نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۴۶-۱۳۸

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 2, Summer 2013, p. 138-146

مطالعه اثر اسیدسیتریک، اسید آسکوربیک و سدیم متابی سولفیت بر رنگ و خصوصیات کف-زایی پوره ی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

آتنا پاسبان[۱]- محبت محبی[۲*]- هاشم پورآذرنگ[۳]- مهدی وریدی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱۰/۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۳/۳۰

چکیده

قهوه‌ای شدن آنزیمی و تشکیل رنگدانه قهوه‌ای یکی از مشکلات مهم به هنگام خرد کردن قارچ و تهیه پوره قارچ می‌باشد. در این پژوهش اثر ترکیبات ممانعت کننده قهوه ای شدن آنزیمی نظیر اسید سیتریک، اسید آسکوربیک و سدیم متابی سولفیت بر روی رنگ و خصوصیات کف‌زایی پوره قارچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که تیمار با محلول‌های آبی حاوی اسید اسید سیتریک اسید آسکوربیک وسدیم متابی سولفیت در زمان اولیه آزمون تاثیر معنی دار ($p<۰/۰۵$) بر بهبود رنگ اولیه نمونه ها نسبت به نمونه شاهد داشته است. بین مقادیر پارامتر سفیدی، اندیس قهوه ای شدن و تغییرات کلی رنگ در نمونه های تیمارشده با متابی سولفیت طی زمان تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در حالیکه مقادیر پارامتر سفیدی، اندیس قهوه ای شدن و تغییرات کلی رنگ در نمونه های تیمارشده با اسید طی زمان تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). خصوصیات کف‌زایی نمونه‌های آزمون‌شده با متابی سولفیت تفاوت معنی داری را با نمونه شاهد نشان نداد ($p<۰/۰۵$).براساس نتایج بدست آمده تیمار با محلول آبی حاوی ۰/۵ g/L متابی سولفیت سدیم بمدت ۱۰ دقیقه جهت حفظ رنگ مطلوب و خصوصیات کف‌زایی پوره قارچ مناسب می باشد.

واژه های کلیدی: قارچ، قهوه ای شدن آنزیمی، رنگ، خصوصیات کف زایی، سدیم متابی سولفیت

مقدمه

پرورش و تولید قارچ های خوراکی طی سال های اخیر بطور قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. قارچ دکمه‌ای(*Agaricus bisporus*) گروه مهمی از قارچهای خوراکی می‌باشند که حدود ۴۰ درصد تولید جهانی را بخود اختصاص داده و در گروه پرمصرف ترین قارچ های خوراکی قرار می گیرند (Giri & Prasad, 2009).

۳۵-۲۰ درصد ماده‌ی خشک اغلب قارچ ها را پروتئین تشکیل می‌دهد. پروتئین قارچ از لحاظ اسیدهای آمینه جزو غنی‌ترین پروتئین‌ها محسوب می‌شود. وجود مقادیر بالای ویتامین‌های گروه B نظیر B1, B2 ، B6 وB12، ویتامین C، عناصر و مواد معدنی و مقادیر پایین کربوهیدرات نشاسته‌ای و کلسترول سبب توجه بیشتر به قارچ بعنوان یک ماده غذائی ارزشمند شده است. قارچ ها به دلیل دارا بودن مقدار پائین چربی و کربوهیدرات‌های قابل هضم، فرآورده‌غذائی مناسب برای رژیم‌های غذائی کم کالری می‌باشند (Jadhav *et al.*, Mattila *et al.*, 2002 & 2008).

قارچ‌ها پس از برداشت بدلیل عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت زیاد و فعالیت آنزیمی شدید دارای ماندگاری کمتری نسبت به سایر سبزیجات بوده، به سرعت فاسد می‌شوند. از این‌رو محققین روش‌های مختلفی نظیر استفاده از بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته، منجمد کردن، خشک کردن، تیمار با محلول‌های آبی حاوی ترکیبات مهارکننده فعالیت آنزیمی و بلانچ کردن را جهت نگهداری و افزایش زمان ماندگاری قارچ مورد بررسی قرار داده اند (Brennan *et al.*, 2000).

خشک‌کردن از معمول‌ترین روش‌های فرآوری جهت افزایش مدت زمان ماندگاری قارچ می‌باشد. تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه با خشک‌کردن قارچ دکمه‌ای با استفاده از خشک‌کن با جریان هوای داغ، خشک‌کن های کابینتی، خشک کن‌های تحت خلاء و مایکروویو صورت گرفته است. Shamaee و همکاران (۲۰۱۰) اثر پیش تیمار با محلول آبی متابی سولفیت پتاسیم، آب داغ و بخار آب و روش‌های مختلف خشک کردن را بر خصوصیات ورقه‌های خشک شده قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار دادند.

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: Mohebbat2000@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

خشک کردن کف پوشی[1] از روش‌های خشک کردن موادغذائی است، که در آن ماده‌غذائی به صورت کف درآمده وسپس خشک می‌شود. در این روش به دلیل افزایش سطح تماس و سرعت بالای انتقال رطوبت از نمونه کف، امکان خشک کردن ماده‌غذائی در دمای پایین‌تر و مدت زمان کمتر وجود دارد. افزون بر این، ساختار متخلل نمونه کف خشک شده، سبب جذب سریع‌تر آب و افزایش سرعت انحلال ماده غذائی خشک شده می‌گردد (توکلی پور،۱۳۸۶).

