



به‌زرای کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۹۲۳-۹۲۱

اثر آسکوربات کلسیم و تیمار دمایی بر افزایش عمر قفسه‌ای قارچ تکمه‌ای

سجاد الوندی^۱ و محمد سیاری^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران
۲. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)*

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵

چکیده

به منظور حفظ کیفیت قارچ تکمه‌ای در دوره انبارمانی، تحقیقی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. در این مطالعه، اثر آسکوربات کلسیم در ۳ سطح (۰، ۰/۴ و ۰/۸ درصد) و تیمار آب گرم (۴۵ درجه سانتی‌گراد) بر روی صفات کیفی قارچ تکمه‌ای از قبیل کاهش وزن، سفتی، ویتامین ث، فنل کل، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و شاخص‌های رنگ در دوره انبارمانی بررسی شد. قارچ‌ها پس از اعمال تیمار در دمای $0/5 \pm 1$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شده و سپس صفات کیفی قارچ تکمه‌ای طی روزهای صفر، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ انبارمانی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی اثرات معنی‌داری بر کاهش وزن، سفتی بافت، شاخص‌های رنگ و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز به همراه داشت. اثر زمان انبارمانی بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین، برهمکنش تیمار و زمان بر کاهش وزن، شاخص‌های رنگ و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز معنی‌دار شد. نتایج نشان دادند که آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی بهترین اثر را در حفظ صفات کیفی قارچ تکمه‌ای داشت.

کلیدواژه‌ها: سفتی بافت، شاخص‌های رنگ، صفات کیفی، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، ویتامین ث

۱. مقدمه

قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) متعلق به خانواده آگاریکاسه^۱ می‌باشد. میزان تولید قارچ تکمه‌ای در ایران رو به افزایش بوده و براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد^۲ ایران در سال ۲۰۱۳ با تولید حدود ۷۰۱۴۰ تن، رتبه هشتم در بین ۱۰ کشور برتر تولیدکننده این محصول را داشت [۱۵]. قارچ تکمه‌ای دارای ارزش غذایی و دارویی بسیار بالایی بوده و منبع بسیار عالی پروتئین، اسید آمینه‌های ضروری، ویتامین‌های گروه ب، ویتامین ث، پتاسیم، مانیتول و اسید لینولئیک می‌باشد [۲]. با این حال، ضایعات قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبارمانی بسیار بالا بوده و خسارت اقتصادی فراوانی ایجاد می‌کند. از جمله دلایل ایجاد ضایعات و کاهش کیفیت قارچ تکمه‌ای قهوه‌ای شدن، نرخ تنفس بالا، باز شدن کلاهک، حساسیت به اتلاف آب و آلودگی‌های قارچی می‌باشد [۲۰]. با توجه به اهمیت غذایی و اقتصادی قارچ تکمه‌ای لازم است تا با روش‌های مختلف مدت انبارمانی قارچ افزایش یابد و ویژگی‌های کیفی محصول نیز در طول دوره انبارمانی حفظ شود.

آسکوربات کلسیم یک نمک بافر اسید آسکوربیک و حاوی کلسیم بوده و در حفظ کیفیت محصولات کشاورزی در پس از برداشت بسیار مؤثر می‌باشد. از آسکوربات کلسیم به عنوان یک ماده ضداکسایش، نگهدارنده مواد غذایی و حفظ‌کننده کیفیت محصولات کشاورزی در پس از برداشت استفاده زیادی می‌شود. در تازه برش خربزه رقم گالیا تیمار آسکوربات کلسیم در پس از برداشت باعث حفظ سفتی، کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و کاهش نرخ تنفس شده است [۲۳]. تیمار آسکوربات کلسیم بر روی بادمجان تازه برش باعث مهار قهوه‌ای شدن و نرم

شدن بافت گردید [۸]. همچنین، آسکوربات کلسیم در سبب باعث حفظ سفتی و کاهش واکنش قهوه‌ای شدن [۱۴] و افزایش محتوای اسید آسکوربیک شد [۶]. تیمار دمایی نیز یک روش فیزیکی غیرتخریبی بوده که در حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها و همچنین کاهش ضایعات آن‌ها بسیار مؤثر می‌باشد و در سال‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضا در کاهش استفاده از ترکیبات شیمیایی به منظور کنترل بیماری‌های پس از برداشت محصولات باغی و کاهش ضایعات حاصل از آن‌ها، مورد توجه قرار گرفته است. تیمار با گرما به روش‌های مختلفی از جمله بخار گرم، هوای داغ و آب گرم انجام می‌شود. این تیمار در پس از برداشت با کاهش نرخ تولید اتیلن و تنفس، تأخیر در رسیدن و حفظ سفتی بافت باعث افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی می‌شود [۲۲]. تیمار آب گرم با دمای ۶۵-۵۵ درجه سانتی‌گراد در قارچ تکمه‌ای باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز شده است [۱۲]. تیمار آب گرم در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه باعث کاهش نرم شدن و فعالیت آنزیم پلی-گالاکتروناز و کاهش آهسته‌تر اسید آسکوربیک در گوجه‌فرنگی شده است [۳]. ترکیب تیمار دمایی و کلسیم اثر و نتایج مثبتی در بهبود و نگهداری سفتی بافت در تعداد بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها از جمله هویج [۳۰]، کاهو [۲۶] و خربزه [۲۳] داشته است.

