بررسی تاثیر پوشش کیتوزان- اسانس لیمو بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای (*آگاریکوس بیسپوروس*) کامل

مرضیه خضرایی[a] ، مهشید جهادی[b*]، محمد فاضل[b] ، آمنه علامه[c]

[a] عضو باشگاه پژوهشگران جوان، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[c] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۵/۲۲

چکیده

مقدمه: طی دهه‌های گذشته تولید قارچ خوراکی در جهان افزایش چشمگیری داشته است. در این بین قارچ خوراکی دکمه‌ای (*آگاریکوس بیسپوروس*) پر طرفدارترین قارچ خوراکی بوده و بیشترین بازار تولید و مصرف را به خود اختصاص داده است. این نوع قارچ‌ها چون فاقد پوشش خارجی نگهدارنده هستند در معرض هوا و میکروب‌های محیطی قرار گرفته و دارای عمر نگهداری ۳ الی ۴ روز می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر پوشش کیتوزان-اسانس لیمو بر روی ماندگاری قارچ دکمه‌ای (*آگاریکوس بیسپوروس*) کامل است.

مواد و روش‌ها: اسانس لیمو بدست آمد و در غلظت ۰/۲۵ درصد و ۰/۵ درصد (w/v) به پوشش کیتوزانی در غلظت ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد (w/v) افزوده شد. قارچ‌ها به روش غوطه‌وری پوشش یافت و در ظروف پلی اتیلنی در دو دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد و ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت بسته‌بندی شده و غیر بسته‌بندی نگهداری شد. ویژگی کاهش وزن، غلظت اسید آسکوربیک ، شدت تنفس و تغییرات رنگ برای تمامی تیمارها در روز سوم مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: لیمونین به عنوان بالاترین ترکیب مونوترپن اسانس لیمو به شمار می‌رود. پوشش کیتوزان- اسانس لیمو تاثیر معنی‌داری بر تغییرات کاهش وزن، غلظت اسید آسکوربیک، شدت تنفس و رنگ تیمارهای مختلف قارچ در طی زمان نگهداری دارد ($P<۰/۰۵$). درجه حرارت و نحوه نگهداری (وجود بسته بندی و عدم وجود بسته بندی) به صورت معنی داری بر موارد یاد شده موثر است. افزایش غلظت کیتوزان و اسانس لیمو با میزان کاهش وزن و شدت تنفس نسبت عکس و با میزان ماندگاری اسید آسکوربیک نسبت مستقیم دارد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه پوشش۰/۵ درصد کیتوزان و ۰/۵ درصد اسانس به همراه بسته بندی با نگهداری در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد به عنوان بهترین فرمول حاصله پیشنهاد می شود.

واژه‌های کلیدی: *اسانس لیمو، بسته‌بندی، قارچ دکمه‌ای کامل، کیتوزان*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mahshidjahadi@yahoo.com

مقدمه

انسان قرن معاصر بطور دایم با دو بحران انرژی و غذا روبرو بوده است. عدم کنترل دقیق بر رشد فزاینده جمعیت و بالا رفتن سطح بهداشت عمومی، موجب افزایش روز افزون جمعیت انسانی و نیاز به منابع جدید غذایی گشته است. رشد فزاینده جمعیت و کمبود جهانی پروتئین به ویژه در کشورهای جهان سوم از سال ۱۹۶۰ به بعد انگیزه جهانی تحقیق در زمینه استفاده غذایی از قارچ‌های خوراکی را برانگیخت (Janick, 2012 ; Singh, 1991). طی دهه‌های گذشته و سالیان اخیر، روند تولید جهانی قارچ خوراکی همواره صعودی بوده است. از این میان قارچ خوراکی دکمه‌ای *آگاریکوس بیسپوروس*[1] پرطرفدارترین قارچ خوراکی بوده و بیشترین بازار تولید و مصرف را به خود اختصاص داده است. به طوری که در حال حاضر تولید آن در دنیا بالغ بر هفت میلیون تن در سال است و سهم عمده تولید آن مربوط به کشورهای آمریکا، فرانسه، هلند، انگلستان، استرالیا و چین است. ارزش غذایی، دارویی و اقتصادی قارچ دکمه‌ای از جمله عوامل اصلی در تولید بالای آن می‌باشد (Singh, 1991). قارچ‌های خوراکی منابع غنی از پروتئین می‌باشند که در آینده مورد استفاده قرار خواهند گرفت (Eissa, 2007). محصولاتی با فساد پذیری بالا می‌باشند که عمر مفید نگهداری آنها بین ۳ الی ۵ روز است. علت عمده تغییر رنگ این محصول فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز است (Mohapatra *et al*., 2010). در سال۱۳۹۱، در حدود ۳۵۴ واحد تولیدی و پرورش قارچ خوراکی در کشور وجود داشت. استان‌های تهران، البرز، قزوین، مازندران، اصفهان، چهارمحال و بختیاری به دلیل برخورداری از شرایط مناسب آب و خاک، قابلیت لازم را برای پرورش قارچ خوراکی دارند. در حال حاضر سرانه مصرف قارچ در کشور ۹۰۰ گرم است. قارچ‌های خوراکی کشت شده در کشور دو دسته هستند، قارچ دکمه‌ای و صدفی. همچنین در سال ۹۰ در کشورمان حدود ۵۸۰۰۰ تن قارچ تولید شده است (بی‌نام، ۱۳۹۱).

گیاه لیمو در بسیاری از کشورها نظیر ایتالیا، سواحل مدیترانه‌ای مثل اسپانیا، مصر و ترکیه از دیرباز به کشت می‌رسد. رشد لیمو در ایران گذشته‌ای طولانی دارد. تولید این محصول به حدود ۳۰۳ سال قبل برمی‌گردد. لیمو در دو فصل سال رشد می‌کند: اواخر زمستان و اواسط بهار. لیمو از گونه اولیه مرکبات می‌باشد و دارای دو نوع اسیدی و غیراسیدی است. در ایران رقم معروف به لیمو مکزیکی به نام های آب شیراز، لیمو شیشه، لیمو عمانی، لیمو شیرازی و لیموی جهرمی نامیده می‌شود. مراکز اصلی تولید آن در جنوب جیرفت، کهنوج، میناب، بلوچستان و جهرم قرار دارد (موحدی نژاد و همکاران ،۱۳۹۰). در گزارش Di Vaio و همکاران بر ۱۸ گونه مختلف از لیموترش نشان داده شد که از ۳۰ ترکیب شناخته شده در روغن اسانسی گیاه ۳ مونوترپن شامل: لیمونین (۸۰-۷۰ درصد) آلفاپنین (۱۸-۹ درصد) و گاماترپنین (۱۱-۷ درصد) اصلی‌ترین ترپن‌ها می‌باشند (Di Vaio *et al*., 2010).

