به نام خدا
بیستمین کنگره ملی علوم و
صنایع غذایی ایران
دانشگاه صنعتی شریف ایران، تهران

افزایش ماندگاری قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) از طریق شستشوی اسیدی و پوشش دهی با بیوپلیمرها

یونس زاهدی، دانشجوی مقطع دکترای رشته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: *Younes.zahedi@gmail.com*

ناصر صداقت، استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

Email: *sedaghat1@yahoo.com*

چکیده

تاثیر شستشو با اسید و پوشش دهی روی افت وزن، سفتی و رنگ قارچ تکمه ای در روزهای ۲، ۴، ۷ و ۱۰ نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷ بررسی گردید. افت وزن قارچهای فاقد پوشش به طور معنی داری بیشتر از قارچهای دارای پوشش بود. قارچهای دارای پوشش صمغ عربی امولسیفیه (EGA) کمترین افت وزن را داشتند. قارچهای تیمار شده با اسید مالیک، کمترین و قارچهای تیمار شده با اسید اسکوربیک بیشترین افت وزن را بعد از ۱۰ روز نگهداری داشتند. قارچهای پوشش داده شده با EGA سفت ترین بافت را در روز آخر نگهداری داشتند و مقدار کاهش سفتی شان ۲۱٪ بود. قارچهای بدون پوشش با ۳۹٪ کاهش، نرم ترین بودند. مقدار L^* قارچهای پوشش دهی شده با GA بیشتر از بقیه قارچها بود. قارچهای شسته شده با اسید استیک کاهش معنی داری در L^* و افزایش معنی داری در میزان a^* و b^* داشتند.

کلید واژه ها: قارچ تکمه ای، شستشوی اسیدی، پوشش بیوپلیمری، افت وزن، سفتی.

۱. مقدمه

قارچ به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئینی و ترکیبات بیواکتیو متعدد و مقدار ناچیز کربوهیدرات و کلسترول نه تنها یک ماده غذایی است بلکه به عنوان یک غذای عملگرا و دارویی نیز تلقی می شود (۲۷). یکی از حساس ترین محصولات کشاورزی بعد از برداشت از نقطه نظر فیزیولوژی پس از برداشت، قارچ می باشد. زیرا به دلیل عدم وجود کوتیکول در سطح قارچ در برابر آسیبهای فیزیکی، هجوم میکروبی و افت رطوبت بسیار حساس است (۴، ۱۵ و ۲۲). مقدار رطوبت قارچ *Agaricus bisporus* حدود ۹۰ درصد است. این مقدار بالای رطوبت باعث آسیب پذیر تر شدن در برابر میکروبها و واکنشهای شیمیایی می شود (۱۰). راهکار اصلی برای توسعه ماندگاری قارچ نگهداری در دماهای پائین ($^{\circ}C$ ۴-۱) است چون باعث کاهش رشد میکروبی و واکنشهای شیمیایی مانند قهوه ای شدن و بخصوص کاهش سرعت تنفس می گردد. سرعت تنفس قارچ در مقایسه با سایر میوه ها و سبزیها بسیار بالاست (۱۵ و ۲۴). آجلونی و همکاران (۱) گزارش کردند بریدن قسمتی از ساقه قارچ بلافاصله بعد از برداشت موجب کاهش واکنشهای قهوه ای شدن و سرعت نمو و باز شدن کلاهک می شود بدین ترتیب عمر انباری قارچ طولانی می گردد. در زمینه کاهش سرعت فساد قارچ مطالعات زیادی انجام شده است که در آنها از روشهایی مانند بسته بندی اصلاح شده، پوشش دهی و تیمار با محلولهای ضد میکروبی و ضد قهوه ای شدن استفاده شده است. در تعدادی از این مطالعات اثر تیمار با محلول های مختلف ضد میکروبی و ضد قهوه ای شدن مانند اسید اسکوربیک و مشتقات آن (۱۱)، اسیدهای اسکوربیک، سیتریک و اریتوربیک (۲۱)، اسید سیتریک و آب اکسیژنه (۴)، سدیم اریتوربات و آب اکسیژنه (۲۲)، اسید سیتریک (۱۳ و ۲۴)، آب اکسیژنه، دی اکسید کلر و سدیم D ایزواسکوربات مونوهیدرات (۶) و اسید سیتریک و سدیم L، D ایزواسکوربات (۲۵) روی ویژگیهای حسی و بار میکروبی قارچهای کامل یا برش خورده بررسی شده است. علاوه بر اینها کاربرد اسیدهای استیک، اسکوربیک و سیتریک برای جلوگیری از قهوه ای شدن آنزیمی در سیب، آناناس و سیب زمینی در منابع گزارش شده است (۸، ۱۴، ۱۸، ۲۰ و ۳۰). اسیدهای سیتریک و استیک از طریق کاهش pH بافت میوه فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز را کاهش داده و قهوه ای شدن را به تعویق می اندازند. اسیدهای اسکوربیک و ایزواسکوربیک و نمکهایشان از طریق احیاء مس موجود در آنزیم پلی فنل اکسیداز از فعالیت این آنزیم ممانعت می کنند (۱۱).

ترکیبات هیدروکلوئیدی بطور گسترده ای برای پوشش دهی غذا و محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند تا بدین ترتیب آنها را از هجوم میکروبی حفظ نموده، افت رطوبت را کاهش داده و تبادلات گازی محصول با محیط اطراف را کاهش دهند (۲۸). نوسینوویچ و کامپ برای افزایش ماندگاری قارچ از پوشش آلژیناتی استفاده کردند (۱۹). هرشکو و نوسینوویچ قارچها را با آلژینات و آلژینات-ارگوسترول پوشش دهی کرده و تغییرات ساختاری را در دوره نگهداری مورد بررسی قرار دادند (۱۰). کربوکسی متیل سلولز برای پوشش دهی میوه های برش خورده یا کامل مورد استفاده واقع شده است (۳، ۱۲ و ۲۳). کیم و همکاران اثر بسته بندی اصلاح شده را روی ماندگاری قارچهای پوشش دهی شده با کیتوزان مورد بررسی قرار دادند (۱۵). صمغ عربی برای اولین بار به عنوان یک پوشش خوراکی برای توسعه ماندگاری گوجه فرنگی بکار گرفته شد (۲۰) . در زمینه تیمار میوه ها و سبزیها با اسیدهای استیک و مالیک و همچنین پوشش دهی قارچ با صمغ عربی و کربوکسی متیل سلولز تاکنون هیچ مقاله ای منتشر نشده است.