به هنگام خرد کردن قارچ و تهیه پوره، به دلیل تشدید فعالیت‌های آنزیمی، پوره ی حاصل رنگ قهوه‌ای نامطلوبی خواهد داشت. قهوه‌ای شدن آنزیمی از مهم ترین تغییرات بیوشیمیایی در گیاهان پس از بین رفتن ساختار سلول ها و قرار گرفتن آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز در معرض سوبسترای خود (اکسیژن و ترکیبات فنولی) می‌باشد. در حضور اکسیژن، آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز، از طریق هیدروکسیله کردن مونو فنول‌ها و ایجاد اورتو فنول‌ها و سپس اکسیداسیون دی فنول‌ها و ایجاد اورتوکینون‌ها، واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی را کاتالیز می‌کنند. پلیمریزاسیون ترکیبات کینونی با خود و سایر ترکیبات نظیر ترکیبات فنولی، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها سبب ایجاد رنگدانه قهوه‌ای ملانین می‌گردند (Pongsakul *et al.*, 2006 and Walker & Ferrar, 1998).

حذف هریک از عوامل قهوه‌ای شدن آنزیمی و یا توقف واکنش قبل از تشکیل پیگمان‌های قهوه‌ای رنگ، مانع تغییر رنگ محصول و حفظ کیفیت می‌گردد. از این‌رو برای تولید پوره قارچ با رنگ مطلوب، باید تیمارهایی جهت کاهش فعالیت آنزیمی و جلوگیری از تشکیل رنگدانه قهوه‌ای اعمال گردد. تاکنون مطالعات مختلفی جهت کاهش فعالیت آنزیمی در قارچ صورت گرفته است.

Brennan و همکاران (۱۹۹۹) اثر سطوح (g /L ۱، ۲ و ۴) محلول‌های متابی سولفیت را بر حفظ رنگ سفید برش‌های قارچ مورد مطالعه قرار داده و دریافتند سطوح مورد آزمون تاثیری مطلوبی بر نمونه‌های برش خرده قارچ در تولید صنعتی ندارد.

Jaworska و همکاران (۲۰۰۹) اثر تیمار با محلول‌های اسیدی نظیر اسید سیتریک، اسید آسکوربیک و اسید لاکتیک و بلانچ کردن را بر کیفیت برش‌های قارچ منجمد شده در طی ۱۲ ماه نگهداری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بلانچ کردن نمونه‌ها قبل از انجماد جهت حفظ کیفیت نمونه ها طی ۱۲ ماه کفایت می‌کند.

پروتئین‌ها مسئول بخش عمده‌ای از خصوصیات عملکردی در ماده غذائی می‌باشند که سبب بهبود کیفیت و ایجاد ویژگی‌های حسی مطلوب در مواد غذائی می‌گردند. بعنوان مثال افزودن آلبومین سفیده تخم مرغ به فرآورده‌های آردی و کیک سبب بهبود خواص امولسیفایری و خصوصیات کفزایی محصول می‌گردد (Smith, 2003).

با توجه به ماهیت پروتئینی قارچ، کاربرد آن بعنوان یک افزودنی خوراکی مغذی با خصوصیات عملکردی مناسب حائز اهمیت می‌باشد.

Aremu و همکاران (۲۰۰۹) درصد ترکیبات و خصوصیات عملکردی نظیر قابلیت کفزایی، قابلیت امولسیون کنندگی، حداقل غلظت ژل دهندگی، دانسیته توده را در پودر حاصل از ۳ گونه‌ی قارچ خوراکی (*Ganoderma spp, Omphalotus olearius* (*DC.*) *Sing, Hebeloma mesophaeum* (*Pers*)) مورد بررسی قرار دادند. داده‌های حاصل از پژوهش نشان داد که قارچ‌های خوراکی به دلیل دارابودن خصوصیات کفزایی، امولسیون‌کنندگی، ژل‌دهندگی و حفظ طعم مناسب قابل کاربرد در فرمولاسیون بسیاری از فرآورده های غذائی می‌باشند.

خصوصیات عملکردی پروتئین تابع ویژگی‌های ساختاری پروتئین در محیط می‌باشد. هرگونه تغییر در عوامل محیطی نظیر pH، قدرت یونی، فعالیت آبی، دما سبب تغییر در ساختار و شکل فضایی پروتئین‌ها و به دنبال آن تغییر در خصوصیات عملکردی نظیر قابلیت کفزایی و ثبات کف در پروتئین می‌گردد (Smith, 2003).

هدف از این پژوهش بررسی اثر تیمار با محلولهای اسید سیتریک، اسید آسکوربیک و متابی سولفیت بر رنگ و خصوصیات کفزایی پوره و کف قارچ دکمه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه پوره ی قارچ

جهت انجام پژوهش قارچ دکمه‌ای(*Agaricus bisporus*) از بازار تهیه شده و تا زمان مصرف در یخچال نگهداری گردید. در هر بار آزمون مقداری قارچ برداشته و پس از خرد کردن در محلول آبی حاوی ترکیبات مورد نظر در مدت زمان معینی غوطه‌ور شدند. در مرحله‌ی بعد قطعات قارچ از محلول آبی خارج و با آب شستشو داده شدند. پس از جدا کردن آب اضافی قطعات برش خورده‌ی قارچ توسط خردکن خانگی (تفال، ۲۱۰ وات) با ماکزیمم دور (۱۵۰۰۰ در دقیقه) به‌مدت ۱ دقیقه خرد شدند تا پوره‌ی همگنی بدست آمد. ترکیبات مورد استفاده، نسبت و زمان غوطه وری در جدول ۱ ارائه شده است.