پوشش خوراکی ترکیبات غیرزیست تخریب‌پذیر، قابلیت تجزیه شدن بصورت طبیعی را ندارند. ترکیبات زیست تخریب‌پذیر ممکن است خوراکی یا غیرخوراکی باشند. مواد زیست تخریب‌پذیر غیرخوراکی با چرخه زیستی همراه نیستند. ترکیباتی که برای سلامتی انسان مضر نیست و به قصد مصرف آن طراحی و ساخته می‌شوند، خوراکی می‌باشند. ترکیبات خوراکی از نقطه نظر تجزیه شدن در دستگاه گوارش ممکن است هضم‌پذیر یا هضم‌ناپذیر باشند (Wu *et al*., 2000). کیتوزان به عنوان یکی از این پوشش‌ها از ساختار مولکولی واحد و مشخصی برخوردار نمی‌باشد. بلکه به خانواده‌ای از پلیمرهای خطی گفته می‌شود که در آن‌ها مونومر ۲- استامیدو-۲- داکسی- بتا دی گلوکوپیرانوز و ۲- آمینو- ۲- داکسی-بتا دی گلوکو پیرانوز از طریق پیوند کوالانسی به هم متصل شده‌اند. کیتوزان از حذف بخشی از گروه‌های استیل متصل به اتم کربن شماره ۲ مونومرهای ساختاری زنجیر کیتین به دست می‌آید (Rhazi *et al*., 2000). کیتین به معنی پوشش بوده و از پوست سخت پوستان و حشرات و یا از دیواره سلولی قارچ‌های زیگومایست به دست می‌آید (Ravi Kumar, 2000). سه مکانیسم برای خاصیت ضد میکروبی کیتوزان وجود دارد: بارهای مثبت موجود بر روی زنجیر پلی متریک کیتوزان، که مربوط به گروه‌های آمینو آن است با بارهای غیر هم نام موجود در دیواره باکتری‌ها واکنش داده و سبب نابودی آنها می‌شود. بعلاوه، کیتوزان به‌عنوان یک

[1] *Agaricus bisporus*

شلاته کننده عمل می‌کند و در آخر، کیتوزان به علت وزن مولکولی پایین قادر است به تنهایی وارد هسته سلولی شده و با DNA واکنش داده، سنتز RNA را تحت تاثیر قرار دهد، تولید پروتئین را تغییر داده و بر روی کارایی بسیاری از آنزیم‌ها اثر بازدارندگی داشته باشد (Martínez-Camacho *et al*., 2010). با توجه به تولید بالای قارچ دکمه‌ای در کشور استفاده از پوشش خوراکی قادر است از میزان دورریز آن کاسته و بستر مناسبی را جهت صادرات این محصول به مناطق دور با حفظ ساختار مناسب فراهم آورد.

کیتوزان به عنوان یک پوشش موثر بر روی بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات نظیر، توت فرنگی به همراه اسانس لیمو (Perdones *et al*., 2012)، گلابی به همراه عصاره رزماری (Xiao *et al*., 2010) و سدیم کلریت (Xiao *et al*., 2011) ، فلفل شیرین (Xing *et al*., 2011)، کلم بروکلی (Alvarez *et al*., 2013)، میوه پاپایا (Ali *et al*., 2011)، زردآلو (Lou *et al*., 2011)، کدو (Pugliese *et al*., 2011) و گوجه فرنگی (Ramos-García *et al*., 2012) عمل کرده و سبب تعویق در تخریب بافت و به بیانی دیگر افزایش ماندگاری می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده توام کیتوزان و اسانس‌های گیاهی دارای خاصیت هم‌پوشانی بوده و تاثیر پوشش دهی را افزایش می‌دهد (Xiao *et al*., 2010; Perdones *et al*., 2012). این تحقیق با هدف بررسی تاثیر پوشش کیتوزان و اسانس پوست لیمو به عنوان یک اسانس گیاهی با آرومای مطلوب و خاصیت ضد میکروبی، بر ویژگی‌های قارچ *آگاریکوس بیسپوروس* که یکی از پرمصرف‌ترین قارچ‌های حال حاضر ایران است انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

- استخراج اسانس

اسانس‌گیری از نمونه‌های پوست لیمو (لیمو شیرازی) بر پایه روش تقطیری به کمک دستگاه کلونجر انجام پذیرفت. حدود ۳۰۰-۴۰۰ گرم پوست لیمو (لیموی جهرمی) خرد و به نسبت ۴۰ به ۶۰ با آب مقطر مخلوط شد. اسانس‌گیری از پوست لیمو به مدت دو ساعت توسط دستگاه کلونجر انجام شد. اسانس حاصل به کمک سدیم سولفات آبگیری شده و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در ظرف شیشه‌ای کاملا بسته و تیره نگهداری شد (Bankole & Joda, 2004).

- آنالیز ترکیبات اسانس

در این پژوهش از دستگاه کروماتوگرافی گازی-اسپکترومتر جرمی (Agilent آمریکا مدل 5975C-7892) شامل ردیاب جرمی Aglient ۵۹۷۵ با منبع یونیزاسیون الکترونی (EI) کوپل شده با دستگاه کروماتوگرافی گازی C Aglient 5975 و ستون HP-5MS با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میکرومتر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر جهت شناسایی ترکیبات اسانس پوست لیمو شیرازی استفاده شد (Di Vaio *et al*., 2010).

- تهیه پوشش کیتوزان

برای دست یابی به پوشش کیتوزان، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد (w/w) پودر کیتوزان (وزن مولکولی متوسط، سیگما، آمریکا) به همراه ۱٪ (w/w) استیک اسید گلاسیال[1] در آب مقطر مخلوط شد. اسانس لیمو در دو سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد (w/w) به پوشش حاصله افزوده شد و مخلوط حاصل به کمک آب مقطر به حجم رسید (Brasil *et al*., 2012). pH مخلوط حاصل توسط محلول سدیم هیدروکسید ۱ نرمال بر روی ۵/۵ تنظیم شد (Kim *et al*., 2006). این مخلوط توسط همزن مغناطیسی[2] در دمای محیط برای مدت چهار ساعت به هم زده شد، مخلوط حاصل برای مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استریل شد (Brasil *et al*., 2012). لیست تیمارهای اعمال شده در جدول ۱ مشخص شده است.

ـ قارچ دکمه‌ای

قارچ دکمه‌ای تازه از گلخانه محلی در اصفهان تهیه شده و ظرف مدت ۲ ساعت پس از برداشت در محیطی تاریک به محل آزمایشگاه انتقال یافت. نمونه ها پس از پوشش دهی به روش غوطه وری بمدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه در محیط آزمایشگاه خشک شد. سپس به دو صورت بدون بسته‌بندی (فله) و با بسته‌بندی در ظروف پلی‌اتلینی با دانسیته پایین (تهیه شده از واحد صنعتی صبور واقع در

[1] Glacial
[2] Magnetic Stirring

اصفهان) با روکش‌های سلفونی (با نام تجاری فلاپی ساخت کره) با ابعاد۱۰×۱۰ سانتی‌متر مربع بسته‌بندی شد (مطابق استاندارد ملی قارچ تازه خوراکی پرورشی به شماره ۶۱۲۷) و در دمای ۱±۴ درجه سانتیگراد (دمای یخچال) و۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد (دمای محیط) به‌مدت ۳ روز نگهداری شد.