هدف از این تحقیق بررسی اثرات شستشوی اسیدی با اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک در غلظتهای ۱، ۲ و ۴٪ و سپس پوشش دهی آنها با صمغ عربی، کربوکسی متیل سلولز و صمغ عربی امولسیفیه بر روی رنگ، سفتی و افت وزن قارچ در مدت ۱۰ روز نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷ بود.

۲. مواد و روشها

۱.۲. مواد: قارچ تکمه ای در مرحله closed cap stage (قطر cap ۳-۴ سانتیمتر) از یک گلخانه پرورش قارچ واقع در نزدیکی شهرستان مشهد تهیه شده و در مدت ۲ ساعت به آزمایشگاه منتقل شد. اسیدهای اسکوربیک، مالیک و استیک (مرک، آلمان)، اسید سیتریک (شرکت لابراتوارهای شیمیائی دکتر مجللی – ایران)، صمغ عربی (GA) (کیمیا نوین - ایران) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) (سیگما الدریچ – آمریکا) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

۲.۲. تهیه محلولهای پوشش دهی: برای تهیه محلول ۵ ٪ وزنی–حجمی صمغ عربی، پودر صمغ به آب مقطر اضافه شد. سپس حرارت دهی ملایم تحت همزدن بر روی هیتر مجهز به همزن مغناطیسی انجام شد تا محلولی شفاف به دست آید. برای تهیه محلول پوشش دهی امولسیونی از صمغ

عربی (EGA)، روغن خوراکی سویا (۱/۳ ٪ وزنی–حجمی محلول صمغ عربی) همراه با امولسیفایر توئین ۸۰ (۲۰٪ حجمی–حجمی روغن) به محلول صمغ عربی افزوده شد. محلول توسط هموژنایزر (التراتوراکس- آلمان) به مدت ۳ دقیقه و با سرعت ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه همگن گردید تا جلوی دوفازه شدن محلول پوشش دهی در هنگام پوشش دهی و نگهداری قارچها گرفته شود. محلول پوشش دهی کربوکسی متیل سلولز از طریق افزودن ۱٪ وزنی–حجمی پودر کربوکسی متیل سلولز و گلیسیرول (۵۰ ٪ وزنی–وزنی CMC) به عنوان پلاستی سایزر به آب مقطر و حرارت دهی تحت هزدن تهیه گردید. قبل از پوشش دهی دمای محلولهای پوشش دهی به دمای اتاق رسانده شد.

۳.۲. تیمار قارچها: قارچها با محلولهای ضد قهوه ای شدن (اسید سیتریک، اسید مالیک، اسید اسکوربیک و اسید مالیک) در غلظتهای ۱، ۲ و ۴٪ تیمار و به مدت ۳ دقیقه تیمار شدند. سپس عمل شستشو با آب مقطر انجام شد تا بقایای اسید از روی قارچها زدوده شود. قارچها روی کاغذ جاذب منتقل شدند تا رطوبت اضافی گرفته شود. سپس ۳ دقیقه درون محلولهای پوشش دهی قرار گرفتند تا ماده پوشش جذب سطح گردد. قارچها از محلول خارج شده و به مدت زمان ۵ دقیقه بر روی سبد مشبک و در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند تا مقدار اضافه ماده پوشش دهنده چکه کرده و باقیمانده پوشش خود را بگیرد. قارچها به صورت انفرادی توزین شده و درون ظرف بسته بندی قرار گرفته و به یخچال ($^{\circ}C$ ۷) منتقل شدند. افت وزن، تغییرات رنگ و ظاهر و سفتی قارچها در روزهای ۲، ۴، ۷ و ۱۰ و در سه تکرار اندازه گیری گردید.

۴.۲. روشها

۱.۴.۲. افت وزن: وزن قارچ پس از پوشش دهی و قبل از انتقال به یخچال و همچنین در روزهای ۲، ۴، ۷ و ۱۰ توسط ترازوی دو صفر اندازه گیری گردید. درصد افت وزن در روزهای مختلف با رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\%\text{Weght loss} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \qquad (۱)$$

W_0: وزن قارچ بعد از پوشش دهی W_1 : وزن قارچ در روزهای ۲، ۴، ۷ یا ۱۰

۲.۴.۲. سفتی: قبل از آزمون ساقه قارچها قطع شده و قسمت کلاهک قارچ بر روی سکوی دستگاه بافت سنج قرار گرفت. سفتی قارچها به عنوان شاخصی از تغییرات بافت قارچ توسط دستگاه بافت سنج (CNS Farnell, Essex، انگلیس)اندازه گیری گردید. قطر پروب مورد استفاده ۳ میلی متر، سرعت نفوذ ۱۰ میلی متر بر ثانیه و عمق نفوذ در کلاهک قارچ ۵ میلی متر است. سفتی به صورت بیشترین نیروی مورد نیاز (بر حسب گرم) برای ایجاد سوراخ و نفوذ به این عمق ثبت گردید.

۳.۴.۲. رنگ: برای بررسی تغییرات رنگ از یک جعبه چوبی سیاه رنگ (با ابعاد ۰/۵ (طول) × ۰/۵ (عرض) × ۰/۸ (ارتفاع) مترمکعب) که توسط ۱۶ مهتابی لوله ای فلوئورسنت (۱۰ وات، طول ۴۰ سانتیمتر) نور پردازی می شد استفاده گردید. عکسها توسط دوربین دیجیتالی ۸ مگاپیکسل (کانن EOS، پاورشات، تایوان)که در داخل این جعبه دوربین و در فاصله ۱۷ سانتیمتری از سطح کلاهک نصب شده بود گرفته شد. پیش پردازش عکسها توسط نرم افزار فوتوشاپ نسخه ۵/۵ انجام گرفت. پردازش عکسها توسط نرم افزار پردازش تصویر Image-J نسخه ۱/۴۴o انجام گرفت. در آخر فضای رنگی RGB به صورت مستقیم به فضای رنگی Lab تبدیل شد. تغییرات رنگ قارچ توسط فرمول (۲) محاسبه گردید (۷ و ۱۷):

$$\Delta E = \sqrt[2]{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \qquad (۲)$$

