مقاله ترویجی

مروری بر روش‌های افزایش ماندگاری و استفاده از سیستم‌های نوین بسته بندی در قارچ دکمه‌ای

سجاد خادم [۱]، مهسا خلیلی [۲]، ایمان شهابی قهفرخی [۳*]، فرامرز دوبختی [۴]، هادی الماسی [۵]

تاریخ دریافت مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: آذرماه ۱۳۹۹

چکیده

قارچ دکمه‌ای با بالاترین مقدار تولید در جهان، میزان تولید و مصرفش همواره رشد تصاعدی داشته است. پلی‌فنل‌ها و فلاونوئیدهای موجود در آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. قارچ پس از برداشت، محصولی بسیار آسیب‌پذیر و با ماندگاری کوتاه است. نرخ بالای تنفس، از دست‌دادن آب، وجود تنها یک لایه اپیدرم روی کلاهک قارچ و مقادیر زیاد آنزیم تیروزیناز از دلایل این موضوع هستند. بنابراین توزیع و بازاریابی این محصول با موانعی روبروست که به تبع آن نتوان از پتاتسیل تجاری بالای آن بهره برد. از این رو فروش این محصول در مدّت زمان محدودی امکان‌پذیر است. امروزه با پیشرفت علم و فنّاوری در زمینه بسته‌بندی، برای حل این مشکل از آب الکترولیز شده، التراسوند، اشعه‌تابی، بسته بندی‌های با اتمسفر اصلاح شده و مایکروویو به منظور افزایش ماندگاری قارچ خوراکی استفاده می‌شود. به‌کارگیری موارد ذکرشده موجب افزایش کیفیت شده و قارچ خوراکی به چشم یک محصول تجاری در زمینه صادرات مورد توجّه قرار می‌گیرد. در این مقاله به بررسی روش‌های فیزیکی و شیمیایی، تیمارهای شستشو و انواع بسته‌بندی‌ها به منظور افزایش ماندگاری قارچ خوراکی، پرداخته شده است. همچنین به نقد و بررسی هر یک از روش‌ها و ارائه دیدگاه‌های جدید پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

زمان ماندگاری، قارچ دکمه‌ای[۶]، واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی، بسته‌بندی مواد غذایی، پوشش‌دهی

۱- مقدمه

قارچ دکمه‌ای طبق آمار، دارای بالاترین مقدار تولید قارچ در جهان می‌باشد. این میزان با توجّه به آمار و ارقام تا ۳۰ درصد از تولیدات جهانی قارچ را دربرمی‌گیرد. تولید متوسط قارچ دکمه‌ای، سالیانه ۱۲ میلیون تن تخمین زده شده و نرخ تعدیل سالیانه آن ۸ درصد است [۲].

طبق آمارهای سال ۹۵ از مرکز آمار ایران، میزان تولید این محصول در کل کشور به صورت بسته‌ای حدود ۱۵ میلیون کیلوگرم و به صورت فلّه‌ای ۴۷ میلیون کیلوگرم می‌باشد. ضایعات پس از تولید قارچ دکمه‌ای در کل کشور نیز طبق همین آمار حدود هفتصد هزار کیلوگرم است، که این میزان در استان‌های خراسان رضوی، مرکزی، مازندران و البرز بیشتر از سایر استان‌ها می‌باشد. با احتساب قیمت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی(sajad.khadem@znu.ac.ir).

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی(khalili_m74@yahoo.com).

۳- استادیار، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

(× نویسنده مسئول:i.shahabi@znu.ac.ir)

٤- دانشیار، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، دانشکده داروسازی، گروه داروسازی(fdobakhti@zums.ac.ir).

۵- دانشیار، ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی(h.almasi@urmia.ac.ir).

6- *Agaricus Bisporus*

هر کیلوگرم قارچ صدهزار ریال و این میزان ضایعات، خسارت وارد بر این بخش از نظر اقتصادی، بالغ بر ۷۳ میلیارد ریال برآورد می‌شود.