- اندازه گیری شدت تنفس قارچ

جهت اندازه‌گیری شدت تنفس تیمارهای قارچ ۵۰ گرم نمونه توزین و به مدت یک ساعت در دمای محیط نگه داشته شد. سپس قارچ‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد درون محفظه کاملاً بسته حاوی ۱۵ میلی‌لیتر باریم اکسید ۰/۵۰ مولار است قرار داده شد. با افزودن دو قطره فنل فتالئین محتویات اکسید باریم با اگزالات ۱/۴۴ مولار تیتر شد. میزان شدت تنفس بر حسب اندازه دی اکسید کربن آزاد شده با توجه به فرمول ۱ بدست آمد (Jiang *et al*., 2012).

$$RI = \frac{(V1-V2)\times C\times 44}{W\times t} \qquad [۱]$$

V_1: اگزالات مصرف شده برای شاهد (میلی لیتر) V_2: اگزالات مصرف شده برای نمونه (میلی لیتر) C: غلظت اگزالات مصرفی (مولار ۱/۴۴): ۴۴: وزن مولکولی دی اکسید کربن آزاد شده W: وزن نمونه (گرم) t: زمان آزمون (ساعت)

جدول ۱- کد و فرمولاسیون تیمارهای قارچ دکمه ای پوشش یافته

کد نمونه	فرمولاسیون			
	کیتوزان(٪)	اسانس لیمو(٪)	روش نگهداری	درجه حرارت نگه‌داری (^{0}C)
۱	۰/۲۵	۰/۲۵	بسته بندی	۴
۲	۰/۲۵	۰/۲۵	بسته بندی	۲۵
۳	۰/۲۵	۰/۲۵	فله	۴
۴	۰/۲۵	۰/۲۵	فله	۲۵
۵	۰/۲۵	۰/۵۰	بسته بندی	۴
۶	۰/۲۵	۰/۵۰	بسته بندی	۲۵
۷	۰/۲۵	۰/۵۰	فله	۴
۸	۰/۲۵	۰/۵۰	فله	۲۵
۹	۰/۵۰	۰/۲۵	بسته بندی	۴
۱۰	۰/۵۰	۰/۲۵	بسته بندی	۲۵
۱۱	۰/۵۰	۰/۲۵	فله	۴
۱۲	۰/۵۰	۰/۲۵	فله	۲۵
۱۳	۰/۵۰	۰/۵۰	بسته بندی	۴
۱۴	۰/۵۰	۰/۵۰	بسته بندی	۲۵
۱۵	۰/۵۰	۰/۵۰	فله	۴
۱۶	۰/۵۰	۰/۵۰	فله	۲۵
۱۷	–	–	بسته بندی	۴
۱۸	–	–	فله	۲۵

- اندازه‌گیری درصد کاهش وزن

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن قارچ‌ها در طول مدت نگهداری به صورت درصدی از وزن اولیه بیان می‌گردد، فرمول مورد استفاده در رابطه ۲ نمایش داده شده است (Jiang *et al*., 2012).

$$WL = \frac{(\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} * 100 \qquad [۲]$$

- اندازه‌گیری میزان اسید اسکوربیک

اندازه‌گیری غلظت اسید اسکوربیک به کمک دستگاه اسپکتوروفتومتری صورت گرفت. ۳ گرم از نمونه قارچ همگن شده با ۱۵ میلی لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۵٪ مخلوط شد و پس از همگن کردن، مخلوط صاف شده و ۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده را در لوله آزمایش ریخته و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر از ترکیب ۲، ۶ دی کلروانیدوفنل (DCIP[1]) اضافه شد. میزان غلظت اسید اسکوربیک هر تیمار بر اساس کاهش رنگ ترکیب رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید (مقدم، ۱۳۹۰)

- اندازه‌گیری رنگ

شدت رنگ نمونه‌های مختلف قارچ با استفاده از نرم افزار Image J آنالیز شد. ابتدا از هر یک از تیمارها ۳ نمونه بطور تصادفی انتخاب شد، سپس برای تصویرگیری از اتاقکی به شکل ذوزنقه با اندازه قاعده کوچک ۲۰ سانتی‌متر، قاعده بزرگ ۸۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۳۲ سانتی متر و قطر ۲۰ سانتی متر از جنس ام.دی.اف به رنگ سفید استفاده شد تا بازتاب نور در فضا ایجاد نشود و از ایجاد نوسان در تصویرگیری جلوگیری شود. برای ایجاد نور از دو لامپ فلوئورسنت ۸ وات با زاویه ۴۵ درجه استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon مدل Powershot SX40 HS انجام شد. دوربین با فاصله ۲۰ سانتی متر از نمونه‌ها و موازی با آنها برای عکس برداری آماده شد. تصویرگیری در حالت Auto دوربین انجام گرفت، در این حالت تنظیم سرعت شاتر و نور به صوررت اتوماتیک و یکنواخت صورت می‌گیرد. لازم به توضیح است که در تمام مراحل فلش دوربین در حالت خاموش بوده است. از قارچ‌ها تصاویری در اندازه ۲۸۱۶×۲۱۱۲ پیکسل و با رزولوشن 180dpi گرفته شد. نمونه‌ها با فرمت JPEG ذخیره شد، و در فضای رنگی RGB به کمک نرم‌افزار Image J مورد آنالیز قرار گرفت، و سه پارامتر L* که نشان دهنده روشنی نمونه، a* نشان دهنده قرمزی- سبزی و b* مقیاس زردی- آبی به کمک این نرم‌افزار اندازه‌گیری و محاسبه شد (Yam & Papadakis, 2004; Pedreschi *et al*., 2006).

- اندازه گیری ضریب قهوه‌ای شدن

برای بدست آوردن میزان فعالیت آنزیم قهوه‌ای شدن از پارامتر BI استفاده می‌شود. برای دسترسی به این مقدار ابتدا به روش ImageJ پارامتر L*,a* و b* مشخص شده و به کمک معادله ۳ این مقدار برای هر یک از تیمارها مشخص گردید (Oms-Oliu *et al*., 2008).

$$BI = \frac{[(X-0.31)\times 100]}{0.172} \qquad [۳]$$

که مقدار X برابر است با:

$$X = [a^* + (1.75L^*)] / [(5.645L^*) + a^* - (3.012b^*)]$$

- اندازه‌گیری تغییرات رنگ، ضریب‌کروما و زاویه هیو

تغییرات رنگ یا به عبارتی ΔE شاخصی برای نشان دادن میزان تغییرات رنگ در طی زمان نسبت به روز نخست و نمونه ورودی می‌باشد. برای یافتن این تغییرات از فرمول ۴ استفاده گردید (Yam and Papadakis, 2004).