اندازه گیری رنگ

تصویرگیری با استفاده از تجهیزات عکس‌برداری متشکل از اتاقک تاریک (جهت جلوگیری از ایجاد نوسان در عکس‌برداری و عدم بازتاب نور) و دو لامپ فلورسانت انجام شد. عکس‌برداری با استفاده از دوربین (Cannon Power shot 1000D) انجام گردید که با پورت USB به رایانه متصل بود. دوربین در فاصله ۲۰ سانتیمتری نمونه‌ها و موازی با آن روی پایه ثابت بود و عکس‌برداری با نرم افزار Zoom Browser Ex.5 انجام گرفت.

1- Foam mat drying

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- ترکیبات و میزان مورد استفاده آنها در نمونه های تحت تیمار

کد تیمار	درصد ترکیبات	مدت زمان غوطه‌وری
۱	۵۰ g/L اسید سیتریک	۳۰ دقیقه
۲	۳۷/۵ g/L اسید سیتریک + ۱۲/۵ g/L اسید آسکوربیک	۳۰ دقیقه
۳	۲۵ g/L اسید سیتریک + ۲۵ g/L اسید آسکوربیک	۳۰ دقیقه
۴	۳۷/۵ g/L اسید سیتریک + ۱۲/۵ g/L اسید آسکوربیک	۳۰ دقیقه
۵	۵۰ g/L اسید آسکوربیک	۳۰ دقیقه
۶	شاهد	
۷	۰/۵ g/L متابی سولفیت سدیم	۱۰ دقیقه
۸	۱ g/L متابی سولفیت سدیم	۱۰ دقیقه
۹	۲ g/L متابی سولفیت سدیم	۱۰ دقیقه
۱۰	۳ g/L متابی سولفیت سدیم	۱۰ دقیقه

جهت بررسی پایداری رنگ، رنگ نمونه های پوره و کف در ابتدا و یک ساعت بعد از شروع آزمون اندازه گیری شد. رنگ نمونه ها با اندازه گیری پارامتر سفیدی[1] و ΔE که میزان تغییر رنگ نمونه های تیمارشده با قارچ تازه را نشان می دهد مورد ارزیابی قرار گرفت (جعفرپور و همکاران، ۱۳۸۸).

a_0^*، b_0^* و L_0^* به ترتیب میزان پارامتر قرمزی، زردی و روشنایی در قارچ تازه و a*، b* و L* به ترتیب میزان پارامتر قرمزی، زردی و روشنایی را در نمونه های تحت آزمون نشان می دهد.

$$\text{پارامتر سفیدی} = L^* - 3 \quad (۱)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b} \quad (۲)$$

اندیس قهوه‌ای شدن از پارامترهای مهم اندازه‌گیری واکنش های قهوه ای شدن می باشد. این پارامتر از رابطه زیر محاسبه شد (Maskan، ۲۰۰۱).

$$X = \frac{(a+1.75L)}{(5.645L+a-3.01} \quad (۳)$$

$$BI = \frac{[100-(x-0.}{0.17} \quad (۴)$$

خواص کف زایی و پایداری کف

جهت بررسی خصوصیات کف‌زائی مقداری از پوره تهیه شده با نسبت ۱:۲ با آب مقطر مخلوط شده و توسط همزن خانگی سانی (مدل SM88) با ماکزیمم دور (۱۵۰۰ دور در دقیقه) به مدت ۳ دقیقه به هم زده شد.

جهت اندازه‌گیری قابلیت کف‌زایی، وزن ۵۰ میلی لیتر از پوره قبل و بعد از هم زدن، اندازه گیری شد و قابلیت کف‌زایی از رابطه زیر محاسبه گردید (Wallin و همکاران،۲۰۱۰).

$$\text{قابلیت کف زایی} = \frac{\text{وزن 50 میلی لیتر پوره قبل از همزدن} - \text{وزن 50 میلی لیتر پوره بعد از همزدن (کف)}}{\text{وزن 50 میلی لیتر پوره قبل از همزدن}} \quad (۵)$$

پایداری کف با استفاده از روش تغییر یافته Constant اندازه گیری شد.

در این روش جهت اندازه‌گیری ثبات کف، مقداری از کف درون استوانه شیشه‌ای ریخته و طی ۱۰ دقیقه در فواصل زمانی معین(هر ۲ دقیقه) ارتفاع کل (T) و ارتفاع مایع جدا شده (L) اندازه گیری شد. ارتفاع کف از رابطه زیر محاسبه گردید.