طی سالیان گذشته تولید قارچ دکمه‌ای در ایران به شدّت افزایش یافته و این امر سبب شده تا بتوان، آن را به چشم یک محصول با پتانسیل تجاری بالا از نظر صادرات مورد توجه قرار داد. پیشرفت دانش کشت و برداشت محصولات سبب شده تا این محصول امروزه در بیشتر زمان‌های سال و به مقادیر بالا تولید شود. این امر لزوم توجّه بیشتر به عملیات پس از برداشت قارچ دکمه‌ای را برای ما روشن می‌سازد [۲-۴]. این محصول به دلیل ساختار حفاظت نشده، پس از برداشت به طور مداوم کیفیت خود را از دست می‌دهد. به این ترتیب با از دست دادن رنگ و رطوبت که در نهایت با قهوه‌ای شدن و تغییر طعم همراه است، فاسد شده و کیفیت خود را به شدّت از دست می‌دهد [۵]. وجود تنها یک لایه نازک روی کلاهک قارچ دکمه‌ای سبب شده است تا آن‌ها نسبت به عوامل مخرب، به‌شدّت آسیب‌پذیر باشند. همچنین قارچ‌های دکمه‌ای هیچ کوتیکولی ندارند تا به عنوان سد فیزیکی در برابر آسیب‌های مکانیکی، از دست دادن آب یا حمله میکروبی عمل کند. قارچ تازه دارای رطوبت بالایی در حدود ۹۵٪-۸۵٪ است. در دوره پس از برداشت، میزان رطوبت قارچ به تدریج کاهش می‌یابد و در نتیجه کاهش وزن مداوم ایجاد می‌شود. از طرفی تنفس بالا و رطوبت زیاد به پیری سریع قارچ‌های دکمه‌ای کمک می‌کند و باعث حمله میکروبی و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود. بنابراین بافت قارچ‌ها مستعد وقوع انواع فساد فیزیکی و میکروبی خواهند بود. کلاهک قارچ دکمه‌ای تازه به طور کامل بسته است؛ در حالی که با گذر زمان این کلاهک باز شده و به تدریج با توجّه به میزان باز شدن کلاهک، افت کیفیت ایجاد می‌شود. این افت کیفیت به صورت خارج شدن اسپورها از زیر کلاهک اتّفاق می‌افتد و در نهایت به صورت چروکیدگی‌هایی در سطح کلاهک قارچ مشاهده خواهد شد. مدّت زمان نگهداری قارچ تنها ۱ الی ۳ روز در دمای محیط و ۷ الی ۸ روز در دمای یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) با کیفیت قابل قبول است [۵-۸]. عوامل مختلفی در تعیین کیفیت قارچ‌ها مؤثر می‌باشند که به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند؛ عوامل داخلی شامل: فعالیت آبی، نرخ تنفس و فعالیت میکروبی. عوامل بیرونی شامل: دمای نگهداری، رطوبت نسبی و آسیب‌های مکانیکی که مربوط به شرایط ذخیره‌سازی می‌باشند. تاکنون روش‌های زیادی به منظور حفظ کیفیت پس از برداشت و جلوگیری از فساد قارچ استفاده شده است؛ مثل روش‌های دمایی که اصلی‌ترین مکانیسم آن کنترل و نگهداری دما در سطوح مطلوب است [۷، ۹] و یا روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده که با کنترل گازها و به عبارتی کنترل تنفس انجام می‌گیرد. روش‌های فیزیکی و شیمیایی نیز شامل اشعه‌تابی [۱۰]، میدان الکتریکی جهت‌دار[۱۱]، تیمار با مواد شیمیایی ضدمیکروبی[۱۰، ۱۲]، پوشش دهی[۱۳]، اُزن[1][۵] و آب الکترولیز شده [۱۴] است. تمامی این موارد با به تأخیر انداختن یا کنترل واکنش‌های مؤثر در فساد قارچ، موجب افزایش ماندگاری و حتّی کاهش جمعیت میکروبی قارچ‌ها می‌شوند [۵]. در این مطالعه قصد داریم برخی ویژگی‌های قارچ دکمه‌ای و شیوه‌های نوین مؤثر در افزایش ماندگاری با حفظ کیفیت و ارزش غذایی آن را بررسی کنیم.

۲- خصوصیات تغذیه‌ای قارچ دکمه‌ای

قارچ خوراکی منبع غنی از پروتئین، کربوهیدرات، و ویتامین‌ها می‌باشد و فاقد کلسترول است. قارچ دکمه‌ای از نظر پلی‌ساکاریدها، فیبر، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی،