$$\Delta E = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \qquad [۴]$$

اندیس سیری رنگ یا C^* و یا کروما مقیاسی از سیری رنگ است و به کمک تبدیل مختصات کارتزین (a*,b*) به مختصات قطبی بر اساس فرمول ۵ محاسبه گردید.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \qquad [۵]$$

زاویه هیو که نسبتی از a* و b* را مشخص می‌کند و در واقع فاصله و زاویه دو محور یاد شده است و از فرمول ۶ محاسبه گردید (Briones and Aguilera, 2005).

$$H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \qquad [۶]$$

- تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر غلظت کیتوزان، اسانس لیمو و درجه حرارت بر ویژگی‌های شیمیایی و

[1] Dichlorophenolindophenol

تغییرات رنگ طی مدت سه روز انجام گرفت. پوشش دهی قارچ‌ها در چهار تیمار و انجام آزمون‌های فوق‌الذکر در سه تکرار انجام شد. طرح بکار رفته به صورت طرح فاکتوریل[1] با استفاده از نرم افزار SAS:9 انجام گرفت. متغیرهای پاسخ به صورت انحراف معیار± میانگین گزارش شد. نمودارها توسط نرم افزار Excel ۲۰۰۷ رسم شد.

یافته‌ها

- شناسایی ترکیبات اسانس لیمو

ترکیبات پوست نمونه لیمو شیرازی توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتر جرمی مشخص شد. گراف حاصل از این آنالیز، در نمودار ۱ قابل رویت است. ده ترکیب عمده اسانس در جدول ۲ مشخص شده است. بر اساس این جدول لیمونین با ۲۶/۴۸ درصد بیشترین ترکیب موجود در این اسانس است و پس از آن گاما ترپینن با ۸/۴۵ درصد و آلفا ترپینول با ۸ درصد به ترتیب دومین و سومین ترکیب سازنده این اسانس می‌باشد. این سه ترکیب مجموعاً نزدیک به نیمی از ترکیبات اسانس حاصله را تشکیل می‌دهد.

- تغییرات کاهش وزن قارچ دکمه‌ای

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است کاهش وزن نمونه‌های قارچ دکمه‌ای به طور معناداری تحت تاثیر چگونگی نگهداری به صورت بسته بندی شده و یا فله‌ای، درجه حرارت نگهداری، غلظت اسانس و تاثیر متقابل غلظت کیتوزان× چگونگی نگهداری می‌باشد ($P<۰/۰۵$). افت وزنی نمونه‌های نگهداری شده در یخچال کمتر از نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیطی است و در نتیجه رطوبت نمونه‌های یخچالی در مقابل نمونه‌های محیط حدود ۶۴-۸۱٪ بیشتر حفظ شده است. پوشش‌دهی باعث کاهش افت وزنی و حفظ بیشتر رطوبت می‌شود. بعلاوه با توجه به نتایج بدست آمده مشخص می‌شود نمونه‌های بسته بندی شده نسبت به انواع بدون بسته حدود ۷۸-۸۳ درصد در پایان روز سوم رطوبت بیشتری را دارد.

- تغییرات غلظت اسید آسکوربیک قارچ دکمه‌ای

در این پژوهش ابتدا نمونه ورودی قبل از پوشش‌دهی در روز صفر از نظر میزان اسید آسکوربیک مورد آنالیز واقع شد و این میزان معیاری برای مقایسه قرار گرفت. میزان اسید آسکوربیک نسبت به مقدار اولیه روند کاهشی دارد که عوامل متغیر آزمون سبب تفاوت در این روند شده اند. جدول ۳ میزان آسکوربیک اسید را برای تیمارهای مختلف پس از گذشت سه روز نشان می‌دهد. این کاهش در همه تیمارها به صورت یکسانی مشاهده نمی‌شود در پایان روز سوم، نمونه‌های نگهداری شده در یخچال و دارای ۰/۵ درصد کیتوزان نسبت به نمونه‌های دارای ۰/۲۵٪ کیتوزان، حدود ۴/۴٪ اسید آسکوربیک بیشتری دارد. این نسبت در نمونه‌های موجود در محیط دامنه تغییرات بیشتری داشته و کاهش اسید آسکوربیک به ۲۸/۶٪ می‌رسد. در نمونه‌های فله کاهش اسکوربیک اسید بیشتر است. این تفاوت پس از گذشت سه روز در نمونه‌ها با فرمول پوششی یکسان به صورت معنی‌داری قابل مشاهده است.

- - تغییرات شدت تنفس قارچ دکمه‌ای

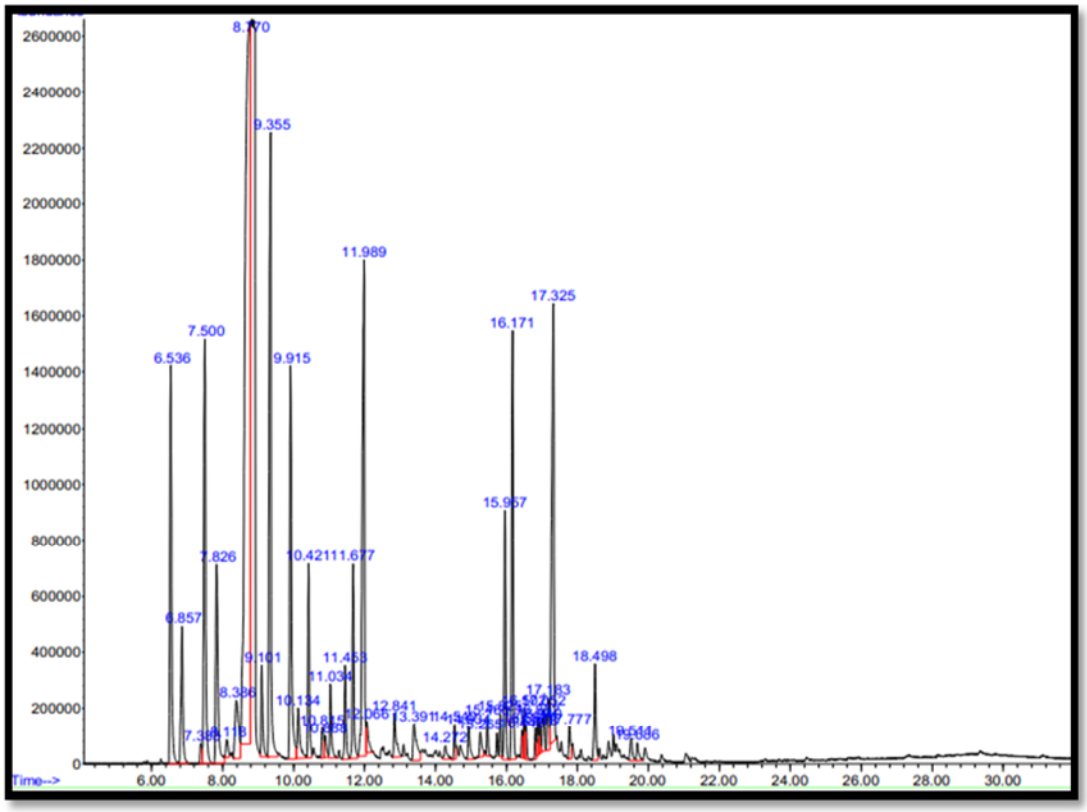
اندازه‌گیری شدت تنفس در روز اول برای نمونه ورودی بدون پوشش انجام گرفت. جدول ۳ مقدار عددی شدت تنفس اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف، سه روز پس از نگهداری را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصله میزان شدت تنفس سه روز پس از نگهداری افزایش می‌یابد این افزایش برای تمامی نمونه‌ها به صورت یکسان نیست. روند این افزایش برای نمونه های نگهداری شده در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد کندتر است. نحوه نگهداری تیمار (بسته‌بندی بودن یا نبودن) به صورت موثری بر شدت تنفس تاثیرگذار بوده است و نمونه‌های بسته‌بندی شده نسبت به انواع بدون بسته بین ۱۰/۴۰-۴۴/۹ ٪ شدت تنفس کمتری دارند. با افزایش درصد کیتوزان این کاهش بیشتر است.