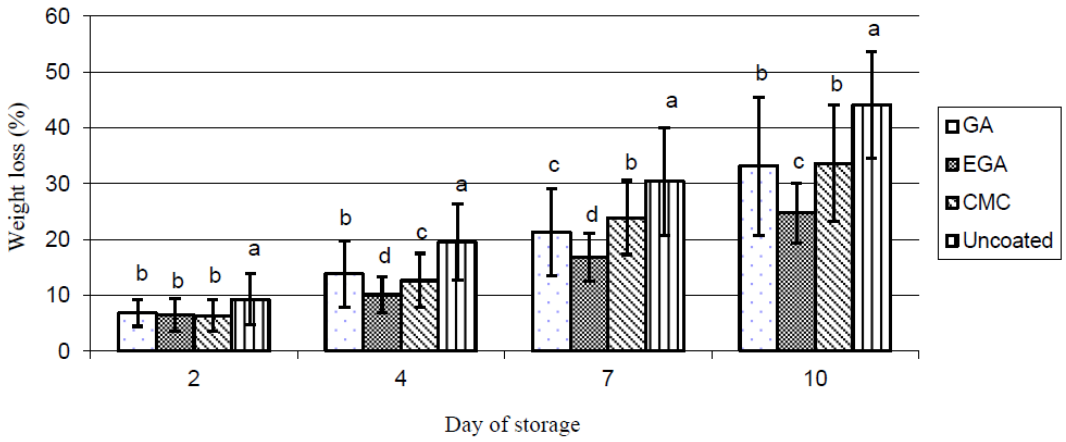
ΔE تغییرات رنگ را در مقایسه با رنگ یک قارچ ایده آل یا قارچ شاهد نشان می دهد. L^* میزان روشنایی (سفیدی) قارچ بوده و مقدار آن از ۰ تا ۱۰۰ متغییر است. پارامتر a^* و b^* میزان قرمز بودن و زرد بودن را نشان می دهند و مقدار آنها بین ۱۲۰_ ۱۲۰- قرار دارد. در این مطالعه مقدار L_0^*= ۸۴، a_0^*= ۰/۱۰۷ و b_0^* = ۰/۱۲۷ بود.

۴.۴.۲ آنالیز آماری: آزمایشها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آرایش فاکتوریل و با ۳ تکرار انجام گرفتند. آنالیز واریانس نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT-C نسخه ۱/۴۲ و مقایسه میانگین ها به وسیله آزمون LSD[1] و در سطح احتمال ۵ % انجام شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Microsoft Office Excel 2007 استفاده شد.

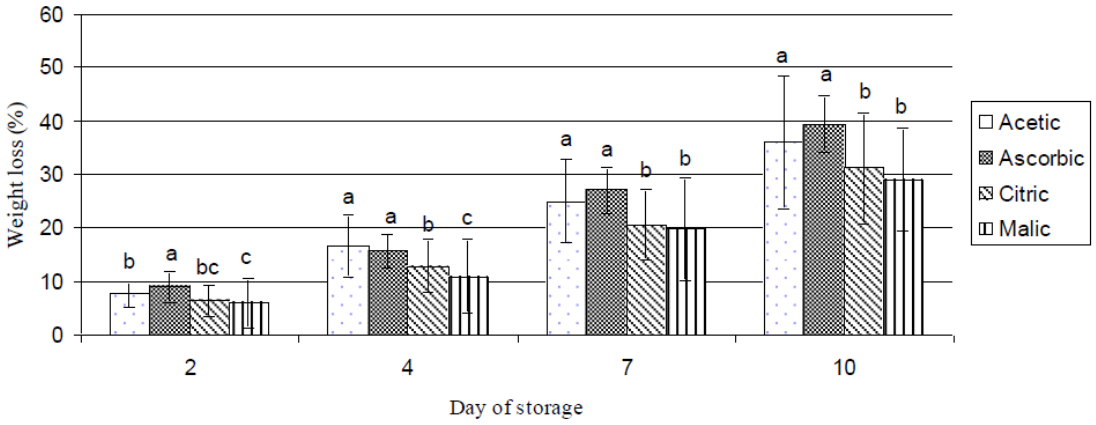
۳. نتایج و بحث

[1] Least Significant Difference

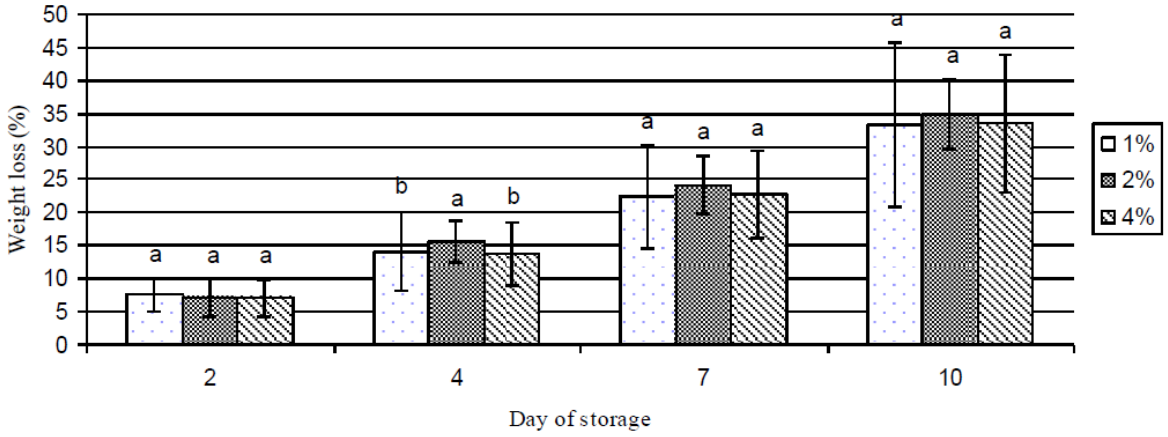
۱.۳. افت وزن: اثر استفاده از پوششهای GA، EGA و CMC و همچنین نوع و غلظت اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک روی افت وزن قارچها در شکلهای ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. استفاده از پوشش باعث کاهش معنی داری ($p < 0.05$) در افت وزن قارچها در همه روزها گردید. افزودن روغن به فرمولاسیون محلول پوشش دهی GA سبب شد آبگریزی افزایش یابد در نتیجه نفوذپذیری به بخار آب پوشش EGA کمتر شده و قارچهای پوشش دهی شده با EGA کمترین افت رطوبت را دارا بودند. چنین نتیجه ای برای قارچهای پوشش داده شده با پوشش آلژینات-ارگوسترول-توئین مشاهده گردید (۵). نوسینوویچ و کامپ (۱۹) گزارش کردند پوشش آلژینات می تواند افت وزن قارچها را بطور معنی داری در دمای $^{\circ}C$ ۲۰ کاهش دهد تاثیر بازدارندگی در برابر رطوبت این پوشش در دمای $^{\circ}C$ ۴ کاهش یافت. تحقیق کیم و همکاران (۱۵) نشان داد پوشش کیتوزانی تاثیر معناداری در کاهش افت وزن قارچهای اسلایس شده و بسته بندی شده در بسته بندی پلی الفینی نداشت. میانگین افت رطوبت بعد از ۲، ۴، ۷ و ۱۰ روز نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷ برای قارچهای های پوشش دهی شده به ترتیب ۶/۵، ۱۲/۱، ۲۰/۶ و ۳۰/۴ ٪ و برای قارچهای فاقد پوشش ۹/۲، ۱۹/۴، ۳۰/۴ و ۴۴/۱ ٪ بود. مقایسه این نتایج نشان می دهد که با گذشت زمان پوشش تاثیر بارزتری در بازدارندگی از افت رطوبت اعمال می کند. با وجود تفاوت ساختاری مقدار افت رطوبت قارچهای پوشش دهی شده با CMC و GA بعد از ۱۰ روز تقریباً یکسان بود. نوع اسید نیز تاثیر معنی داری در افت رطوبت قارچها داشت. قارچهای تیمار شده با اسید اسکوربیک بیشترین افت رطوبت (۳۹٪) را داشتند و قارچهای تیمار شده با اسد مالیک کمترین افت (۲۹٪) را نشان دادند. غلظت اسیدهای استفاده شده هیچ تاثیر معناداری ($p > 0.05$) روی افت وزن قارچها نداشت.