با توجه به اهمیت اقتصادی و غذایی قارچ تکمه‌ای، توجه به کاهش ضایعات و حفظ کیفیت آن در پس از برداشت ضروری می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر آسکوربات کلسیم و تیمار دمایی بر حفظ کیفیت و کاهش ضایعات قارچ تکمه‌ای طی دوره انبارمانی بوده است.

1 . Agaricaceae
2 . FAO

مواد و روش‌ها

قارچ‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر از شرکت تولید قارچ الوند شهرستان همدان برداشت شده و بلافاصله به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه بوعلی سینا، در بهار ۱۳۹۴ انتقال داده شد. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار در ۷ سطح و فاکتور دوم زمان انبارمانی در ۵ سطح (روزهای صفر، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵) بوده است. تیمارها شامل ۱: شاهد خشک (بدون غوطه‌وری)، ۲: غوطه‌وری در آب مقطر (شاهد تر)، ۳: تیمار دمایی (آب گرم ۴۵ درجه سانتی‌گراد)، ۴: آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد، ۵: آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد، ۶: آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد و تیمار دمایی و ۷: آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد و تیمار دمایی بود.

برای اعمال تیمارها، قارچ‌های تکمه‌ای یکنواخت به مدت ۳ دقیقه در یک بن‌ماری حاوی آب مقطر با دمای ۲۵ (دمای معمولی آب) و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حاوی غلظت‌های ۰، ۰/۴ و ۰/۸ درصد آسکوربات کلسیم غوطه‌ور شدند. پس از اعمال تیمارها، به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. سپس، در ظروف پلاستیکی یک کیلویی (هر ظرف ۶ عدد) با سلفون حاوی سوراخ ریز بسته‌بندی شدند و جهت نگهداری به سردخانه با دمای 1 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد انتقال داده شدند. پس از صفر، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روز انبارمانی صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری کاهش وزن، قارچ‌های تکمه‌ای پیش از ورود به انبار (w_0) و در زمان خروج (w_1) با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم توزین شده و براساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد کاهش وزن} = (w_0 - w_1) / w_0 \times 100 \quad (1)$$

سفتی بافت توسط دستگاه سفتی‌سنج (واگنر ساخت

ایتالیا) با قطر پیستون ۲ میلی‌متر برحسب نیوتن محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم قارچ تازه) از روش تیتراسیون با ۲-۶ دی‌کلرو فنل ایندو فنل^۱ استفاده شد [۵]. سنجش میزان فنل کل قارچ‌ها پس از عصاره‌گیری توسط متانول [۳۳]، براساس روش سینگلتن و همکاران (۱۹۹۹) توسط معرف فولین سیوکالتوس^۲ در طول موج ۷۶۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (واریان^۳ مدل کری^۴ ۱۰۰، ساخت کشور آمریکا) صورت پذیرفت [۳۱]. از اسیدگالیک به عنوان استاندارد در اندازه‌گیری فنل کل استفاده شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز براساس روش جانویتز - کپ و همکاران (۱۹۹۰) انجام گردید [۱۹]. ابتدا برای عصاره‌گیری ۲/۵ گرم بافت قارچ با ۵ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات (۱۰۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 7.8$ و حاوی آسکوربیک اسید) همراه با ۰/۰۲۵ گرم پلی‌وینیل پیرولیدون^۵ و ۱۰ میکرولیتر تریتون ایکس-۱۰۰^۶ در هاون چینی قرار گرفته در یخ هموژنایز گردید و در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. سپس، ۱ میلی‌لیتر بافر سدیم استات با غلظت ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 5$ همراه با ۱ میلی‌لیتر محلول کاتکول با غلظت ۵۰ میلی‌مولار و ۸۰۰ میکرولیتر روشناور محلول به دست آمده از مرحله قبل را در لوله آزمایش ریخته و با هم مخلوط گردید. سپس، بلافاصله جذب محلول حاصل در طول موج ۴۱۰ نانومتر در زمان‌های ۰ و ۶۰ ثانیه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم براساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$= \text{یک واحد فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز} \quad (2)$$

$$\Delta A_{420} \text{ min}^{-1} (\text{ml of extract})^{-1} 0.001$$

1. 2,6-Dichloro-phenol Indophenol
2. Folin-Ciocalteu reagent
3. VARIAN
4. CARY
5. Poly vinyl pyrrolidone (PVP)
6. Triton x-100

قارچ تکمه‌ای در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در طول دوره انبارمانی، روند تغییرات کاهش وزن قارچ‌های تکمه‌ای به صورت افزایشی بوده و در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری در زمان‌های انبارمانی دیده شد (جدول ۲). کمترین کاهش وزن در تیمارهای آسکوربات کلسیم ۰/۴ و ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی دیده شد که اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد خشک و تر داشتند. البته تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم ۰/۴ و ۰/۸ درصد (به‌طور مجزا) اثرات مثبتی در کاهش وزن قارچ‌ها داشتند، ولی تفاوت آنها معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که در طول زمان‌های مختلف انبارمانی تیمارهای آسکوربات کلسیم ۰/۴ و ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی باعث کمترین درصد کاهش وزن در قارچ‌ها شدند (جدول ۴).