- - شدت رنگ، زاویه هیو، ضریب کروم، تغییرات رنگ و اندیس قهوه‌ای شدن قارچ دکمه‌ای

برای اندازه گیری میزان شدت رنگ، هر یک از پارامترهای *L، *b و*a برای هر تیمار تعیین شد. در جدول ۴ این مقادیر مشخص شده است. جدول ۵ نیز مقادیر C*,H*,BI و ΔE را برای تیمارهای مختلف به

[1] Factorial

نمایش می‌گذارد. از داده ها مشخص است که میزان *L نسبت به روز نخست کاهش یافته است. پارامتر *a و*b روند افزایشی دارد بدین معنا که با گذر زمان بر قرمزی و زردی محصول افزوده شده و از سبزی و آبی بودن آن کم می‌گردد. ضریب BI نشان دهنده فعالیت آنزیم قهوه‌ای شدن می‌باشد که روند افزایشی داشته است.



نمودار ۱- کروماتوگرام حاصل از آنالیز اسانس لیموی شیرازی به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتر جرمی

جدول ۲- ده ترکیب غالب موجود در اسانس لیمو شیرازی به تفکیک درصد تشکیل دهنده

ردیف	نام ترکیب	درصد تشکیل دهنده
۱	Limonene	۲۶/۴۸
۲	Gamma-terpinene	۸/۴۸
۳	Alpha-terpineol	۸
۴	Beta-bisabolene	۶/۷۵
۵	Alpha-terpinene	۵/۸۴
۶	Alpha-bergamotene	۵/۰۴
۷	Alpha-terpinolene	۵/۰۲
۸	Alpha-pinene	۴/۸۰
۹	Beta-myrcene	۳/۳۷
۱۰	Trans-caryophyllene	۲/۷۶
۱۱	Other	۲۳/۴۶

جدول ۳- درصد کاهش وزن(٪) / میزان اسید اسکوربیک (پی‌پی‌ام) / میزان شدت تنفس($mg\ CO_2\ kg^{-1}h^{-1}$) تیمارهای مختلف*

کد نمونه	کاهش وزن	اسید اسکوربیک	شدت تنفس
روز صفر	-	۲۸/۴۹±۰/۹۳^{a}	۵۴/۷۰±۴/۰۲^{g}
۱	۴/۴۸±۰/۰۹^{g}	۲۴/۵۹±۱/۱۲^{ced}	۸۵/۸۵±۳/۲۸^{ef}
۲	۱۹/۹۷±۳/۲۲^{ef}	۲۲/۹۳±۰/۰۹^{bc}	۹۶/۶۶±۳/۱۲^{de}
۳	۲۰/۹۴±۳/۲۴^{f}	۲۵/۶۱±۱/۰۲^{fg}	۹۳/۴۲±۱/۷۴^{d}
۴	۸۲/۶۴±۲/۰۸^{a}	۲۲/۵۷±۱/۰۷^{g}	۱۴۰/۳۴±۹/۶۹^{c}
۵	۵/۰۵±۰/۸۴^{g}	۲۵/۸۲±۰/۵۴^{bc}	۸۵/۱۴±۲/۲۲^{f}
۶	۲۱/۰۲±۲/۸۰^{d}	۲۴/۴۸±۰/۲۲^{defg}	۹۶/۱۲±۲/۴۲^{d}
۷	۲۹/۰۹±۱/۴۸^{ef}	۲۳/۸۵±۱/۹۸^{cdef}	۹۴/۵۸±۰/۸۹^{d}
۸	۸۲/۳۸±۴/۴۷^{a}	۲۴/۰۲±۰/۰۱^{defg}	۱۴۳/۳۲±۴/۶۵^{c}
۹	۳/۷۸±۱/۳۵^{g}	۲۶/۳۸±۱/۵۶^{b}	۸۴/۴۸±۲/۰۷^{f}
۱۰	۱۹/۹۹±۵/۰۸^{ef}	۲۳/۶۱±۰/۲۳^{cdef}	۹۴/۲۱±۱/۲۹^{def}
۱۱	۲۳/۱۷±۲/۱۹^{f}	۲۴/۳۹±۱/۰۰^{efg}	۹۱/۷۳±۲/۳۰^{d}
۱۲	۷۶/۵۱±۶/۷۱^{b}	۲۳/۵۰±۰/۳۳^{efg}	۱۳۷/۵۸±۱۰/۰۷^{c}
۱۳	۴/۵۹±۰/۲۹^{g}	۲۵/۲۸±۰/۸۵^{bcd}	۸۴/۱۴±۰/۵۹^{f}
۱۴	۲۵/۳۵±۰/۷۶^{de}	۱۶/۷۳±۱/۰۲^{bced}	۹۴/۸۹±۳/۴۵^{def}
۱۵	۲۵/۰۲±۳/۳۴^{de}	۲۴/۹۹±۰/۵۵^{h}	۹۱/۷۴±۰/۲۲^{d}
۱۶	۷۷/۳۶±۲/۲۴^{b}	۲۳/۴۸±۰/۲۵^{efg}	۱۳۷/۱۶±۱/۶۵^{c}
۱۷	۵/۷۳±۰/۷۹^{g}	۲۴/۹۹±۱/۶۴^{bcde}	۲۴۶/۰۰±۸/۶۲^{b}
۱۸	۶۹/۴۶±۳/۳۹^{c}	۴/۷۹±۰/۰۹^{i}	۳۰۸/۸۹±۹/۸۰^{a}

*نتایج به صورت میانگین هر فاکتور در سه تکرار آزمایش شده و به صورت±انحراف معیار گزارش شده است