شکل ۱: اثر پوشش های بیوپلیمری صمغ عربی(GA)، صمغ عربی امولسیفیه (EGA) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) روی افت وزن قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷.



شکل ۲: اثر اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک روی افت وزن قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای ۷ °C.

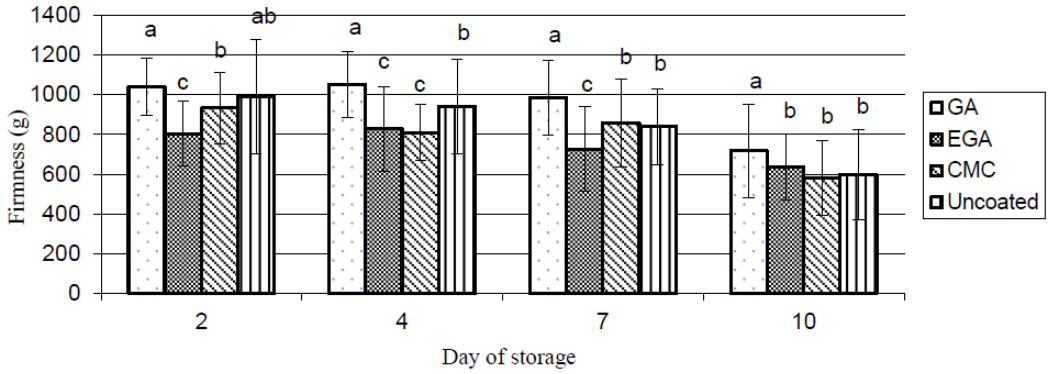


شکل ۲: اثر غلظتهای مختلف اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک روی افت وزن قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای ۷ °C.

۲.۳. سفتی قارچ: سفتی قارچها در طول ۴ روز اول نگهداری افزایش یافت. با گذشت زمان و تحت تاثیر فعالیت آنزیمهای پکتولیتیک دیواره سلولها تخریب شده و بافت قارچ نرم خواهد گردید و از روز ۴ به بعد شاهد نرم شدن بافت بودیم (شکل ۴). همچنین مشاهده گردید همچنانکه بافت قارچ نرم می شود تافنس[۲] نیز افزایش می یابد. سفتی قارچهای پوشش داده شده با EGA در روز دوم کمتر از سایر قارچهای پوشش دار و حتی قارچهای فاقد پوشش بود. این امر احتمالاً مربوط به تفاوت قارچهای استفاده شده از نقطه نظر فیزیولوژیکی، بافتی و یا ترکیب شیمیایی بود (۲۴). سفتی قارچهای پوشش داده شده با EGA بعد از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۷ °C ۲۱٪ افت کرد در حالیکه این افت برای قارچهای پوشش دهی شده با GA و CMC و انواع بدون پوشش به ترتیب ۳۱، ۳۷ و ۳۹٪ بود. اگر نگاهی به نتایج افت رطوبت داشته باشیم ملاحظه می گردد که قارچهای پوشش دهی شده با EGA و قارچهای فاقد پوشش به ترتیب کمترین و بیشترین افت رطوبت را دارند که در مورد افت سفتی این روند بر عکس می باشد. پس می توان علت افت کمتر سفتی قارچهای پوشش دهی شده با EGA را به مقدار رطوبت بالای آن نسبت داد. یعنی قارچ دارای