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ (L^* , a^* , b^*) توسط دستگاه رنگ‌سنج (مدل HP-200، ساخت کشور چین) صورت گرفت. L^* ، a^* و b^* پیش از انبار اندازه‌گیری شدند. شاخص قهوه‌ای شدن بافت (BI) طبق فرمول شماره‌های ۳ و ۴ محاسبه شد [۱۴]:

(۳)

$$X = (a^*_1 + 1/75 L^*_1) / (5/645 L^*_1 + a^*_1 - 3/012 b^*_1)$$

$$BI = 100(x - 0/3) / (0/17) \quad (۴)$$

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار و زمان انبارمانی و همچنین اثر متقابل آنها بر درصد کاهش وزن

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف آسکوربات کلسیم، دما و زمان انبارمانی بر شاخص‌های کمی و کیفی قارچ تکمه‌ای

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
PPO	فنل کل	اسید آسکوربیک	سفتی بافت	درصد کاهش وزن		
۲/۴۸**	۱/۲۲ ^{ns}	۰/۰۳۵*	۰/۴۹**	۲۳/۶۵**	۶	تیمار
۴/۶۶**	۱۰/۷۳**	۰/۴۲**	۲۰/۱۹**	۷۳۷/۳۹**	۴	زمان
۰/۷۳**	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۳/۵۲**	۲۴	تیمار × زمان
۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۰۱۴	۰/۰۸	۰/۶۶	۷۰	خطای آزمایشی
۱۸/۱۹	۲۱/۸۶	۱۶/۲۶	۹/۱۶	۹/۶۰	-	ضریب تغییرات (%)

ns - غیرمعنی‌دار، ** - معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * - معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

تبخیر و تعرق و نیز تنفس می‌شود. علت پایین بودن کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با نمک‌های کلسیم شاید به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم‌کننده بافت سلولی و حفظ سفتی بافت بوده است که به دنبال آن تبادلات گازی کاهش می‌یابد [۲۱]. در رقم میخوش انار، کاربرد کلرید

کاهش وزن قارچ تکمه‌ای به دلیل اتلاف آب بر اثر تعرق و مصرف مواد بر اثر تنفس بالای آن می‌باشد. قارچ با کاهش وزن حدود ۱۰-۵ درصد پلاسیده شده و غیرقابل استفاده می‌شود. کاربرد نمک‌های مختلف کلسیم در پس از برداشت، پیری را به تأخیر انداخته و باعث کاهش میزان

اثر آسکوروبات کلسیم و تیمار دمایی بر افزایش عمر قفسه‌ای قارچ تکمه‌ای

کلسیم و تیمار دمایی از کاهش وزن در دوره پس از برداشت جلوگیری کرد [۴]. همچنین، آسکوروبات کلسیم همراه با تیمار دمایی با حفظ سفتی بافت و کاهش نرم شدن بافت باعث کاهش افت وزن در تازه برش بادمجان شد [۲۷].

رقم گالیا شده است [۸]. در قارچ تکمه‌ای تیمار شده با کلرید کلسیم و اسید آسکوربیک همراه با پوشش‌های پلی‌ساکارید کاهش وزن کمتری طی زمان انبارمانی دیده شد [۲۷].

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی بر شاخص‌های کمی و کیفی قارچ تکمه‌ای

میانگین					
زمان انبارمانی (روز)	درصد کاهش وزن (%)	سفتی (نیوتن)	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم قارچ تازه)	فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم وزن تر)	PPO (0.001 $\Delta A_{420} \text{ min}^{-1}$ (ml of extract) ⁻¹)
۰	۰/۰۰ ^e	۴/۳۹ ^a	۰/۹۶ ^a	۴/۰۸ ^a	۱/۵۲ ^b
۱۰	۵/۴۷ ^d	۳/۸۲ ^b	۰/۷۴ ^b	۴/۶۳ ^a	۲/۶۶ ^a
۱۵	۹/۲۸ ^c	۲/۹۰ ^c	۰/۷۳ ^{bc}	۳/۹۹ ^a	۲/۶۶ ^a
۲۰	۱۲/۶۲ ^b	۲/۵۳ ^d	۰/۶۴ ^{cd}	۳/۲۳ ^b	۲/۴۱ ^a
۲۵	۱۴/۹۳ ^a	۱/۹۶ ^e	۰/۵۷ ^d	۲/۸۴ ^b	۲/۳۲ ^a

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آسکوروبات کلسیم و دما بر شاخص‌های کمی و کیفی قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبار

میانگین					
تیمار	درصد کاهش وزن (%)	سفتی (نیوتن)	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم قارچ تازه)	فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید بر کیلوگرم وزن تر)	PPO (0.001 $\Delta A_{420} \text{ min}^{-1}$ (ml of extract) ⁻¹)
A ₁	۹/۱۵ ^b	۳/۰۲ ^c	۰/۶۶ ^b	۳/۷۲ ^a	۲/۷۳ ^a
A ₂	۱۰/۳۶ ^a	۲/۹۷ ^c	۰/۶۷ ^{ab}	۳/۳۲ ^a	۲/۹۹ ^a
A ₃	۸/۵۷ ^b	۲/۹۵ ^c	۰/۷۲ ^{ab}	۳/۶۹ ^a	۲/۳۱ ^b
A ₄	۸/۳۹ ^b	۳/۰۹ ^{bc}	۰/۷۵ ^{ab}	۳/۸۳ ^a	۲/۲۰ ^b
A ₅	۹/۰۰ ^b	۳/۰۷ ^{bc}	۰/۷۹ ^a	۳/۵۲ ^a	۲/۱۴ ^b
A ₆	۷/۰۲ ^c	۳/۲۸ ^{ab}	۰/۷۵ ^{ab}	۴/۰۹ ^a	۱/۹۱ ^b
A ₇	۶/۷۳ ^c	۳/۴۵ ^a	۰/۷۵ ^{ab}	۴/۱۱ ^a	۱/۹۱ ^b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆ و A₇ به ترتیب بیانگر شاهد خشک (بدون غوطه‌وری)، آسکوروبات کلسیم ۰ درصد (شاهد تر)، تیمار دمایی، آسکوروبات کلسیم ۰/۴ درصد، آسکوروبات کلسیم ۰/۸ درصد، آسکوروبات کلسیم ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی و آسکوروبات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی می‌باشد.

سفتی بافت

آن کاهش محتویات سلول، کاهش آماس، کمبود انسجام و پیوستگی بین سلول‌ها است [۱۱]. با افزایش کلسیم پیوند بین گروه‌های کربوکسیل زنجیره‌های پکتین افزایش یافته و باعث پایداری، حفظ سفتی، کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز می‌شود [۲۵]. آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی ۶۰ درجه سانتی‌گراد در تازه برش خربزه رقم گالیا باعث حفظ بهتر سفتی بافت شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۲۳]. همچنین، تیمار آسکوربات کلسیم با افزایش یون کلسیم و حفظ پایداری و استحکام سلول باعث حفظ سفتی در تازه برش سیب رقم گالا شده است [۱۴].

اثر تیمار و زمان انبارمانی در سطح احتمال ۱ درصد بر سفتی بافت معنی‌دار بود، اگرچه اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۱). سفتی بافت در طی دوره انبارمانی دارای سیر نزولی بود و به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). تیمارهای آسکوربات کلسیم اثرات مثبتی در حفظ سفتی بافت داشتند. در قارچ‌های تیمار شده با آسکوربات کلسیم در هر دو غلظت ۰/۴ و ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی بیشترین مقدار سفتی دیده شد که با شاهد خشک و تر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). کاهش سفتی یکی از فاکتورهای مهم کاهش کیفیت قارچ تکمه‌ای در طول دوره انبارمانی می‌باشد و از دلایل

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف آسکوربات کلسیم، دما و زمان بر کاهش وزن (%).

میانگین					تیمار
روز ۲۵	روز ۲۰	روز ۱۵	روز ۱۰	روز صفر	
۱۵/۳۲ ^{bc}	۱۳/۷۴ ^{cd}	۹/۷۹ ^{fgh}	۶/۹۳ ^{ijkl}	۰/۰۰ ^o	A ₁
۱۹/۳۴ ^a	۱۴/۰۳ ^{cd}	۱۱/۱۹ ^{efg}	۷/۲۴ ^{jk}	۰/۰۰ ^o	A ₂
۱۴/۸۴ ^{bc}	۱۳/۳۵ ^{cd}	۱۰/۱۰ ^{fgh}	۴/۵۵ ^{mn}	۰/۰۰ ^o	A ₃
۱۴/۶۶ ^{bcd}	۱۳/۴۲ ^{cd}	۸/۵۹ ^{hij}	۵/۲۷ ^{lmn}	۰/۰۰ ^o	A ₄
۱۶/۰۹ ^b	۱۳/۳۹ ^{cd}	۹/۳۶ ^{ghi}	۶/۱۸ ^{klm}	۰/۰۰ ^o	A ₅
۱۱/۴۹ ^{ef}	۱۱/۲۲ ^{efg}	۸/۴۰ ^{hij}	۴/۰۱ ⁿ	۰/۰۰ ^o	A ₆
۱۲/۷۸ ^{de}	۹/۲۲ ^{hi}	۷/۵۱ ^{ijk}	۴/۱۴ ⁿ	۰/۰۰ ^o	A ₇

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

A₁، A₂، A₃، A₄، A₅، A₆ و A₇ به ترتیب بیانگر شاهد خشک (بدون غوطه‌وری)، آسکوربات کلسیم ۰ درصد (شاهد تر)، تیمار دمایی، آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد، آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد، آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی می‌باشد.