1- Ozone

ویتامین‌ها (C، B_{12} وD)، فولات، ارگوتیونین[1] و پلی‌فنول بسیار است [۲، ۱۵]. همچنین یک منبع عالی برای پروتئین و خصوصاً اسید آمینه لیزین[2] است؛ از این رو، برای پیشگیری و درمان برخی از بیماری‌ها هم‌چون سرطان و بیماری‌های قلبی نیز مفید شناخته شده است. خصوصیات غذا دارویی قارچ‌ها سبب شده تا امروزه، توجّه بیشتری به تولید، نحوهٔ بسته‌بندی، ذخیره‌سازی و چگونگی نگهداری آن‌ها تا زمان رسیدن به دست مصرف‌کننده شود. افزایش روزافزون واحدهای پرورش قارچ در ایران نیز موجب تشدید این موضوع و در نهایت جایگاه خاص آن بین سایر محصولات شده است [۱۵-۱۷]. توجّه و حفاظت بهینه روی زنجیره سرد نگهداری مواد غذایی، یک دیدگاه تعیین‌کننده در امنیت و کیفیت مواد غذایی، خصوصاً موادغذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا است [۱۵]. بازه دمایی ۲ الی ۸ درجه سلسیوس سرعت تغییرات فیزیکی و شیمیایی را در مواد غذایی کاهش می‌دهد و از بسیاری از واکنش‌های ایجادکننده فساد جلوگیری می‌کند [۵، ۱۸].

۳- افت رنگ قارچ دکمه‌ای و واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی

رنگ کلاهک یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در قسمت ارزیابی و بررسی کیفیت قارچ دکمه‌ای است [۵، ۱۹]. از اصلی‌ترین دلایل از دست دادن رنگ سفید در قارچ، واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در این محصولات است [۲۰]. عموماً قهوه‌ای شدن رنگ یکی از دلایل اصلی عدم مقبولیت قارچ دکمه‌ای توسط مصرف‌کننده و بازاریابی می‌باشد[۲۱]. فرآیند قهوه‌ای شدن آنزیمی یک واکنش شیمیایی بین اکسیژن اتمسفر و ترکیبات پلی‌فنول[3] و مونو فنول[4] است؛ محصول این واکنش ملانین[5] است. آنزیم اصلی دخیل در واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی تیروزیناز[6] است که به خانواده پلی-فنول‌اکسیداز[7] تعلّق دارد. این آنزیم در ساختار خود دارای دو اتم مس می‌باشد. واکنش‌های پس از برداشت در قارچ دکمه‌ای موجب تولید ترکیبات حد واسط واکنش‌پذیر خواهد شد و این مواد، کاتالیزگر واکنش‌هایی نظیر واکنش‌های اکسیداتیو هستند [۲۰].

مکانسیم اصلی این تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن شامل اکسیداسیون ترکیبات فنولی به کوییون[8]، به‌وسیله فعالیت آنزیم‌ها است؛ که در نهایت به‌وسیله پلیمریزاسیون[9]، موجب ایجاد ظاهر قهوه‌ای رنگ، خواهد شد. در مقادیر کمتر، این تغییر رنگ، ناشی از فساد میکروبی می‌باشد [۲۲]. واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی طی دو مرحله اتّفاق می‌افتد، که شامل هیدروکسیله‌شدن مونو فنول به اورتو-دی فنول[10] و اکسیداسیون ترکیبات اورتو-دی‌فنول به کوییون[11] است؛ که واکنش اول برگشت‌پذیر و واکنش دوم غیرقابل برگشت می‌باشد و موجب تغییرات نامطلوب پایدار در قارچ‌ها خواهد شد[۲۰]. یکی از روش‌های رایج به منظور کنترل واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی، استفاده از تیمارهای شستشو با محلول‌های آبی اسید سیتریک و سیترات می‌باشد [۲۳-۲۶]. از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در قهوه‌ای‌شدن آنزیمی میوه‌ها و سبزی‌ها غلظت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز فعال، ترکیبات فنولی، pH ، دما و میزان اکسیژن محیط اطراف آن‌ها می‌باشد [۱۳، ۲۷].

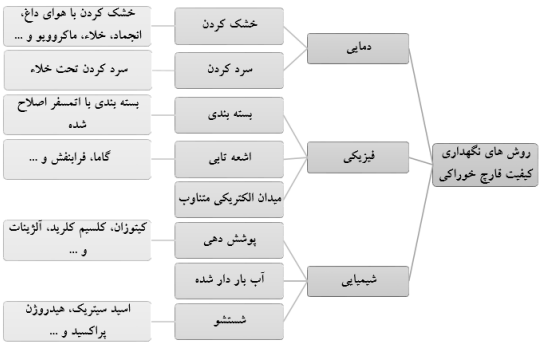
1- Ergothioneine
2- Amino acid Lysine
3- Polyphenol
4- Mono Phenol