**مقادیر دارای حروف فوقانی متفاوت، تفاوت معنی‌دار(P<۰/۰۵) با یکدیگر دارند.

جدول ٤- پارامتر *a*,b و *L برای تیماهای مختلف در روز سوم*

تیمار	L*	a*	b*
روز صفر	۷۰/۰۳±۱/۱۲^{a}	-۹/۰۰±۰/۲۶^{abcde}	۲۵/۹۵±۲/۷^{h}
۱	۶۲/۶۳±۱/۵۹^{bc}	-۸/۷۴±۰/۱^{abc}	۳۵/۴۶±۰/۴۸^{bcd}
۲	۵۵/۳۱±۳/۹۳^{de}	-۸/۳۳±۱/۲۶^{ab}	۳۴/۷۶±۰/۰۴^{bcdef}
۳	۵۷/۵۹±۰/۱۱^{dce}	-۹/۲۸±۰/۲۵^{bdce}	۳۳/۳۸±۰/۳۳^{cefgd}
۴	۵۵/۱۹±۵/۸۲^{de}	-۱۰/۰۵±۰/۶۱^{decf}	۳۲/۸۷±۰/۶۱^{efg}
۵	۶۲/۲۸±۰/۸۵^{bc}	-۱۰/۴۲±۰/۵۸^{fge}	۳۴/۳۵±۰/۱۰^{cdef}
۶	۵۸/۰۵±۰/۲۰^{dce}	-۱۰/۳۹±۰/۳۸^{fdge}	۳۳/۶۵±۳/۷۰^{cdef}
۷	۵۹/۴۳±۳/۰۸^{dc}	-۱۰/۲۷±۱/۵۲^{abcde}	۳۳/۶۰±۰/۳۷^{g}
۸	۵۸/۸۶±۰/۳۷^{dce}	-۸/۸۸±۰/۲۲^{abcd}	۳۴/۰۴±۱/۲۰^{cdef}
۹	۵۴/۰۸±۱/۴۲^{e}	-۸/۸۸±۰/۲۲^{abcd}	۳۵/۳۷±۰/۱۴^{bcde}
۱۰	۵۴/۲۰±۰/۱۸^{de}	-۹/۴۹±۰/۵۳^{bcdef}	۳۵/۶۳±۰/۸۴^{bc}
۱۱	۵۷/۴۴±۱/۲۶^{dce}	-۹/۲۷±۰/۰۲^{bdce}	۳۱/۴۵±۰/۷۴^{g}
۱۲	۵۵/۳۱±۶/۴۹^{de}	-۹/۳۸±۶/۵۰^{bdce}	۳۵/۲۴±۲/۷۴^{bcde}
۱۳	۵۵/۲۹±۰/۹۹^{de}	-۷/۶۴±۰/۳۵^{a}	۳۲/۹۵±۰/۹۹^{efgd}
۱۴	۵۷/۵۱±۱/۷۷^{dce}	-۱۱/۷۳±۰/۹۸^{g}	۳۴/۹۵±۰/۵۶^{bcde}
۱۵	۶۱/۷۰±۲/۱۰^{bc}	-۱۱/۰۲±۰/۷۷^{fg}	۳۲/۴۲±۱/۸۰^{fg}
۱۶	۶۰/۸۶±۰/۲۱^{bc}	-۹/۲۹±۰/۰۲^{bcde}	۳۶/۹۳±۰/۵۵^{ab}
۱۷	۶۵/۶۸±۱/۰۵^{ab}	-۱۱/۸۸±۰/۱۳^{g}	۳۴/۵۲±۰/۶۰^{bcdef}
۱۸	۶۴/۸۳±۱/۰۵^{ab}	-۱۳/۴۷±۰/۷۴^{h}	۳۸/۱۶±۰/۹۹^{a}

*مقادیر دارای حروف فوقانی متفاوت، تفاوت معنی‌دار(P<۰/۰۵) با یکدیگر دارند.

بحث

لیمونین، یکی از اجزای اصلی اسانس لیمو کشت شده در بیشتر نقاط جهان معرفی شده است. مقایسه سایر ترکیبات اسانس مورد آزمایش با تحقیق‌های قبلی نشان می‌دهد میزان اجزاء تشکیل دهنده در نمونه‌های مختلف اسانس لیمو متفاوت است. این تفاوت می‌تواند مربوط به حلال مورد استفاده در تحقیقات مختلف باشد (Di Vaio *et al*., 2010). کاهش وزن یکی از عمده ترین تغییراتی است که در میوه‌ها و سبزیجات در پروسه نگهداری رخ می‌دهد. در پی این کاهش، رطوبت به‌طور آهسته از سطح محصول شروع به خروج می‌کند و محصول شادابی و تازگی خود را از دست می‌دهد. در پی این پدیده وزن محصول کم شده و از نظر ظاهری محصول دچار پوسیدگی و چروکیدگی می‌شود (Jiang *et al*., 2012). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که قارچ‌های پوشش یافته با درصد بالاتر کیتوزان و اسانس لیمو وجود بسته بندی و نگهداری در دمای پایین‌تر توانایی بیشتری جهت حفظ رطوبت و در پی آن ثبات تغییرات وزن دارد. هرگونه عاملی که به عنوان یک پوشش و یک سد کننده بر قارچ اعمال گردد، سبب تاخیر در کاهش وزن نمونه‌ها می‌گردد. درصد کاهش وزن با غلظت کیتوزان و اسانس نسبت عکس و با دما نسبت مستقیم دارد. این نتیجه با آزمایشات Ramos Carcia و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در این تحقیق از دو دمای مختلف جهت آزمایشات گوجه فرنگی پوشش داده شده با کیتوزان استفاده شد. نتایج حاصله نشان می‌دهد درجه حرارت نگه‌داری به عنوان یک عامل موثر مطرح می‌شود (Ramos-García *et al*., 2012). اسید آسکوربیک یا ویتامین C یکی از ویتامین‌های مورد نیاز برای بدن است. یکی از راه‌های تامین این ویتامین استفاده از میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد. آزمون بقای ویتامین C در بسیاری از تحقیقات به جهت معیار تغذیه‌ای اندازه‌گیری می‌شود (Shrivas *et al*., 2005). کاهش اسکوربیک اسید در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد کمتر و در نمونه‌های موجود در محیط بسیار بیشتر است. این دو سری نمونه در از دست دادن آسکوربیک اسید تفاوت معنی‌داری را از خود نشان می‌دهند. علت این پدیده را می‌توان به خروج رطوبت نسبت داد. بدین معنا که این ویتامین چون محلول در آب است با از دست دادن رطوبت از بین خواهد رفت و چون از بین رفتن اسید آسکوربیک در نمونه های محیط بسیار مشهود است در نتیجه این تفاوت مشاهده شد (Xing *et al*., 2011).