سپس از روابط زیر نیمه عمر کف جهت مقایسه ثبات کف محاسبه شد (Wallin *et al.*, 2010).

$$F = T - \quad (۶)$$

$$\ln(F) = a + \quad (۷)$$

$$\text{نیمه عمر کف} = \frac{\ln(}{1} \quad (۸)$$

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی بوسیله نرم افزار SPSS16 تجزیه و تحلیل گردید. میانگین ها توسط آزمون دانکن ($p<$ ۰/۰۵) مقایسه شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک بر رنگ

چنانکه در جدول ۲ نشان داده شده است تیمار قارچ با سطوح مختلف اسیدسیتریک و اسیدآسکوربیک بر پارامتر سفیدی اثر معنی‌داری ($p<$ ۰/۰۵) داشت. مقدار پارامتر سفیدی در قارچ تیمار نشده در زمان شروع آزمون معادل ۷۲/۰۷ بود که بطور معنی‌داری پایین‌تر از مقادیر محاسبه شده برای نمونه‌های تیمار شده با اسید می باشد

1- Whiteness

Archive of SID

www.SID.ir

($p<۰/۰۵$).

محلول های اسیدی با کاهش pH محیط تا زیر pH مناسب فعالیت آنزیم های پلی فنول اکسیداز، سبب متوقف شدن واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای می گردند. اسید آسکوربیک علاوه بر کاهش pH محیط، با احیای ترکیبات کینونی و چلات کردن اکسیژن سبب اختلال و توقف واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌گردد (Martinez & Whitaker, 1995).

بررسی تصویر حاصل از پوره، کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) پارامتر سفیدی را در نمونه های تیمار شده در یک ساعت پس از شروع آزمون نشان داد. مقایسه پارامتر سفیدی در نمونه های تیمار شده با سطوح مختلف اسید نشان داد که افزایش سطح آسکوربیک اسید، میزان کاهش پارامتر سفیدی را افزایش می دهد (نمودار۱).

تیمار با محلول های آبی حاوی اسید سیتریک / اسید آسکوربیک سبب کاهش معنی دار ($p<۰/۰۵$) تغییرات کلی رنگ (ΔE) در نمونه‌های تحت تیمار در زمان شروع آزمون نسبت به نمونه شاهد گردید. مقایسه مقادیر ΔE یک ساعت پس از شروع آزمون، افزایش معنی دار ($p<۰/۰۵$) این پارامتر را در نمونه های تحت تیمار نشان می دهد (نمودار۲).

اندیس قهوه ای شدن (BI) از مهم ترین پارامترهای مورد بررسی در واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی می باشد که خلوص رنگ قهوه‌ای در نمونه ها را نشان می دهد (Maskan, 2001). مقایسه مقادیر اندیس قهوه‌ای شدن(BI) نمونه های تحت تیمار و نمونه شاهد نشان داد که در ابتدای تهیه پوره، تفاوت معنی‌داری در مقدار این اندیس در نمونه های تحت تیمار و نمونه شاهد وجود ندارد($p<۰/۰۵$). از سویی دیگر مقایسه مقادیر اندیس قهوه ای شدن تفاوت معنی داری ($p<۰/۰۵$) این پارامتر را بین نمونه های تیمار شده و نمونه شاهد در طی زمان نشان می دهد (نمودار۳).

بطور کلی مقادیر اندیس قهوه‌ای شدن و تغییرات کلی رنگ نمونه‌ها در زمان اولیه و یک ساعت پس از شروع آزمون تفاوت معنی داری ($p<۰/۰۵$) را نشان داد که ناشی از افزایش رنگ قهوه ای در نمونه های حاوی اسید آسکوربیک بالاتر می باشد.

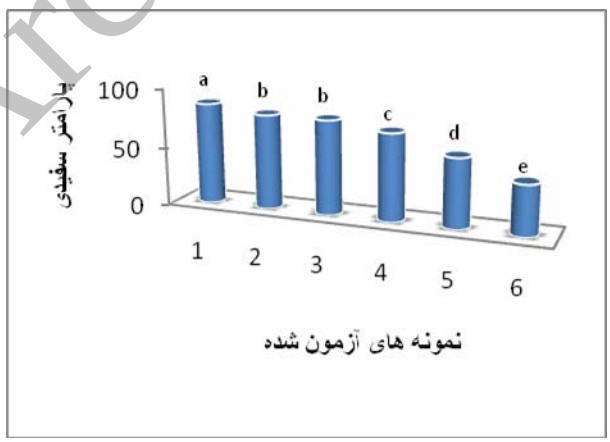
تبدیل اسید آسکوربیک به دهیدورآسکوربیک اسید و افزایش غلظت دهیدورآسکوربیک اسید در محیط و شرکت آن در واکنش‌های قهوه ای شدن غیر انزیمی از دلایل این امر باشد (Belitz, *et al.* 1987).

در میان سطوح مورد آزمون سطوح حاوی درصد بالاتر اسید سیتریک سبب حفظ و پایداری بیشتر رنگ با زمان می گردد. pH پایین تر نمونه های حاوی درصد بالاتر اسید سیتریک و کاهش واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی در سطوح بالاتر اسید سیتریک از دلایل این امر می باشد. Pongsaku و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعات خود نیز به نتایج مشابه رسیدند.