5- Melanin
6- EC 1.14.18.1
7- Polyphenol Oxidase
8- Quinone
9- Polymerization
10- Ortho Diphenol
11- Quinone

طبق قوانین اتحادیه اروپا مواد حفاظت‌کننده از فساد قارچ‌ها می‌تواند شامل اسید سیتریک و اسید آسکوربیک باشد؛ که این مواد موجب کاهش pH و جلوگیری از اثر مواد دخیل در واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی خواهند شد. از دیگر روش‌های جلوگیری از واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در قارچ‌ها می‌توان به استفاده از دماهای پایین، تنظیم‌کننده‌های رطوبت[1]، بسته‌بندی‌های با اتمسفر اصلاح شده[2]، شستشو با مواد شیمیایی و استفاده از بازدارنده‌های آنزیمی[3] اشاره کرد [۲۰]. طبق آنچه گفته شد، تأخیر و یا کاهش در میزان تغییر رنگ قارچ‌ها موجب افزایش ماندگاری و به دنبال آن حفظ کیفیت می‌شود. قهوه‌ای شدن آنزیمی همچنین موجب بر هم خوردن یکنواختی غشاء در اثر تخریب بافتی و رسیدن بیش از حد، می‌شود [۲۷]. پراکسیداسیون غشای لیپیدی به‌وسیله آنزیم‌های لیپوکسی ژناز[4] و تولید مالون آلدهید از دلایل اصلی این موضوع است [۲۸]. پر اکسیداسیون لیپیدی موجب تغییر در خصوصیات غشاء و پدیده‌هایی مانند نشت الکترولیت[5] خواهد شد [۲۷، ۲۹]. گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر[6] مانند آنیون سوپراکسید و هیدروژن پراکسید دارای نقش خاصی در اکسیداسیون غشایی هستند [۱۵]. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، یک سیستم دفاعی طبیعی هستند که نقش آن‌ها حفاظت گیاه از اثرات سمّی اکسیژن واکنش‌پذیر است. ثابت شده است، که آنزیم سوپراکسید دسموتاز[7] دارای نقش کاتالیزوری روی مجموعه واکنش‌های جلوگیری‌کننده از تبدیل رادیکال‌های آزاد سوپراکسید به هیدروژن پراکسید، می‌باشد. محصولات جانبی این واکنش نیز در اثر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز[8] و آسکوربات پراکسیداز[9] از بین می‌رود [۱۷].

٤- روش‌های افزایش زمان ماندگاری قارچ دکمه‌ای

طبی تقسیم بندی ارائه شده در(نمودار ۱) کلیه روش‌هایی که تاکنون به منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای استفاده شده، آمده است. اگرچه با توجّه به نتایج، برخی از آن‌ها فاقد تأثیر مطلوب در افزایش ماندگاری بوده‌اند و یا اینکه حتّی موجب افت برخی از خصوصیات مؤثر در کیفیت می‌شوند.



نمودار ۱- تقسیم‌بندی روش‌های افزایش زمان ماندگاری قارچ دکمه‌ای براساس مکانیسم و خصوصیات آن‌ها

بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده در (نمودار ۱) روش‌های افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای به سه دسته کلی روش‌های دمایی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی شده است. این روش‌ها در ادامه، به تفکیک شرح داده شده است.

٤-١- فرآیندهای فیزیکی استفاده شده به‌منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص افزایش قابلیت نگهداری قارچ دکمه‌ای، صورت گرفته است. این روش‌ها را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد که به صورت مشروح در ادامه آمده است:

1- Humectant
2- Modified Atmosphere Packaging
3- Enzyme Enhabitor
4- Lipoxygenase
5- Electrolyzed Leakage
6- Reactive Oxygen Spicies
7- Super Oxide Desmotase
8- Catalase
9- Ascorbate Poroxidase

٤-١-١- استفاده از پرتوهای یونیزه‌کننده

همان‌طور که در(جدول ۱) نشان داده شده است، استفاده از پرتوهای یونیزه‌کننده در سطوح مطلوب می‌تواند، موجب افزایش ماندگاری قارچ خوراکی شود. برخی تیمارها علاوه بر اثرات مثبت دارای اثرات منفی روی کیفیت قارچ هستند. در بررسی انجام شده توسط لارئو و همکاران (۲۰۰۷) تیمار به وسیله اشعه گاما، به صورت معناداری موجب افزایش آمونیالیاز، فنیل‌آلانین و محتوای فنلی کل می‌شود. برخلاف آن، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در روزهای ۷ ، ۹ و ۱۲ برای نمونه‌های تیمار شده در تمامی دزها، نرخ افزایشی داشت. اندازه‌گیری کمیت رنگ نشان داد؛ که در تیمارها کاهش میزان سفیدی قارچ‌ها (L*) در زمان نگهداری رخ می‌دهد. اعمال اشعه UV-C موجب کاهش جمعیت میکروبی باکتری‌های *اشرشیااکلی*[1] می‌شود؛ این در حالی است که واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی افزایش خواهد یافت [۱۱].