ویتامین ث (اسید آسکوربیک)

اثر تیمار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقدار اسید آسکوربیک قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبارمانی دارای سیر نزولی بود و به‌طور معنی‌داری در

در این صفت اثر متقابل تیمار و زمان معنی‌دار نشد، اگرچه اثر زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد و همچنین

فنل کل در قارچ‌های تکمه‌ای شدند، ولی تفاوت معنی‌داری با شاهد خشک و تر نداشتند (جدول ۳). ترکیبات فنلی از ترکیبات اصلی آنتی‌اکسیدانی در قارچ تکمه‌ای هستند و اثر مفیدی بر حفظ سلامت و جلوگیری از سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی دارند [۱۷]. این ترکیبات در حضور اکسیژن، آنزیم فنلاز و یون مس اکسیده شده و به رنگ‌های قهوه‌ای رنگ از جمله ملانین تبدیل می‌شوند و در طی زمان انبارمانی کاهش می‌یابد [۱]. آسکوربات کلسیم ۱۲ و ۲۰ درصد باعث حفظ فنل کل در تازه برش سیب شده است که به نظر می‌رسد آسکوربات کلسیم به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در حفظ فنل کل مؤثر باشد [۶].

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار و زمان انبارداری و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۱). میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز قارچ‌های تکمه‌ای از روز صفر تا روز ۱۰ انبارمانی افزایش یافت، ولی در ادامه کمی کاهش یافت (جدول ۲). تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم همراه و بدون تیمار دمایی باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در قارچ‌های تکمه‌ای شدند و با شاهد خشک و تر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که کمترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در تمامی زمان‌های مختلف انبارمانی مربوط به تیمارهای آسکوربات کلسیم ۰/۴ و ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد می‌باشد (جدول ۵). همچنین تیمار دمایی (به جز روز ۲۰) و تیمار آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد (در روزهای ۲۰ و ۲۵) نسبت به شاهد خشک و تر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز کمتری داشتند.

سطح احتمال یک درصد کاهش یافت (جدول ۲). تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم اثرات مثبتی در حفظ ویتامین ث در طی دوره انبارمانی داشتند. در قارچ‌های تیمار شده با آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد بالاترین مقدار اسید آسکوربیک دیده شد که با شاهد خشک اختلاف معنی‌داری داشت که می‌تواند به دلیل حفظ غشای سلولی و در نتیجه تأخیر در اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک باشد. در تیمارهای دیگر نسبت به شاهد خشک و تر اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳).

اسید آسکوربیک به سرعت در مجاورت اکسیژن، مستقیماً و یا به کمک آنزیم‌ها اکسیده شده و در طول دوره انبارداری کاهش می‌یابد [۱]. کلسیم با داشتن بار مولکولی و اتصال به غشاء باعث حفظ پایداری آن می‌شود و با این کار از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن به غشاء جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاء کمک می‌کند که در حقیقت نقش یک آنتی‌اکسیدانت نظیر ویتامین ث را بر عهده می‌گیرد و از تجزیه ویتامین ث جلوگیری می‌کند [۳۲ و ۳۶]. کلسیم باعث حفظ غلظت اسید آسکوربیک پایا در طول دوره انبارمانی شده است [۲۴]. آسکوربات کلسیم باعث حفظ و کاهش اندک اسید آسکوربیک تازه برش سیب در طول دوره انبارمانی شد که مطابق با نتایج پژوهش حاضر بود [۶ و ۱۴].

فنل کل

محتوای فنل کل تحت تأثیر نوع تیمار و اثر متقابل تیمار و زمان قرار نگرفت، ولی اثر زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد بر مقدار فنل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). مقدار فنل کل قارچ‌های تکمه‌ای در طی دوره انبارمانی ابتدا تا روز ۱۰ افزایش یافت، ولی در روزهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). تیمارهای آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی باعث حفظ بهتر

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف آسکوروبات کلسیم، دما و زمان بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO)

تیمار	میانگین				
	روز صفر	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰	روز ۲۵
A ₁	۱/۵۲ ^{ef}	۴/۰۶ ^a	۲/۷۴ ^{bcd}	۲/۳۷ ^{cde}	۲/۹۶ ^{bc}
A ₂	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۵۹ ^{bcde}	۲/۵۶ ^{bcde}	۳/۰۱ ^{bc}	۳/۵۹ ^{ab}
A ₃	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۲۰ ^{cdef}	۲/۴۹ ^{cde}	۲/۵۰ ^{cde}	۲/۸۱ ^{bcd}
A ₄	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۶۷ ^{bcd}	۲/۸۶ ^{bcd}	۲/۲۰ ^{cdef}	۱/۷۸ ^{def}
A ₅	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۴۱ ^{cde}	۲/۳۳ ^{cde}	۲/۲۹ ^{cde}	۲/۱۴ ^{cdef}
A ₆	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۲۶ ^{cdef}	۱/۷۹ ^{def}	۱/۷۹ ^{def}	۱/۷۸ ^{def}
A ₇	۱/۵۲ ^{ef}	۱/۵۲ ^{ef}	۲/۱۹ ^{cdef}	۲/۲۶ ^{cdef}	۱/۱۷ ^f

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆ و A₇ به ترتیب بیانگر شاهد خشک (بدون غوطه وری)، آسکوروبات کلسیم ۰ درصد (شاهد تر)، تیمار دمایی، آسکوروبات کلسیم ۰/۴ درصد، آسکوروبات کلسیم ۰/۸ درصد، آسکوروبات کلسیم ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی و آسکوروبات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی می باشد.