جدول۲- مقادیر پارامتر سفیدی و تغییرات کلی رنگ نمونه‌های تیمار شده با سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک در زمان شروع آزمون

	تیمار۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤	تیمار٥	تیمار٦
پارامتر سفیدی	۸۷/۷۰^{bc}	۸۴/۷۸^{bc}	۸۴/۳۲^{bc}	۸۸/ ۸۶^{c}	۸۰/۳۷^{b}	۷۲/۰۷۵^{a}
تغییرات کلی رنگ	۷/۱۶^{a}	۷/۱۵^{a}	۷/۲۱^{a}	۴/۶۲^{a}	۸/۲۴^{a}	۱۳/۷۴^{b}

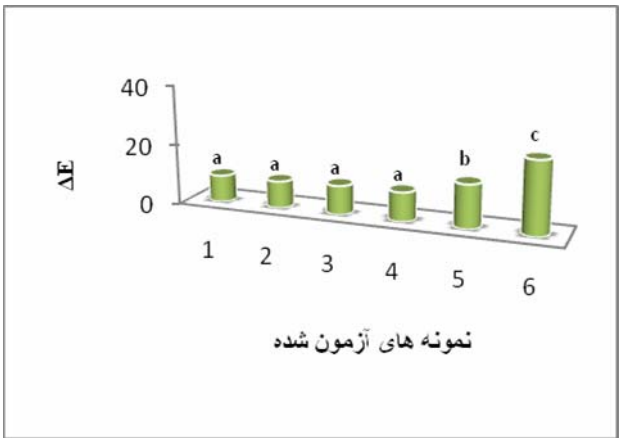
میانگین‌های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، دارای اختلاف معنی‌دار $p<۰/۰۵$ می باشند.



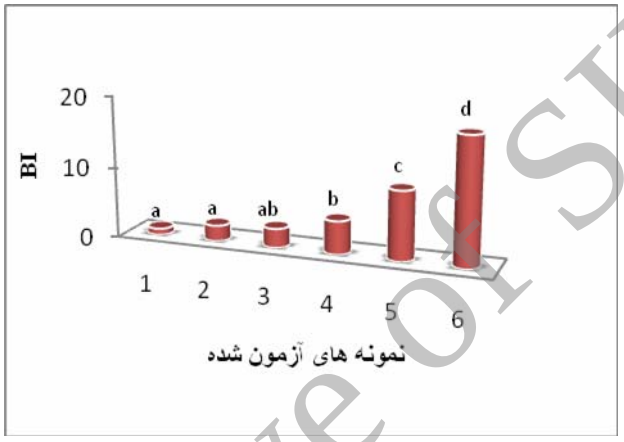
نمودار۱- پارامتر سفیدی در نمونه های تیمار شده با محلول آبی حاوی سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار۲- تغییرات کلی رنگ در نمونه های تیمار شده با محلول آبی حاوی سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک



نمودار۳- اندیس قهوه ای شدن در نمونه های تیمار شده با محلول آبی حاوی سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک

شکل ۱- تصاویر نمونه های تیمار شده با سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک در زمان شروع آزمون(تصاویر بالا) و یک ساعت پس از شروع آزمون (تصاویر پائین)

اثر سطوح مختلف اسید سیتریک/ اسید آسکوربیک بر خصوصیات کف‌زایی نمونه

ارزیابی آماری نتایج حاصل از قابلیت کف‌زایی در نمونه های آزمون شده با اسید نشان می دهد که نمونه ۱ که حاوی بالاترین درصد اسیدسیتریک می باشد، بطور معنی داری دارای قابلیت کف‌زایی بالاتری نسبت به سایر نمونه های تیمار شده با اسید و نمونه شاهد می باشد (جدول۲).

نتایج حاصل از بررسی پایداری کف نشان می‌دهد مقادیر نیمه

Archive of SID

www.SID.ir

عمر محاسبه شده در کف حاصل از نمونه‌های حاوی درصد بالاتر اسید سیتریک (نمونه ۱ و ۲) بطور معنی داری پایین‌تر از مقادیر نیمه عمر محاسبه شده برای نمونه شاهد می‌باشد. این در حالی است که بین مقادیر نیمه عمر نمونه های حاوی مقدار بالاتر اسیدسیتریک (نمونه ۳، ۴ و ۵) و نمونه شاهد تفاوت معنی داری وجود ندارد ($p<۰/۰۵$) (جدول۳).

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود نمونه های حاوی سطوح بالاتر اسید سیتریک دارای pH پائین تری می باشند.کاهش بیشتر pH و بدنبال آن تغییر ساختار پروتئین‌ها و افزایش احتمالی گروه‌های آبگریز در تماس با هوا می تواند از دلایل افزایش قابلیت کف‌زایی در نمونه ۱ باشد. افزون بر این دناتوره‌شدن پروتئین‌های مسئول پایداری کف و کاهش ویسکوزیته ناشی از تغییرات ساختاری پروتئین‌ها در pH های پائین‌تر سبب خروج سریع‌تر حباب‌های هوا از نمونه‌ها و کاهش نیمه عمر کف در نمونه ۱ و۲ گشته است (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰).

اثر سطوح مختلف متابی سولفیت سدیم بر رنگ

داده های حاصل از نمونه های تیمارشده با محلول آبی حاوی متابی سولفیت نتایج زیر را نشان می دهد.

در زمان اولیه آزمون، مقادیر پارامتر سفیدی در نمونه‌های مورد آزمون بطور معنی‌داری بالاتر از نمونه شاهد و مقادیر تغییرات کلی رنگ و شاخص قهوه ای شدن بطور معنی‌داری پائین‌تر از نمونه شاهد بود ($p<۰/۰۵$) در حالیکه بین نمونه‌های تحت تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴).