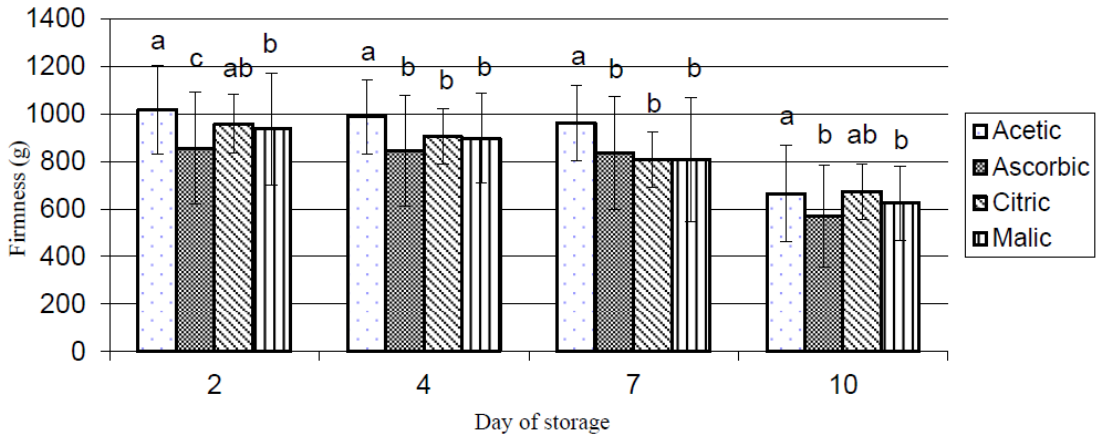
[2] Toughness

رطوبت بیشتر، بافت سفت تری را دارد. میانگین افت سفتی قارچهای دارای پوشش و فاقد پوشش از روزهای ۲ تا ۴، ۴ تا ۷ و ۷ تا ۱۰ به ترتیب ۵/۵، ۸/۶ و ٪ ۲۵ بود. این اعداد گویای این مطلب است که سرعت رسیدگی و تخریب بافت با گذشت زمان شتاب بیشتری گرفته است. گیلام و همکاران (۹) گزارش نمودند که سفتی قارچهای بسته بندی شده در طول ۳ روز نگهداری به صورت پیوسته کاهش پیدا کرد. آنها به این نتیجه رسیدند که این افت ناچیز به خاطر رطوبت نسبی بالای درون بسته (۸۰ ٪) نبوده بلکه به دلیل اثر ممانعت کنندگی گاز دی اکسیدکربن موجود در بسته است. روند کاهشی سفتی توسط محققین دیگر برای قارچهای بدون بسته بندی (۲۹) و قارچهای پوشش دهی شده با آلژینات (۱۹) مشاهده گردید.

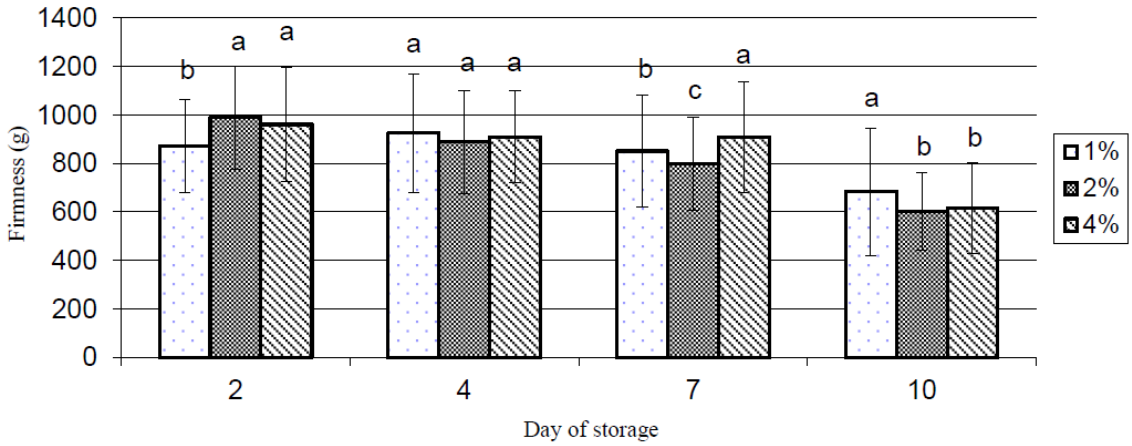


شکل ۴: اثر پوشش های بیوپلیمری صمغ عربی(GA)، صمغ عربی امولسیفیه (EGA) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) روی کاهش سفتی قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷.

تاثیر نوع و غلظت تیمار اسیدی روی سفتی قارچها در شکلهای ۵ و ۶ نشان داده شده است. سفتی قارچهای تیمار شده با غلظتهای ۲ و ۴ ٪ اسید به طور پیوسته در ۱۰ روز نگهداری کاهش یافت. ولی روند تغیرات سفتی برای قارچهای تیمار شده با ۱ ٪ اسید مشابه روند تغییراتی پوشش بود. در ۴ روز اول نگهداری، قارچهای تیمار شده با اسیدهای سیتریک و مالیک نرم تر از قارچهای تیمار شده با اسیدهای استیک و اسکوربیک بودند. این روند در روزهای آخر نگهداری برعکس گردید. مقایسه مقادیر افت سفتی در روز ۱۰ نگهداری حاکی از عدم تاثیر نوع اسید روی سفتی قارچها بود. بعد از ۱۰ روز نگهداری، سفتی قارچهای تیمار شده با ۱ ٪ اسید ۲۱/۵ ٪ افت داشت در حالیکه مقدار افت در غلظتهای ۲ (۳۹/۲ ٪) و ۴ ٪ (۳۶/۱ ٪) خیلی بیشتر بود.



شکل ۵: اثر اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک روی کاهش سفتی قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای $^{\circ C}$ ۷.



شکل ۶: اثر غلظتهای مختلف اسیدهای استیک، اسکوربیک، سیتریک و مالیک روی کاهش سفتی قارچ تکمه ای در روزهای مختلف نگهداری در دمای $^{\circ C}$ ۷.

۳.۳. رنگ قارچ: رنگ نقش مهمی در بازار پسندی یک محصول غذایی دارد. بنابراین بررسی تغییرات رنگ یک محصول از نقطه نظر تجاری حائز اهمیت می باشد. اگر مقدار L^* قارچ کمتر از ۸۰ باشد فروشنده گان از پذیرش آن برای فروش امتناع می کنند و اگر L^* کمتر از ۷۰ باشد مصرف کنندگان آنرا نخواهند خرید (۵). فاکتورهایی که در زمان نگهداری قارچ روی رنگ آن تاثیر می گذارند شامل شرایط فیزیولوژیکی خود قارچ، کیفیت عملیات شستشو، برش زدن، حمل و نقل و بسته بندی و همچنین رشد باکتریها می باشد (۲۱). نتایج اندازه گیری پارامترهای رنگی $L^*a^*b^*$ و ΔE در جدول یک ارائه شده است. به جز نمونه های پوشش دهی شده با CMC، مقدار L^* قارچها در روز دوم نگهداری هیچ اختلاف معنی داری با هم نداشتند. L^* قارچهای بدون پوشش در ۴ روز اول نگهداری بیشتر از قارچهای پوشش دار بود. با این وجود مقدار افت L^* قارچهای بدون پوشش از روز ۴ تا ۷ بیشتر از قارچهای پوشش دار بود. علت این افت زیاد احتمالاً مربوط به عدم حفاظت سطح قارچهای بدون پوشش در برابر اتمسفر اطراف و ورود راحت تر اکسیژن به بافت قارچ و انجام واکنشهای تغییر رنگ بود. مقدار L^* قارچهای پوشش دهی شده با EGA در مقایسه با دیگر تیمارها کمتر بود دلیل این مقدار کم مربوط به حضور روغن در فرمولاسیون پوشش بود که سبب ایجاد کدورت جزئی در