انبارمانی شده است [۸]. همچنین، اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم در سیب باعث کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز شده است [۳۴ و ۳۶]. تیمار دمایی ۳۸ درجه سانتی گراد در تازه برش سیب باعث کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی شد [۷]. در تحقیقی در تازه برش سیب ثابت شد که تیمار هوای گرم ۴۲ درجه سانتی گراد به مدت ۷۰ دقیقه قبل از برش با کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز و پراکسیداز باعث کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی سطح میوه می شود [۱۰].

شاخص‌های رنگ

اثر تیمار و زمان بر شاخص‌های رنگ (L^* ، a^* ، b^* ، BI) در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل آنها بر شاخص‌های رنگ (L^* و a^*) در سطح یک درصد و بر شاخص قهوه‌ای شدن (BI) در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۶). طی دوره انبارمانی شاخص‌های

قارچ تکمه‌ای به دلیل حضور ترکیبات فنلی فراوان و آنزیم پلی فنل اکسیداز به شدت به قهوه‌ای شدن آنزیمی حساس می باشد. این آنزیم فنل را با صرف اکسیژن به کینون تبدیل کرده و به دنبال آن با پلیمریزاسیون کینون‌ها رنگدانه‌های ملانین (قهوه‌ای و سیاه) تشکیل می شود [۲۸]. اسید آسکوربیک باعث حذف اکسیژن مولکولی می شود و یک اثر کلات کننده روی مس حاضر در گروه پروستتیک آنزیم دارد [۲۹]. البته اثر اسید آسکوربیک (به دلیل اکسیده شدن برگشت ناپذیر) موقتی است. به نظر می رسد آسکوروبات کلسیم (به دلیل داشتن اسید آسکوربیک) و تیمار دمایی با بالا نگه داشتن و حفظ ویتامین ث باعث مهار و کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز شده است. کلرید کلسیم باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبارمانی شد [۹]. آسکوروبات کلسیم همراه با تیمار گرمایی در تازه برش بادمجان باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در طول دوره

اثر آسکوربات کلسیم و تیمار دمایی بر افزایش عمر قفسه‌ای قارچ تکمه‌ای

همه شاخص‌های رنگ (به جز شاخص L^*) اثر مثبتی نسبت به شاهد داشتند، هر چند اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۸). نتایج به دست آمده از اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که در همه زمان‌های انبارداری تیمار آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی بهترین اثر را بر شاخص‌های رنگ (به جز روز ۲۵) داشت.

رنگ (a^* و b^* و BI) افزایش یافتند، ولی شفافیت بافت (L^*) کاهش نشان داد (جدول ۷). بهترین عملکرد بر روی شاخص‌های رنگ مربوط به تیمار آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی بود و با شاهد خشک و تر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. همچنین، تیمار آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی بر همه شاخص‌های رنگ و نیز تیمار دمایی بر

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف آسکوربات کلسیم، دما و زمان انبارمانی بر شاخص‌های رنگ قارچ تکمه‌ای

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
BI	b^*	a^*	L^*		
۲۷/۱۸**	۳/۳۰**	۲/۶۶**	۳۲/۹۷**	۶	تیمار
۶۶۷/۲۴**	۱۲۱/۵۷**	۵۱/۵۶**	۵۵۲/۹۸**	۴	زمان
۷/۰۱*	۱/۱۱ ^{ns}	۰/۶۴**	۶/۲۶*	۲۴	تیمار × زمان
۳/۵۴	۰/۸۱	۰/۲۵	۳/۲۲	۷۰	خطای آزمایشی
۹/۵۳	۷/۱۴	۱۰/۴۷	۲/۰۷	-	ضریب تغییرات (%)

ns - غیر معنی‌دار، ** - معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * - معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

افزایش مقدار b^* نشان از زردی بافت و کاهش شفافیت و کیفیت قارچ تکمه‌ای می‌باشد. آسکوربات کلسیم از افزایش مقدار b^* در تازه برش سیب رقم گالا در طی زمان انبارمانی جلوگیری کرد [۱۴]. شاخص قهوه‌ای شدن (BI) میزان تغییر رنگ به سمت رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و در ارزیابی درجه قهوه‌ای شدن قارچ‌ها به کار برده می‌شود. بتائین گلاسیسین [۳۵] و اسانس آویشن و میخک [۱۷] باعث افزایش اندک در مقدار BI قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبارمانی شدند که می‌تواند به دلیل کاهش اتلاف آب و ایجاد پلیمرهای مسئول قهوه‌ای شدن قارچ باشد. همچنین به نظر می‌رسد آسکوربات کلسیم و تیمار دمایی با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باعث افزایش اندک مقدار BI شده‌اند.

یکی از مهمترین ویژگی‌های کیفی در قارچ تکمه‌ای رنگ است و از فاکتورهای اصلی ارزیابی کیفیت قارچ تکمه‌ای می‌باشد [۱۸]. شاخص L^* نشان‌دهنده روشنی یا تیرگی رنگ است و کاهش آن به معنی تیره‌تر بودن رنگ قارچ است. آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی در تازه برش بادمجان [۸] و سیب [۶] باعث حفظ شفافیت بافت (L^*) و کاهش اندک آن شد که به نظر می‌رسد به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول قهوه‌ای شدن بافت و آلودگی میکروبی باشد. افزایش مقدار شاخص a^* همراه با افزایش فعالیت آنزیم قهوه‌ای شدن در طول دوره انبارداری می‌باشد [۱۳]. تیمار آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی در تازه برش بادمجان با کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول قهوه‌ای شدن بافت باعث افزایش اندک مقدار a^* در طول دوره انبارمانی شده است [۸].

