, third year, number 9, page 1-9
- [36] Salehi, F., Kashaninejad, M. Alipour, N. 2015. Investigating the physicochemical, sensory and texture characteristics of sponge cake enriched with apple powder. *New Food Technologies Quarterly*, third year, number 11, page 39-47.
- [37] Salrhi, F, Aghajanzadeh, S. (2019), Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review, *Trends in Food Science & Technology* .
- [38] Sheikh, M., Kumar, A., Islam, M., & Mahomud, M. (2010). The effects of mushroom 820 powder on the quality of cake. *Progressive Agriculture*, 21, 205-214.
- [39] StojkovicDS, BarrsL, CalhelhaRC, Glamoclijaj, CiricA, V an GriensvenL, et al. detailed comparative study between chemical and bioactive properties of Ganoderma lucidum from different origins. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, "2014; 65(1):42-7.
- [40] Sudha, M. L., Baskaran, V. and Leelavathi, k. 2007. Apple pomace as a source of dietary fibre and poly phenols and its effects on the rheological characteristics and cake making in: *food chemistry*, 104: 686-692.
- [41] Tabatabai Kushki, 2013, production of sponge cake enriched with wheat germ flour and soybean protein isolate, master's thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Industries.
- [42] Turlo J, Gutkowska B, Herold F. Effect of selenium enrichment on antioxidant activities and chemical composition of Lentinula edodes (Berk.) Pegl. mycelial extracts. *Food Chem Toxicol* 2010 Apr 1;48(4):1085-91.
- [43] Zare, Z. Nouri, L. Fahim Danesh, M. 2015, investigating the effect of replacing wheat flour with elder flour on the physicochemical and sensory properties of oil cake. *Journal of innovation in food science and technology*, year 8, number 2, pages 53-63.
- [44] Zimeri, J. and Kokini, J. 2003. Rheological properties of inulin-waxy maize starch systems. *Carbohydrate polymers*, 52(1): 67-85.



Scientific Research

Feasibility study of producing functional oil cake using Shiitake and Ganoderma mushroom powders and investigating their quality characteristics

Yasamin Bakhtiari Bidkorpe¹, Maryam Gharachorloo^{2*}, Masoud Honarvar²

- 1- MSc Student of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- 2- Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2023/01/25

Review: 2025/10/22

Accepted: 2025/10/26

Keywords:

oil cake,

enrichment,

shiitake mushroom powder,

ganoderma mushroom powder

DOI: 10.48311/fsct.2026.83362.0

*Corresponding Author E-

Gharachorloo.m@gmail.com,

maryam.gharachorloo@iau.ac.ir

Cake is one of the products that is widely used due to its good taste, high nutritional value, and ease of use. It has been used commonly for centuries and is being consumed today regularly by most people in the society. Many modifications and changes have been made on cake ingredients in order to improve its quality and increase its nutritional value and shelf life. Enrichment of the cake formulation is one of these modifications. In this research, we enriched oil cakes with shiitake mushroom powder (*Lentinula edoes*) and Ganoderma *Lucidum* mushroom powder. Shiitake and Ganoderma mushroom powder was used at 4 levels of 0, 5, 10, 15% as a substitute for wheat flour in the oil cake formulation. The characteristics of the cake, including percentage of compounds, volume, peroxide index (by standard method), color (by image processing method), degree of hardness (by Texture profile analysis) and sensory characteristics were evaluated.. By increasing the percentage of Shiitake mushroom and Ganoderma powder in the cake formulation (10 and 15%), the viscosity of the dough increased in such a way that the characteristics of the dough were more similar to solid materials than viscoelastic materials, and the device was not able to read the viscosity of doughs in these cases. The volume decreased by increasing the substitution of mushroom powder with wheat flour, but the amount of protein, fiber and hardness of the samples increased. The amount of fat increased in the samples containing Shiitake mushroom but decreased in the samples containing Ganoderma mushroom compared to the control samples. The color indices increased with the increase in the percentage of added mushroom powder. Components L* (lightness) and b* (yellowness) decreased and component a* (redness) increased in comparison to the control samples. The amount of aw in the samples after 2 hours of cooking did not differ significantly, but after weeks, the amount of aw of the enriched samples decreased in comparison to the control sample. Increasing the percentage of both shiitake mushrooms and Ganoderma powders in the oil cake formulation decreased the peroxide index.