تنفس فرآیند زیستی غیر قابل اجتناب است. این پروسه یکی از مشخصه‌های بارز عوامل پس از برداشت است که در طی آن ذخایر قندی به آهستگی کم شده و محصول دچار تغییرات برگشت ناپذیری می‌گردد. با افزایش شدت تنفس فرآیند پیری با سرعت بیشتری به جریان می‌افتد و هر عاملی که شدت تنفس را به تعویق بیاندازد سبب افزایش عمر انبارمانی محصول می‌گردد (Snowdon, 2010). عامل بسته‌بندی به این علت اثرگذار است که با خاصیت سد کنندگی ورود اکسیژن را محدود کرده و از این طریق پدیده تنفس را کند می‌کند (Perdones *et al*., 2012). شدت تنفس بالا سبب بروز چروکیدگی و فرایند پیری می‌شود، به همین سبب محصولات با میزان تنفس بالا شکل ظاهری و بازار پسندی خود را از دست می‌دهند. این نتیجه با فعالیت های پژوهشی Jiang و همکاران در سال ۲۰۱۲، که بر روی قارچ شیتاکه[1] انجام یافت مطابقت دارد (Jiang *et al*., 2012). رنگ یکی از ویژگی‌های ظاهری در محصول ارائه شده می‌باشد. این پارامتر یکی از خصوصیات کیفی است که بر روی مصرف کننده تاثیر گذاشته و از نظر اقتصادی تاثیرات مشخصی را اعمال می‌کند (Jiang *et al*., 2012). با گذشت زمان فعالیت آنزیمی افزایش می‌یابد. این آنزیم سبب می‌شود رنگ قارچ‌های پوشش یافته و شاهد به تدریج تیره‌تر و قهوه‌ای‌تر گردد. با توجه به اطلاعات گردآوری شده این نتیجه حاصل می‌گردد که چهار پارامتر ذکر شده (کیتوزان، اسانس لیمو، بسته بندی و دما) بر روی فعالیت آنزیمی موثر بوده و سبب تاخیر در عملکرد این آنزیم و به تبع تعویق در قهوه ای شدن می‌گردد. این اطلاعات با پژوهش‌های Eissa در سال ۲۰۰۷ که بر روی قارچ خرد شده صورت گرفت مطابقت دارد (Eissa, 2007).

[1] Shiitake Mushroom

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر پوشش کیتوزان- اسانس لیمو بر روی ماندگاری قارچ دکمه‌ای (*آگاریکوس بیسپوروس*) کامل بود. نتایج نشان داد که پوشش دهی کیتوزان به همراه اسانس لیمو سبب افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای می‌شود. بعلاوه، دمای نگهداری و وجود بسته‌بندی نیز می‌تواند به عنوان دو عامل تاثیرگذار بر ماندگاری بهتر قارچ‌های پوشش‌یافته عمل کند. نتایج نشان داد که قارچ دکمه‌ای بسته بندی شده نگهداری شده در شرایط یخچالی، نسبت به قارچ فله ای که شکل غالب عرضه قارچ در بازار میوه و تره بار در ایران را به خود اختصاص می‌دهد ماندگاری بهتری از خود نشان می دهد. بعلاوه، پوشش دهی قارچ کامل توسط کیتوزان-اسانس لیمو موجب کاهش روند تغییرات وزن، شدت تنفس و پایداری بیشتر آسکوربیک اسید و در نهایت تعویق در فرایند پیری قارچ کامل (*آگاریکوس بیسپوروس*) شد. نتایج بیانگر بهبود تغییرات فوق الذکر با افزایش کیتوزان و اسانس لیمو می‌باشد. به طور کلی می‌توان اذعان داشت استفاده از پوشش کیتوزان- اسانس لیمو جهت افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای (*آگاریکوس بیسپوروس*) در شرایط بسته بندی شده و نگهداری در یخچال گزینه مناسبتری جهت نگهداری محسوب می شود. بررسی تاثیر زمان ماندگاری طولانی تر از اهداف آتی این پژوهش می باشد.

جدول۵- پارامترهای C*, H*,ΔE وBI برای تیمارهای مختلف در روز سوم*

تیمار	C*	H*	ΔE	BI
روز صفر	۲۷/۴۹±۲/۴۶^{g}	۱۰۹/۲۴±۲/۴^{a}	۰۰/۰	۳۴/۱۷±۶/۶۷^{g}
۱	۳۶/۵۳±۰/۴۹^{bcd}	۱۰۳/۸۵±۰/۰۳^{a}	۱۱/۸۹±۱/۷۸^{cd}	۶۶/۲۵±۳/۸۷^{cde}
۲	۳۵/۷۵±۰/۳۳^{bcde}	۱۰۳/۴۶±۱/۹۴^{a}	۲۰/۳۹±۱/۱۵^{a}	۷۸/۳۵±۶/۸۷^{ab}
۳	۳۴/۶۵±۰/۲۵^{cdef}	۱۰۵/۵۳±۰/۵۶^{a}	۱۵/۱۷±۱/۱۶^{bc}	۶۶/۹۱±۱/۷۶^{cde}
۴	۳۴/۳۷±۰/۷۶^{cdfe}	۱۰۶/۹۸±۰/۶۷^{a}	۲۱/۰۰±۰/۶۵^{a}	۶۸/۹۸±۹/۹۱^{bcd}
۵	۳۵/۹۰±۰/۰۸^{bcde}	۱۰۶/۸۶±۰/۹۴^{a}	۱۲/۵۶±۱/۷۸^{cd}	۶۰/۸۸±۰/۰۹^{def}
۶	۳۵/۶۴±۱/۷۲^{bcde}	۱۰۶/۹۵±۰/۲۰^{a}	۱۵/۳۴±۰/۴۸^{bc}	۶۶/۸۶±۴/۸۸^{cde}
۷	۳۲/۷۱±۰/۰۶^{f}	۱۰۵/۹۶±۲/۷۳^{a}	۱۴/۸۳±۱/۱۳^{bc}	۵۸/۳۳±۷/۷۷^{ef}
۸	۳۵/۱۸±۱/۲۲^{cdef}	۱۰۴/۶۲±۰/۱۴^{a}	۱۴/۶۸±۰/۸۳^{bc}	۶۷/۵۷±۳/۰۹^{cde}
۹	۳۶/۴۷±۰/۱۹^{bcd}	۱۰۴/۰۸±۰/۲۷^{a}	۲۰/۱۵±۱/۲۰^{a}	۸۲/۴۱±۳/۲۵^{a}
۱۰	۳۶/۸۸±۰/۶۸^{bc}	۱۰۴/۹۲±۱/۱۴^{a}	۱۹/۸۴±۱/۷۴^{a}	۸۲/۱۹±۴/۸۶^{a}
۱۱	۳۲/۷۹±۰/۷۱^{f}	۱۰۶/۴۳±۰/۴۰^{a}	۱۵/۳۵±۰/۷۰^{bc}	۶۰/۶۳±۰/۵۰^{def}
۱۲	۳۶/۴۸±۳/۰۶^{bcd}	۱۰۴/۸۴±۱/۳۷^{a}	۱۴/۶۶±۳/۴۸^{bc}	۷۸/۵۹±۶/۴۸^{ab}
۱۳	۳۳/۸۲±۱/۰۴^{ef}	۱۰۳/۰۵±۰/۲۰^{a}	۱۷/۷۶±۰/۷۲^{ab}	۷۲/۲۳±۱/۱۴^{abc}
۱۴	۳۶/۸۷±۰/۸۴^{bc}	۱۰۸/۵۴±۱/۱۷^{a}	۱۷/۴۰±۰/۹۱^{ab}	۶۸/۷۴±۲/۸۸^{cdeb}
۱۵	۳۴/۲۶±۱/۵۰^{efd}	۱۰۸/۸۱±۲/۲۲^{a}	۱۲/۸۴±۲/۱۳^{cd}	۵۵/۲۱±۹/۳۱^{f}
۱۶	۳۸/۰۸±۰/۵۶^{ab}	۱۰۴/۱۲±۰/۰۸^{a}	۱۴/۸۰±۲/۴۱^{bc}	۷۳/۱۷±۱/۳۹^{abc}
۱۷	۳۶/۵۱±۰/۵۳^{bcd}	۱۰۸/۹۹±۰/۵۰^{a}	۱۰/۸۲±۱/۶۲^{d}	۵۴/۸۳±۰/۵۸^{f}
۱۸	۴۰/۴۷±۱/۱۸^{a}	۱۰۹/۴۳±۰/۵۲^{b}	۱۴/۷۰±۳/۲۱^{bc}	۶۴/۵۵±۳/۶۵^{cdef}