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی بر شاخص‌های رنگ قارچ تکمه‌ای سفید

BI	میانگین			زمان انبارمانی (روز)
	b*	a*	L*	
۱۱/۹۹ ^e	۸/۹۹ ^d	۲/۶۸ ^e	۹۳/۳۹ ^a	۰
۱۶/۸۱ ^d	۱۱/۶۷ ^c	۴/۰۱ ^d	۸۹/۴۵ ^b	۱۰
۲۰/۳۵ ^c	۱۳/۲۲ ^b	۴/۹۵ ^c	۸۶/۱۸ ^c	۱۵
۲۲/۷۶ ^b	۱۳/۷۵ ^b	۵/۸۹ ^d	۸۳/۰۸ ^d	۲۰
۲۶/۷۴ ^a	۱۵/۳۵ ^a	۵/۶۷ ^a	۸۰/۳۸ ^e	۲۵

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آسکوربات کلسیم و دما بر شاخص‌های رنگ قارچ تکمه‌ای در طی دوره انبار

BI	میانگین			تیمار
	b*	a*	L*	
۲۰/۱۱ ^{ab}	۱۲/۸۹ ^{ab}	۴/۸۴ ^{bc}	۸۶/۵۸ ^b	A ₁
۲۱/۴۸ ^a	۱۳/۱۱ ^a	۵/۳۳ ^{ab}	۸۴/۶۱ ^c	A ₂
۱۸/۸۱ ^{bc}	۱۲/۰۵ ^{bc}	۴/۶۷ ^{cd}	۸۶/۴۰ ^{bc}	A ₃
۲۱/۱۴ ^a	۱۲/۷۹ ^{ab}	۵/۴۰ ^a	۸۴/۶۵ ^c	A ₄
۱۹/۸۲ ^{ab}	۱۲/۷۵ ^{abc}	۴/۸۹ ^{abc}	۸۶/۷۷ ^{ab}	A ₅
۱۹/۱۵ ^{bc}	۱۲/۷۴ ^{abc}	۴/۵۱ ^{cd}	۸۷/۹۳ ^{ab}	A ₆
۱۷/۶۲ ^c	۱۱/۸۳ ^c	۴/۲۳ ^d	۸۸/۵۱ ^a	A ₇

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆ و A₇ به ترتیب بیانگر شاهد خشک (بدون غوطه‌وری)، آسکوربات کلسیم ۰ درصد (شاهد تر)، تیمار دمایی، آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد، آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد، آسکوربات کلسیم ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی و آسکوربات کلسیم ۰/۸ درصد همراه با تیمار دمایی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز اثر معنی‌دار داشت. اثر زمان انبارمانی بر همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. در بیشتر صفات اندازه‌گیری شده غلظت ۰/۸ نسبت به ۰/۴ درصد آسکوربات کلسیم اثر بهتری داشت. همچنین، قارچ‌های تکمه‌ای شاهد خشک به دلیل عدم غوطه‌وری در آب از شاهد تر کیفیت بهتری

اثر آسکوربات کلسیم همراه با تیمار دمایی طی دوره انبارمانی قارچ تکمه‌ای بر کاهش وزن، سفتی بافت، شاخص‌های رنگ و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز معنی‌دار شد. همچنین، آسکوربات کلسیم بدون تیمار دمایی بر اسید آسکوربیک و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و تیمار دمایی

- vapor, heat, or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *Journal of American Society of Agricultural Sciences*. 129: 583-593.
8. Barbagallo RN, Chisari M and Caputa G (2012) Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. *Postharvest Biology and Technology*. 73: 312-322.
9. Barden CL, Beelman RB, Bartley CE and Schisler LC (1990) The effect of calcium chloride added to the irrigation water on quality shelf life of harvested mushrooms. *Journal of Food Protection*. 53(9): 759-762.
10. Barrancos S, Beirao-da-Costa M, Moldao-Marins M, Abreu M, Concalves E and Beirao-da-Costa S (2003) The effect of heat pretreatment on quality and shelf life of fresh-cut apples. *Acta Horticulture*. 599: 595-601.
11. Burton KS, Sreenivasaprasad S, Rama T, Evered, CE and McGarry A (1995) Mushroom quality and senescence. *Mushroom Science*. 14: 687-693.
12. Cheng XF, Zhang M and Adhikari B (2013) The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*. 20: 674-679.
13. Eissa HAA (2008) Effect of chitosan coating on shelf-life and quality of fresh-cut mushroom. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 58: 95-105.
14. Fan X, Niemera BA, Mettheis JP, Zhuang H and Olson DW (2005) Quality of fresh-cut apples slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *Journal of Food Sciences*. 70: 143-148.
- داشتند. به‌طور کلی، بین تیمارهای به کار رفته در این پژوهش به ترتیب آسکوربات کلسیم با غلظت ۰/۸ و ۰/۴ درصد همراه با تیمار دمایی بهترین عملکرد را در حفظ کیفیت قارچ تکمه‌ای در طی انبارمانی داشتند.
- ### منابع
۱. اثنی‌عشری م و زکائی خسروشاهی م (۱۳۸۷) فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۶۵۸ ص.
۲. پیوست غ و الفتی ج (۱۳۸۶) پرورش پیشرفته قارچ خوراکی. انتشارات دانش‌پذیر.
۳. حاتمی م، کلانتری س و دلشاد م (۱۳۹۱) اثر تیمار پس از برداشت آب گرم و شرایط دمایی نگهداری بر میوه رسیده سبز گوجه‌فرنگی. علوم باغبانی ایران. ۴۳(۲): ۱۲۳-۱۱۳.
۴. ربیعی و و رحمانی س (۱۳۹۳) تأثیر سالیسیک اسید، کلرید کلسیم و تیمار آب گرم بر پارامترهای کمی، کیفی و انبارمانی انار رقم میخوش. علوم و صنایع کشاورزی. ۲۸(۱): ۱۱۵-۱۰۷.
۵. مستوفی ی و نجفی ف (۱۳۸۴) روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۳۶.
6. Aguayo E, Requejo-Jackman C, Stanley R and Woolf A (2010) Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology*. 57: 52-60.
7. Bai J, Baldwin E, Fortuny R, Mattheis J, Stanley R, Perera C and Brecht J (2004) Effect of pretreatment of intact "Gala" apple with ethanol