بررسی تصویر حاصل از پوره، کاهش معنی دار ($p<۰/۰۵$) پارامتر سفیدی و افزایش معنی‌داری اندیس قهوه‌ای شدن را در نمونه‌های تحت تیمار و نمونه شاهد با گذشت زمان نشان داد(نمودار ۴ و ۵). این در حالی است که بین نمونه های تحت تیمار در مقادیر پارامتر سفیدی، اندیس قهوه ای شدن و تغییرات کلی رنگ طی زمان تفاوت معنی داری وجود نداشت.

ترکیبات سولفیدی از طریق ایجاد کمپلکس با ترکیبات کینونی و ایجاد کمپلکس های کینون – سولفیت مانع از پلیمریزاسیون ترکیبات کینونی و تشکیل رنگدانه قهوه ای می گردند. ایجاد اتصالات برگشت ناپذیر با اتم مس موجود در جایگاه فعال آنزیم پلی فنول اکسیداز و غیر فعال کردن آنزیم توسط ترکیبات سولفیدی، از دلایل دیگر کاهش و یا توقف واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی توسط ترکیبات سولفیدی می باشد (Embs & Markakis, 1985, Pongsakul, 1986 and Valero *et al.*, 1999).

اثر سطوح مختلف متابی سولفیت سدیم بر خصوصیات کف-زایی نمونه

ارزیابی آماری داده‌های حاصل از قابلیت کف‌زایی و نیمه عمر کف، تفاوت معنی داری را در نمونه های تیمار شده با سطوح مختلف متابی سولفیت سدیم و نمونه شاهد نشان نمی دهد. pH مشابه نمونه‌ها تیمار شده با متابی سولفیت با نمونه شاهد می تواند از دلایل این امر می باشد. مقادیر pH نمونه های تحت تیمار با محلول متابی سولفیت در جدول۷ نمایش داده شده است.

جدول۳- مقادیر خصوصیات کف‌زائی و pH در نمونه های تیمار شده با سطوح مختلف اسید سیتریک و آسکوربیک اسید

	تیمار۱	تیمار۲	تیمار۳	تیمار٤	تیمار٥	تیمار٦
نیمه عمر کف	۴۱/۷۴^{a}	۳۶/۹۷^{a}	۸۶/۶۲^{ab}	۹۴/۰۱۵^{ab}	۱۵۲/۱۷^{b}	۱۴۵/۸۸^{b}
قابلیت کف زائی	۳۰/۵^{a}	۲۱/ ۵^{b}	۲۴/ ۵^{b}	۲۱/۷۵^{b}	۲۰/۵^{b}	۲۰^{b}
pH	۳/۱۴^{a}	۳/۴۲^{b}	۳/۸۴^{c}	۴/۰۸۵^{d}	۴/۴۶^{e}	۶/۶۶^{f}

میانگین های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، دارای اختلاف معنی دار $p<۰/۰۵$ می باشند.

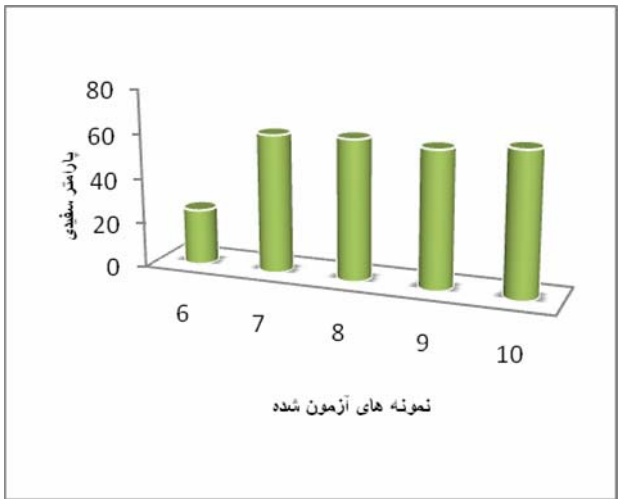
جدول٤- مقادیر پارامتر سفیدی، تغییرات کلی رنگ و اندیس قهوه‌ای شدن در نمونه های تحت تیمار با محلول آبی حاوی متابی سولفیت سدیم و نمونه‌ی شاهد

	تیمار۱۰	تیمار ۹	تیمار۸	تیمار ۷	تیمار٦
پارامتر سفیدی	۶۴/۸۷^{b}	۶۳/۸۷^{b}	۶۴/۹^{b}	۶۷/۶۶^{b}	۴۳/۲۱^{a}
اندیس قهوه ای شدن	۰/۲۵^{b}	۰/۷۹^{b}	۰/۶۰۵^{b}	۱/ ۱^{b}	۷/ ۴۷^{a}
تغییرات کلی رنگ	۱۵/۶^{b}	۱۵/۶۷^{b}	۱۵/۵^{b}	۱۳/۷۸^{b}	۲۵/۲۳^{a}

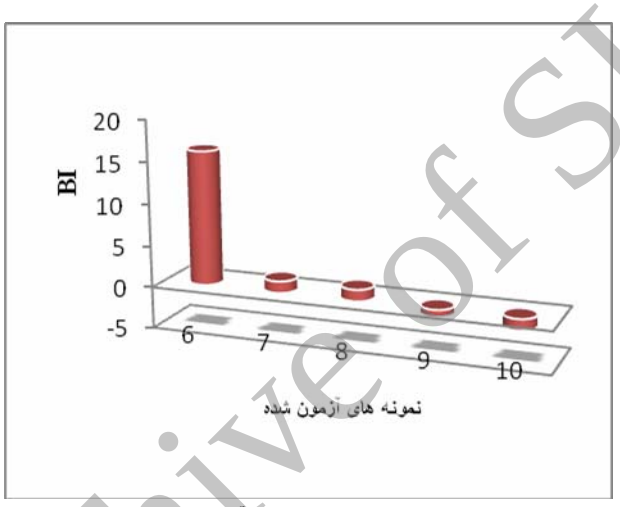
میانگین‌های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، دارای اختلاف معنی دار $p<۰/۰۵$ می باشند.