*مقادیر دارای حروف فوقانی متفاوت، تفاوت معنی‌دار(P<۰/۰۵) با یکدیگر دارند.

منابع

بی نام. (۱۳۹۲). سایت رسمی آمار ایران، گزارش مربوط به واحدهای پرورش قارچهای خوراکی کشور در سال ۱۳۹۱.

بی نام. (۱۳۸۶). قارچ تازه خوراکی پرورشی –ویژگی‌ها، استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۲۷.

مقدم، ف. (۱۳۹۰). ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پوست برخی ارقام تجاری مرکبات، نشریه علوم باغبانی، ۲.

موحدی‌نژاد، م.، خوش، ت. و عباسی، س. (۱۳۹۰). تاثیر تیمارهای مختلف آب‌گیری بر برخی ویژگی‌های کیفی آب لیمو ترش جهرمی فرآوری نشده، فصل‌نامه علوم و صنایع غذایی، ۳۲(۲): ۶۱-۶۸.

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K. & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (Carica papaya L.) fruit during cold storage. Food Chemistry, 124:620-626.

Alvarez, M. V., Ponce, A. G. & Moreira, M. D. R. (2013). Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli. LWT - Food Science and Technology, 50: 78-87.

Bankole, S. & Joda, A. (2004). Effect of lemon grass (Cymbopogon citratus Stapf) powder and essential oil on mould deterioration and aflatoxin contamination of melon seeds (Colocynthis citrullus L.). African Journal of Biotechnology, 3:52-59.

Brasil, I. M., Gomes, C., Puerta-Gomez, A., Castell-perez, M. E. & Moreira, R. G. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. LWT - Food Science and Technology, 47: 39-45.

Briones, V. & Aguilera, J. M. (2005). Image analysis of changes in surface color of chocolate. Food Research International, 38: 87-94.

Di vaio, C., Graziani, G., Gaspari, A., Scaglione, G., Nocerino, S. & Ritieni, A. (2010). Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars. Scientia Horticulturae, 126: 50-55.

Eissa, H. A. (2007). Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom. Journal of food quality, 30: 623-645.

Jiang, T., Feng, L. & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (Lentinus edodes) treated with chitosan–glucose complex coating under cold storage. Food Chemistry, 131: 780-786.

Kim, K. M., Ko, J. A., Lee, J. S., Park, H. J. & Hanna, M. A. (2006). Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms. LWT-Food Science and Technology, 39: 365-372.

Lou, M.-M., Zhu, B., Muhammad, I., Li, B., Xie, G.-L., Wang, Y.-L., Li, H.-Y. & Sun, G.-C. (2011). Antibacterial activity and mechanism of action of chitosan solutions against apricot fruit rot pathogen Burkholderia seminalis. Carbohydrate Research, 346: 1294-1301.

Martínez-camacho, A., Cortez-rocha, M., Ezquerra-brauer, J., Graciano-verdugo, A., Rodriguez-felix, F., Castillo-ortega, M., Yepiz-gómez, M. & Plascencia-jatomea, M. (2010). Chitosan composite films: Thermal, structural, mechanical and antifungal properties. Carbohydrate Polymers, 82:305-315.

Mohapatra, D., Bira, Z. M., Kerry, J. P., Frías, J. M. & Rodrigues, F. A. (2010). Postharvest hardness and color evolution of white button mushrooms (Agaricus bisporus). Journal of Food Science, 75: E146-E152.

Oms-oliu, G., Soliva-fortuny, R. & Martín-belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. LWT-Food Science and Technology, 41: 1862-1870.

Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39: 1092-1098.

Perdones, A., Sánchez-gonzález, L., Chiralt, A. & Vargas, M. (2012). Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biology and Technology, 70:32-41.

Pugliese, M. A., Goitia, M. T., Yossen, M., Cifone, N., Agulló, E. & Andreucetti, N. (2011). Improved postharvest quality in patagonian squash (Cucurbita moschata) coated with radiation depolymerized chitosan. Radiation Physics and Chemistry, 80: 1406-1413.

Ramos-garcía, M., Bosquez-molina, E., Hernández-romano, J., Zavala-padilla, G., Terres-rojas, E., Alia-tejacal, I., Barrera-necha, L., Hernández-lópez, M. & Bautista-baños, S. (2012). Use of chitosan-based edible coatings in combination with other natural compounds, to control Rhizopus stolonifer and Escherichia coli DH5α in fresh tomatoes. Crop Protection, 38: 1-6.

Ravi kumar, M. N. (2000). A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers, 46: 1-27.

Rhazi, M., Eres, J. D., Tolaimate, A., Alagui, A. & Vottero, P. (2000). Investigation of different natural sources of chitin: influence of the source and deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan. Polym. Int, 49: 337-344.

Shrivas, K., Agrawal, K., Patel, D. K. & Kumar, A. (2005). A spectrophotometric determination of ascorbic acid. Journal-chinese chemical society taipei, 52: 503.

Singh, H. (1991). Mushrooms: The Art of Cultivation, Sterling Publishers Private Limited.

Snowdon, A. L. (2010). Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables: Volume 2: Vegetables, Manson Publishing.

Wu, Y., Rhim, J., Weller, C., Hamouz, F., Cuppett, S. & Schnepf, M. (2000). Moisture loss and lipid oxidation for precooked beef patties stored in edible coatings and films. Journal of Food Science, 65: 300-304.

Xiao, C., Zhu, L., Luo, W., Song, X. & Deng, Y. (2010). Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. Food Chemistry, 121:1003-1009.

Xiao, Z., Luo, Y., Luo, Y. & Wang, Q. (2011). Combined effects of sodium chlorite dip treatment and chitosan coatings on the quality of fresh-cut d'Anjou pears. Postharvest biology and technology, 62: 319-326.

Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y. & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (Capsicum annuum L.). Food Chemistry, 124: 1443-1450.

Yam, K. L. & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61: 137-142.