15. FAO - FAOSTAT (2013) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at <http://www.fao.org>. (Accessed 1 september 2015).
16. Fernandes A, Antonio AL, Oliveira MB, Martins A and Ferreira I (2012) Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: a review. Food Chemistry. 135: 641-650.
17. Gao M, Feng L and Jiang T (2014) Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. Food Chemistry. 149: 107-113.
18. Heinemann PH, Hughes R, Morrow CT, Sommer HJ, Beelman RB and Wuest PJ (1994) Grading of mushrooms using a machine vision system. Transactions of the American Society of Engineers. 37: 1671-1677.
19. Janovitz-klapp AH, Richard FC, Goupy PM and Nicolas JJ (1990) Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 38: 926-931.
20. Lagnika C, Zhang M, Nsor-Atindana J and Bashari M (2012) Effects of ultrasound and chemical treatments on white mushroom (*Agaricus bisporus*) prior to modified atmosphere packaging in extending shelf-life. Journal of Food Sciences and Technology. Pp. 1-9.
21. Levy D and Poovaiah BW (1979) Effect of calcium infiltration of senescence of apples. Horticultural Sciences. 14: 466-472.
22. Lurie S (1998) Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology. 14: 257-269.
23. Silveira AC, Aguayo E, Chisari M and Artes F (2011) Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut "Galia" melon. Postharvest Biology and Technology. 62: 77-84.
24. Mahmud TMM, Eryani-Raqeeb AA, Omar SSR, Mohamed ZAR and Eryani AAR (2008) Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 3: 526-533.
25. Manganaris GA, Vasilakakis M, Diamantidis G and Mignani I (2007) The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruit. Food Chemistry. 4: 1385-1392.
26. Martin-Diana AB, Rico D, Mulcahy J, Frias JM, Henehan GTM and Barry-Ryan C (2007) Calcium for extending the shelf-life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. Trends in Food Science and Technology. 18: 210-218.
27. Niazmand A, Ghodusi HB, Shahidi F and Niazmand R (2009) Effects of three polysaccharide coatings on physicochemical and organoleptic properties of mushroom (*Agaricus bisporus*). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science. 5(6): 740-744.
28. Nicolas JJ, Richard-Forget FC, Goupy PM, Amiot MJ and Aubert SY (1994) Enzymatic browning reactions in apple and apple products: a review: Food Science and Nutrition. 34: 109-157.
29. Ramirez EC, Whitaker JR and Virador VM (2003) Polyphenol oxidase. In: Whitaker JR, Vorage AGJ and Wong DWS (Eds.) 'Handbook of Food Enzymology. Marcel Dekker 'Basel, Switzerland. Pp. 509.
30. Rico D, Martin-Diana AB, Henehan GTM, Frias J, Barat JM and Barry-Ryan C (2007) Improvement in texture using calcium lactate

- and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. Food Engineering. 79: 119-128.
31. Singleton VL, Orthofer R and Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.
 32. Spinardi AM (2005) Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. Acta Horticulturae. 682: V International Postharvest Symposium.
 33. Tomas-Barberan FA, Gil MI, Cremin P, Waterhouse AL, Hess-Pierce B and Kader AL (2001) HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches and plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49: 4748-4760.
 34. Tortoe C, Orchard J and Beezer A (2007) Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions. International Journal of Food Science and Technology. 42: 1475-1481.
 35. Wang Z, Chen L, Yang H and Wang A (2014) Effect of exogenous glycine betaine on qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. European Food Research and Technology. 240: 41-48.
 36. White PJ and Broadley MR (2003) Calcium in plants. Annals Botany. 92: 487-511.
 37. Zuo L and Lee JH (2004) Effects of anti-browning agents on the quality of minimally processed apple cubes. Food Science and Biotechnology. 13: 40-45.