سطح قارچ می گردد. مقدار کاهش L^* قارچهای پوشش دهی شده با GA بعد از ۱۰ روز نگهداری کمترین بود که نشان دهنده سازگاری خوب این ماده با سطح قارچ و نقش موثر آن در تثبیت خصوصیات ظاهری قارچ بود. نوسینوویچ و کامپ (۱۹) گزارش کردند که کاهش سفیدی قارچها نه تنها به پوشش بستگی دارد بلکه دما نیز روی پارامتر L^* تاثیرگذار است و دماهای بالا نقش حفاظتی پوشش روی سفیدی را کاهش می دهند. آنها مشاهده کردند L^* قارچهای پوشش دهی شده با ۱ و ۲ ٪ آلژینات بعد از ۱۴۲ ساعت نگهداری در $^{\circ}C$ ۴ به طور معنی داری بیشتر از قارچهای بدون پوشش بود در صورتیکه نگهداری این قارچها در دمای $^{\circ}C$ ۲۰ باعث شد اختلاف در L^* از بین رود. تاثیر مثبت پوشش آلژیناتی روی حفظ سفیدی قارچهای نگهداری شده در $^{\circ}C$ ۲ در تحقیق دیگری به اثبات رسید (۱۰). گسترش رنگ تیره در سطح قارچهای پوشش دهی شده با کیتوزان بعد از ۶ روز نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۱۲ درون بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده بیشتر از انواع بدون پوشش بود (۱۵). شستشوی قارچها با اسید استیک، L^* را بصورت معنی داری کاهش داد. قارچهای تیمار شده با اسید اسکوربیک در روز دوم روشن ترین بودند ولی در ادامه نگهداری L^* کاهش یافت. قارچهای شسته شده با اسید مالیک روشن ترین رنگ را پس از ۱۰روز نگهداری داشتند و مقدار L^* بصورت معنی داری بیشتر از سایر قارچها بود سیمون و گونزالز فاندوس (۲۵) گزارش کردند که قارچهای تیمار شده با ۱٪ اسید سیتریک در مقایسه با قارچهای تیمار نشده تیره تر بودند. آبکشی قارچها با ایزواسکوربات از شدت تیرگی کاست. این محققان علت قهوه ای شدن را به آسیب دیدن سلولهای هیفی قارچ توسط اسید سیتریک ارتباط دادند. در نتیجه این آسیب دیدگی آنزیم پلی فنول اکسیداز و سوبسترای فنولی در مجاورت هم قرار گرفته و واکنش قهوه ای شدن انجام شد. ولی در این تحقیق ما مشاهده کردیم قارچهای تیمار شده با اسید سیتریک از نظر سفیدی تفاوت قابل ملاحظه ای با بقیه نداشتند. در مطالعه دیگری توسط این دو محقق آثار مخرب اسید سیتریک روی رنگ بار دیگر مشاهده گردید (۲۴). مقدار b^* و a^* قارچها در طی نگهداری در دمای یخچال بصورت جزئی افزایش پیدا کرد و تغییرات این دو پارامتر در دوره نگهداری ۱۰روزه معنی دار نبود. مقدار a^* و b^* قارچهای تیمار شده با اسید استیک به طور معنی داری بیشتر از اسیدهای دیگر بود. علت این نمی تواند مربوط به فعالیت آنزیمهای پلی فنل اکسیداز باشد زیرا اولاً افزایش a^* بلافاصله بعد از شستشو اتفاق افتاد، ثانیاً خود اسید استیک از طریق کاهش pH جلوی فعالیت این آنزیمها را می گیرد. مقدار a^* و b^* قارچهای تیمار شده با غلظتهای مختلف اسید تفاوت معنی داری باهم نداشتند به جز در سطح ۴ ٪ که a^* کاهش معنی داری داشت. ساپرز و همکاران (۲۱) گزارش کردند که ترکیب کردن سدیم اریتوربات، سیستئین و ادتا موثرترین ترکیب برای کاهش قهوه ای شدن قارچها می باشد. آنها همچنین مشاهده کردند محلول های حاوی اسیدهای اسکوربیک و سیتریک باعث ایجاد رنگ زرد کمرنگی در قارچها شدند.

ΔE پارامتر مهمی بوده و مقیاسی از بزرگی تغییرات رنگ می باشد. ΔE در دامنه ۰تا ۰/۵، ۰/۵ تا ۱/۵، ۱/۵ تا ۳، ۳ تا۶، ۶ تا ۱۲ و بزرگتر از ۱۲ به ترتیب نشانگر تغییرات رنگی خیلی کم، کم، محسوس، قابل توجه، زیاد و خیلی آشکار می باشد (۱۴). مقدار ΔE قارچهای پوشش دهی شده با CMC در روز دوم بصورت معنی داری بیشتر از بقیه تیمارها بود. قارچهای بدون پوشش در ۴ روز اول کمترین تغییرات رنگ را داشتند ولی ΔE در ادامه نگهداری افزایش یافت که علت آن احتمالاً مربوط به افزایش فعالیت آنزیمی بود. قارچهای پوشش داده شده با GA و EGA به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تغییرات رنگ بعد از ۱۰ روز نگهداری بودند. بیشترین تغییر رنگ در روز دوم نگهداری توسط اسید استیک ایجاد شد در حالیکه اسید اسکوربیک کمترین تغییر رنگ را موجب گردید. ΔE قارچهای تیمار شده با اسید مالیک و اسید استیک بعد از ۱۰ روز نگهداری به ترتیب کمترین و بیشترین بود. غلظت اسیدها هیچ تاثیر معنی داری روی ΔE و L^* قارچها در روزهای ۲، ۴ و ۷ نداشت.

جدول ۱: مقادیر $L^*a^*b^*$ و ΔE قارچهای تکمه ای پوشش دهی شده و فاقد پوشش در طول ۱۰ روز نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۷ [†].