Archive of SID

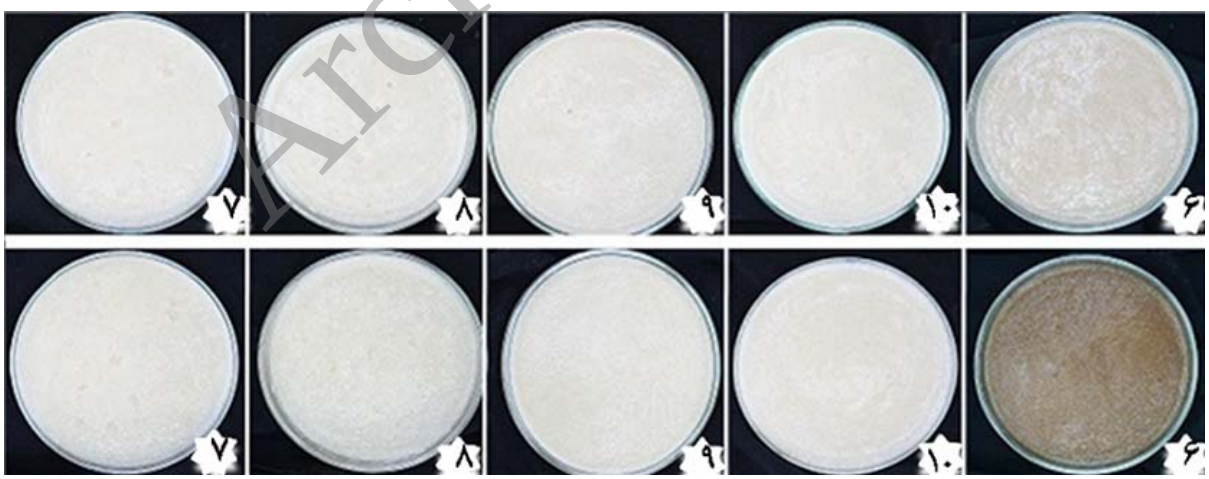
www.SID.ir



نمودار٤- پارامتر سفیدی در نمونه های تیمار شده با محلول آبی حاوی متابی سولفیت سدیم



نمودار٥- اندیس قهوه ای شدن در نمونه های تیمار شده با محلول آبی حاوی متابی سولفیت سدیم و نمونه ی شاهد



شکل ۳- تصاویر نمونه‌های تیمار شده با سطوح مختلف متابی سولفیت در زمان شروع آزمون(تصاویر بالا) و یک ساعت پس از شروع آزمون(تصاویر پائین)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۷- pH نمونه تیمار شده با محلول آبی حاوی متابی سولفیت سدیم و نمونه ی شاهد

	تیمار۱۰	تیمار۹	تیمار۸	تیمار۷	تیمار٦
pH	۶/۳۸[a]	۶/۴۵[a]	۶/۳۶[a]	۶/۴۳[a]	۶/۴۰[a]

میانگین‌های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، دارای اختلاف معنی دار $p<0.05$ می باشند.

نتیجه گیری

همان طور که ذکر شد تیمار با سطوح مختلف اسیدسیتریک / اسید آسکوربیک سبب بهبود کیفیت ر نگ نمونه ها نسبت به نمونه شاهد شده است. این در حالی است که نمونه های تیمار شده با اسید پایداری کمی با زمان داشته و به سرعت قهوه ای می شوند.

نمونه های آزمون شده با متابی سولفیت سدیم دارای پایداری رنگ بالاتری نسبت به نمونه های آزمون شده با اسید می باشند، طوریکه می توان بیان کرد بر خلاف نمونه های آزمون شده با اسید، واکنش قهوه ای شدن آنزیمی به کلی در آن ها متوقف گشته است (بین مقادیر اندیس قهوه ای شدن در دو زمان تفاوت معنی داری وجود نداشت ($p<۰/۰۵$)). لازم به ذکر است که در رنگ نمونه های تیمار شده با متابی سولفیت طی زمان اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p<۰/۰۵$). محلول های آبی حاوی متابی سولفیت از طریق اختلال در واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی سبب کاهش و یا توقف تشکیل رنگدانه قهوه ای در نمونه های مورد آزمون می گردند.

Renzo cortez- vega و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعات خود به پایداری بیشتر رنگ نمونه های سیب آزمون شده با متابی سولفیت در مقایسه با اسید آسکوربیک رسیدند.

بر اساس نتایج ذکر شده، تیمار با محلول های آبی حاوی متابی‌سولفیت سدیم تغییر معنی داری در خصوصیات کف‌زایی ایجاد نمی کند ($p<۰/۰۵$). pH مشابه این نمونه ها با نمونه شاهد از دلایل این امر می باشد.