Days of storage	2		4		7		10	
Treatment	L^* value	ΔE	L^* value	ΔE	L^* value	ΔE	L^* value	ΔE
GA[††]	76.0 ± 6.9 [a]	8.5 ± 7.1[bc]	73.2 ± 8.4[b]	11.0 ± 8.6[b]	74.2 ± 6.7[a]	10.4 ± 7.6[c]	72.8 ± 6.7[a]	11.4 ± 6.9[c]
EGA[††]	75.2 ± 8.3[a]	9.4 ± 8.2[c]	71.4 ± 13.2[c]	13.1 ± 13.0[a]	70.7 ± 10.8[b]	13.6 ± 11.1[a]	64.3 ± 10.4[c]	19.7 ± 10.6[a]
CMC[††]	73.4 ± 11.5[b]	10.8 ± 11.4[a]	74.5 ± 11.0[ab]	9.76 ± 10.9[bc]	71.7 ± 8.1[b]	12.3 ± 8.1[b]	68.0 ± 11.0[b]	16.0 ± 11.0[b]
Uncoated	76.3 ± 9.6[a]	8.1 ± 9.4[c]	75.8 ± 6.7[a]	8.4 ± 6.6[c]	70.9 ± 10.9[b]	13.1 ± 10.8[ab]	69.1 ± 9.8[b]	14.9 ± 9.8[b]
Acetic acid	61.1 ± 6.0[c]	23.3 ± 5.9[a]	58.6 ± 8.1[c]	25.6 ± 8.2[a]	57.7 ± 6.0[c]	27.0 ± 5.7[a]	54.4 ± 8.1[d]	34.4 ± 8.0[a]

Ascorbic acid	81.2 ± 1.2[a]	3.3 ± 1.4[c]	78.4 ± 2.6[b]	5.9 ± 2.6[b]	75.7 ± 3.1[b]	8.4 ± 3.2[b]	71.4 ± 3.6[c]	12.5 ± 3.6[b]
Citric acid	79.5 ± 3.7 [b]	4.9 ± 3.6[b]	80.5 ± 1.8[a]	3.7 ± 1.7[c]	76.4 ± 5.0[b]	7.58 ± 5.0[b]	73.3 ± 5.7[b]	10.6 ± 5.7[c]
Malic acid	79.1 ± 4.2 [b]	5.4 ± 4.0[b]	77.4 ± 5.2[b]	7.0 ± 5.0[b]	77.7 ± 2.7[a]	6.4 ± 2.6[c]	75.1 ± 3.7[a]	8.9 ± 3.6[d]
1%	75.4 ± 9.8[a]	8.9 ± 9.8[a]	72.9 ± 11.8[a]	11.3 ± 11.7[a]	71.8 ± 9.2[a]	12.4 ± 9.3 [a]	66.4 ± 11.8[c]	17.6 ± 11.8[a]
2%	75.2 ± 8.4[a]	9.2 ± 8.4[a]	74.1 ± 8.7[a]	10.1 ± 8.7[a]	72.3 ± 8.7[a]	11.9 ± 9.0[a]	70.4 ± 8.0[a]	13.6 ± 8.1[c]
4%	75.0 ± 9.5[a]	10.5 ± 9.3[a]	74.2 ± 9.9[a]	10.2 ± 9.8[a]	71.5 ± 10.2[a]	12.7 ± 10.4[a]	68.8 ± 9.5[b]	15.2 ± 9.7[b]

† نتایج میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار هستند.

†† GA: صمغ عربی، EGA: صمغ عربی امولسیفیه، CMC: کربوکسی متیل سلولز

جدول ۱ (ادامه): مقادیر $L^*a^*b^*$ و ΔE قارچهای تکمه ای پوشش دهی شده و فاقد پوشش در طول ۱۰ روز نگهداری در دمای ۷ °C[†].

Days of storage	2		4		7		10	
Treatment	a^*	b^*	a^*	b^*	a^*	b^*	a^*	b^*
GA	76.0 ± 6.9[a]	8.5 ± 7.1[bc]	73.2 ± 8.5[b]	11.0 ± 8.6[b]	74.2 ± 6.7[a]	10.5 ± 7.7[c]	72.8 ± 6.72[a]	11.4 ± 6.9[c]
EGA	75.2 ± 8.3[a]	9.4 ± 8.3[c]	71.4 ± 13.2[c]	13.2 ± 13.0[a]	70.7 ± 10.8[b]	13.6 ± 11.2[a]	64.3 ± 10.4[c]	19.7 ± 10.6[a]
CMC	73.4 ± 11.5[b]	10.9 ± 11.4[a]	74.5 ± 11.0[ab]	9.7 ± 10.9[bc]	71.7 ± 8.1[b]	12.3 ± 8.1[b]	68.0 ± 11.0[b]	16.0 ± 11.1[b]
Uncoated	76.3 ± 9.6[a]	8.1 ± 9.4[c]	75.8 ± 6.7[a]	8.4 ± 6.6[c]	70.9 ± 10.9[b]	13.1 ± 10.9[ab]	69.1 ± 9.8[b]	14.9 ± 9.8[b]
Acetic acid	61.1 ± 6.1[c]	23.6 ± 5.9[a]	58.6 ± 8.2[c]	25.7 ± 8.2[a]	57.7 ± 6.0[c]	27.1 ± 5.7[a]	54.4 ± 8.1[d]	34.4 ± 8.1[a]
Ascorbic acid	81.2 ± 1.2[a]	3.3 ± 1.5[c]	78.4 ± 2.6[b]	5.9 ± 2.6[b]	75.7 ± 3.1[b]	8.5 ± 3.2[b]	71.4 ± 3.7[c]	12.5 ± 3.7[b]
Citric acid	79.5 ± 3.7[b]	4.9 ± 3.7[b]	80.6 ± 1.8[a]	3.7 ±1.8[c]	76.4 ± 5.0[b]	7.6 ± 5.0[b]	73.3 ± 5.7[b]	10.6 ± 5.7[c]
Malic acid	79.1 ± 4.2[b]	5.4 ± 4.0[b]	77.4 ± 5.2[b]	7.0 ± 5.0[b]	77.7 ± 2.7[a]	6.4 ± 2.6[c]	75.1 ± 3.7[a]	8.9 ± 3.6[d]
1%	75.4 ± 9.8[a]	8.9 ± 9.8[a]	72.9 ± 11.9[a]	11.4 ± 11.8[a]	71.8 ± 9.2[a]	12.4 ± 9.3[a]	66.5 ± 11.8[c]	17.6 ± 11.8[a]

2%	75.2	±	9.2	±	74.1	±	10.1	±	72.3	±	11.9	±	70.4	±	13.7	±			
	8.4[a]		8.4[a]		8.7[a]		8.8[a]		8.7[a]		9.0[a]		8.1[a]		8.1[c]				
4%	75.1	±	10.5±		74.2	±	10.3	±	71.6	±	12.7	±	68.8	±	15.3	±			
	9.5[a]		9.3[a]		9.9[a]		9.8[a]		10.2[a]		10.4[a]		9.6[b]		9.7[b]				

† نتایج میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار هستند.