براساس نتایج ذکر شده جهت تولید کف قارچ با رنگ مطلوب و پایدار و pH و خصوصیات عملکردی مشابه نمونه تازه، تیمار با محلول های آبی حاوی متابی‌سولفیت سدیم توصیه می شود که با توجه به بی‌معنی بودن تیمارهای ذکر شده کمترین سطح متابی‌سولفیت سدیم که محلول آبی حاوی ۰/۵ g/L متابی سولفیت سدیم می باشد بهترین گزینه خواهد بود.

منابع

توکلی پور، ح.، ۱۳۸۶، اصول خشک کردن مواد غذائی و محصولات کشاورزی، انتشارات آییژ.

جعفرپور، س. ع.، الیزابت گرسیکا، ا.، لئونارد، ب.، ۱۳۸۸، مطالعه اثر تیمار پراکسید هیدروژن و pH بر روی رنگ و ریز ساختار بافت فیله ماهی کپور معمولی ماده و ژل سوریمی تهیه شده از آن، نشریه پژوهشهای صنایع غذایی ایران، ۵، ۲،۱۰۷-۹۷.

اسدپور، ا.، جعفری، س. ع.، صادقی ماهونک، ع.، قربانی، م.، ۱۳۹۰، بررسی ظرفیت امولسیون کنندگی و کف کنندگی و تاثیر اسیدیته و قدرت یونی بر این ویژگی ها در آرد حاصل از حبوبات مختلف. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۷، ۱، ۸۰-۹۱.

Aremu, M. O., Basu, S.. K., Gyar, S. D., Goyal, A.., Bhowmik, P. K., and Datta Banik, S., 2009, Proximate Composition and Functional Properties of Mushroom Flours from Ganoderma spp., Omphalotus olearius (DC.) Sing. and Hebeloma mesophaeum (Pers.) Quél, Used in Nasarawa State, Nigeria. Mal J Nutr, 15(2), 233 – 241.

Brennan, M., Le Port, G., Pulvirenti, A., and Gormley, R., 1999, The Effect of Sodium Metabisulphite on the and Keeping Quality of Sliced Mushrooms, LWT journal, 32, 460-463.

Brennan, M., Le Port, G., Pulvirenti, A., and Gormley, R., 2000, Post-harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide to Extend the Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms, LWT journal, 33, 285-289.

Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P., 1987, Food chemistry, springer verlag, 675.

Embs, R. T., and Markakis, P., 1985, The mechanism of sulphite inhibition of browning caused by polyphenol oxidase, Journal of Food Science, 30, 753-758.

Giri, S. K., and Prasad, S., 2009, Quality and moisture sorption characteristics microwave vacuum, air and freeze dried button mushroom (Agaricus bisporus), Journal of Food Processing and Preservation 33, 237–251.

Jadhav, H. T., and Chandiwade, U. N., 2008, Effect of pretreatment, drying temperature and intermittent drying technique on cooking quality of oyster mushroomAgriculture Update , 3(1&2), 23-26.

Jaworska, G., and Bernas, E., 2009, The effect of preliminary processing and period of storage on the quality of frozen Boletus edulis (Bull: Fr.) mushrooms, Food Chemistry, 113, 936-943.

Martinez, M. V., and Whitaker J. R., 1995, The biochemistry and control of enzymatic browning, Trends Food Sci. Technol, 6, 195-200.

Maskan, M., 2001, Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot-air and Microwave

Archive of SID

www.SID.ir

drying, Food Engineering, 48, 177-182.

Mattila, P., Salo- Vaananen, P., Konko, K., Aro, H., and Jalava, T., 2002, Basic Composition and Amino Acid Contents of Mushrooms Cultivated in Finland, journal of agricultural and food chemistry, 50, 6419̃6422.

Pongsakul, N., Leelasart, B., and Rakariyatham, N., 2006, Effect of L-cysteine, Potassium Metabisulfite, Ascorbic Acid and Citric Acid on Inhibition of Enzymatic Browning in Longan, Chiang Mai J, Sci, 33(1). , J. Sci, 33(1), 137-141.

Renzo cortez-vega, W., Maria Becerra -prado, A., Marques soares, J., and Graciano fonseca, G., 2008, Effect of L-ascorbic acid and sodium metabisulfite in the inhibition of the enzymatic browning of minimally processed apple.international journal of agricultural research, 3(3), 196-201.

Shamaee, S., and Emam Jome, Z., 2010, The effect of pretreatments in combination with hot air,vacuum and hot a microwave drying method progress of the drying process, and textural, and colour and rehydration rate on button mushroom(Agaricus bisporus), iranian food science and technology research journal, 6(3).

Smith, D. M., 2003, Measurement of Functional Properties: Overview of Protein Functionality Testing, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, B5.1.1-B5.1.9.

Valero, E., Varon, R., and Garcia Carmona, F., 1999, A kinetic study of irreversible enzyme inhibition by an inhibitor that is rendered unstable by enzymic catalysis, Biochem. J., 277, 869-874.

Wallin, C. E., Dipietro M. B., Schwarz, R. W., and Bamforth, C. W., 2010, A Comparison of Three Methods for the Assessment of Foam Stability of Beer, journal of the institute of brewing, 116(1), 78–80.

Walker, J. R. L., and Ferrar, P. H., 1988, Diphenol oxidase, enzyme catalyzed browning and plant disease resistance, Biotech. Gen. Eng. Rev., 1998; 15: 457-498.

Archive of SID

www.SID.ir