†† GA: صمغ عربی، EGA: صمغ عربی امولسیفیه، CMC: کربوکسی متیل سلولز

۴. نتیجه گیری

پوشش دهی قارچها راهکاری سودمند برای توسعه ماندگاری قارچها می باشد. قارچهای پوشش دهی شده افت رطوبت کمتر، سفتی بیشتر و ویژگیهای ظاهری و رنگ بهتری در مقایسه با قارچهای بدون پوشش داشتند. قارچهای پوشش دهی شده با EGA بهترین پوشش از نقطه نظر حفظ رطوبت و سفتی بودند. مالیک اسید در مقایسه با اسکوربیک و سیتریک اسید بازدارندگی بهتری در برابر قهوه ای شدن انزیمی داشتند. ولی اسید استیک باعث کاهش قابل ملاحظه ای L^* و افزایش معنی دار a^* و b^* گردید. غلظت اسید فاکتور موثری بر پارامترهای اندازه گیری شده نبود به همین خاطر و همچنین به لحاظ ملاحظات اقتصادی بهتر است تا از سطح غلظت ۱ درصد استفاده گردد.

۵. منابع و مراجع

[1] Ajloumi, S. O., et al., Stipe Trimming at Harvest Increases Shelf Life of Fresh Mushrooms (Agaricus bisporus), Journal of Food Science, 1992, 57, pp 1361-63.

[2] Ali, A., et al., Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (Solanum lycopersicum L.) fruit, Postharvest Biology and Technology, 2010, 58, pp 42-47.

[3] Baldwin, E. A., et al., Improving storage life of cut apple and potato with edible coating, Postharvest Biology and Technology, 1996, 9, pp 151-63.

[4] Brennan, M., et al., Post-harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide to Extend the Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 2000, 33, pp 285-89.

[5] Briones, G. L., et al., Storage of common mushroom under controlled atmospheres, International Journal of Food Science & Technology, 1992, 27, pp 493-505.

[6] Cliffe-Byrnes, V. and O'berrne, D., Effects of washing treatment on microbial and sensory quality of modified atmosphere (MA) packaged fresh sliced mushroom (Agaricus bisporus), Postharvest Biology and Technology, 2008, 48, pp 283-94.

[7] Fathi, M., et al., Application of Image Analysis and Artificial Neural Network to Predict Mass Transfer Kinetics and Color Changes of Osmotically Dehydrated Kiwifruit, Food and Bioprocess Technology, 2009, pp 1-10.

[8] González-Aguilar, G. A., et al., Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents, International Journal of Food Science & Technology, 2005, 40, pp 377-83.

[9] Guillaume, C., et al., Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (Agaricus bisporus L.), Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11, pp 690-96.

[10] Hershko, V. and Nussinovitch, A., Relationships between Hydrocolloid Coating and Mushroom Structure, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46, pp 2988-97.

[11] Hsu, A. F., et al., Inhibition of Mushroom Polyphenoloxidase by Ascorbic Acid Derivatives, Journal of Food Science, 1988, 53, pp 765-67.

[12] Hussain, P. R., et al., Carboxymethyl Cellulose Coating and Low-Dose Gamma Irradiation Improves Storage Quality and Shelf Life of Pear (Pyrus Communis L., Cv. Bartlett/William), Journal of Food Science, 2010, 75, pp M586-M96.
[13] Jayathunge, L. and Illeperuma, C., Extension of Postharvest Life of Oyster Mushroom by Modified Atmosphere Packaging Technique, Journal of Food Science, 2005, 70, pp E573-E78.
[14] Jeong, H. L., et al., Effects of Anti-Browning Agents on Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut 'Fuji' Apple, ASEAN Food Journal 2008, 15, pp 79-87.
[15] Kim, K. M., et al., Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms, LWT - Food Science and Technology, 2006, 39, pp 365-72.
[16] Kwak, E.-J. and Lim, S.-I., Inhibition of browning by antibrowning agents and phenolic acids or cinnamic acid in the glucose–lysine model, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85, pp 1337-42.
*[17] León, K., et al., Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images, Food Research International, 2006, 39, pp 1084-91.*
[18] Limbo, S. and Piergiovanni, L., Shelf life of minimally processed potatoes: Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning, Postharvest Biology and Technology, 2006, 39, pp 254-64.
[19] Nussinovitch, A. and Kampf, N., Shelf-Life Extension and Conserved Texture of Alginate-Coated Mushrooms (Agaricus bisporus), Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 1993, 26, pp 469-75.
[20] Reyes-Moreno, C., et al., A response surface methodology approach to optimise pretreatments to prevent enzymatic browning in potato (Solanum tuberosum L) cubes, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002, 82, pp 69-79.
[21] Sapers, G. M., et al., Enzymatic Browning Control in Minimally Processed Mushrooms, Journal of Food Science, 1994, 59, pp 1042-47.
[22] Sapers, G. M., et al., Shelf-Life Extension of Fresh Mushrooms (Agaricus bisporus) By Application of Hydrogen Peroxide and Browning Inhibitors, Journal of Food Science, 2001, 66, pp 362-66.
[23] Sayanjali, S., et al., Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic Aspergillus species in fresh pistachios, LWT - Food Science and Technology, 2011, 44, pp 1133-38.
[24] Simon, A. and Gonzalez-Fandos, E., Effect of washing with citric acid or sodium hypochlorite on the visual and microbiological quality of mushrooms (Agaricus bisporus L.), Journal of Food Quality, 2010, 33, pp 273-85.
[25] Simon, A. and González-Fandos, E., Effect of washing with citric acid and antioxidants on the colour and microbiological quality of whole mushrooms (Agaricus bisporus L.), International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44, pp 2500-04.
[26] Simon, A., et al., Effect of washing with citric acid and packaging in modified atmosphere on the sensory and microbiological quality of sliced mushrooms (Agaricus bisporus L.), Food Control, 2010, 21, pp 851-56.
[27] Wani, B. A., et al., Nutritional and medicinal importance of mushrooms, Journal of Medicinal Plants Research 2010, 4, pp 2598-604.
[28] Zahedi, Y., et al., Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids, Journal of Food Engineering, 2010, 100, pp 102-08.
[29] Zivanovic, S., et al., Textural Changes in Mushrooms (Agaricus bisporus) Associated with Tissue Ultrastructure and Composition, Journal of Food Science, 2000, 65, pp 1404-08.
[30] Zuo, L., et al., Effects of Ascorbic and Citric Acids on CIE Color Values of Fresh-cut Apple Cubes, Journal of Food Technology, 2008, 6, pp 20-24.