جدول۱- تاریخچه استفاده از پرتوهای یونیزه‌کننده به منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

نوع پرتو	دز مصرفی و سایر اطّلاعات	اثر ماندگاری	منبع
گاما	kG ۲/۵ ، ۱/۵، ۰/۵ **جنس بسته‌بندی**: پلی‌پروپیلن با دانسیته پایین	کاهش نرخ تنفسی کاهش میزان سفیدی و روشنایی قارچ‌ها حفظ آنزیم‌های قارچ	[۲۹]
فرابنفش C	kJ/m^{-2} ۳/۱۵ -۰/۴۵ **جنس بسته‌بندی**: بسته‌های پلاستیکی نفوذپذیر	کاهش جمعیت میکروبی باکتری اشرشیاکلی کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و افت شدید کیفیت رنگ محتوای فنلی کل	[۹]

٤-١-٢- بسته‌بندی و استفاده از اتمسفر اصلاح شده[2] به منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

بسته‌بندی نقش مهمی در کنترل سرعت رشد قارچ‌ها دارد. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) ابزاری قدرتمند برای کنترل رشد میکروبی و خصوصیات فیزیولوژیکی قارچ‌ها است [۳۱]. اتمسفرهای اصلاح شده با تغییر ترکیب هوای معمولی و برقراری جو مناسب در اطراف محصول به منظور کاهش سرعت خراب شدن و افزایش ماندگاری، ایجاد می‌شوند [۳۲].

MAP به عنوان یک روش بسته‌بندی مؤثر، ساده و اقتصادی برای حفظ قارچ تازه در نظر گرفته شده است. عواملی مانند خواص مواد بسته‌بندی، ترکیب گاز محیط، مساحت سطح نمونه و دما می‌توانند بر ذخیره‌سازی MAP تأثیرگذار باشند(جدول ۲)[۳۳].

1- Escherichia coli O157:H7
2- Modified Atmosphere Packaging

جدول ۲- تاریخچه استفاده از روش اتمسفر اصلاح شده به منظور افزایش ماندگاری

نوع بسته‌بندی	شاخص‌های فرآیند	نتایج	منبع
اکسیدنیتریک و اتمسفر اصلاح شده	جنس بسته‌بندی: پلی پروپیلن شرایط دمایی: ۴ °C اتمسفر اصلاح شده: ۲۰٪ دی اکسید کربن بازه زمانی: ۱۶روز	به مدّت ۱۰ دقیقه قارچ‌ها در محلول‌های مختلف اکسیدنیتریک غوطه‌ور شدند. این تیمار اثرات مطلوبی روی کیفیت قارچ‌ها داشت. بعد از آن نمونه‌ها تحت اثر MAP به تنهایی و همراه با اکسیدنیتریک بسته‌بندی شدند. قارچ‌ها به مدت ۱۲ روز با کیفیت قابل قبول نگهداری شد. به صورتی که استحکام بافت، تأخیر در باز شدن کلاهک و تغییر رنگ در طول مدّت زمان نگهداری قارچ‌های تیمار شده بهتر بود.	[۲۱]
ترکیب سدیم اریتروبات و اسید سیتریک با اتمسفر اصلاح شده PAP[1]	جنس پوشش: پلی‌پروپیلن شرایط دمایی: ۲ °C ، ۵ °C و ۱۷ °C اتمسفر اصلاح شده: در این پژوهش از PAP استفاده شد(۱۰۰٪ اکسیژن) بازه زمانی: ۲۸ روز	مقادیر ۳٪ وزنی حجمی از سدیم اریتروبات و ۱٪ اسید سیتریک بهترین نتایج را در ترکیب با اتمسفر اصلاح شده و دمای ۲ °C نشان داد.	[۳۸]
استفاده از پوشش خوراکی، فیلم بسته‌بندی نانوکامپوزیت و اتمسفر اصلاح شده	جنس کامپوزیت بسته‌بندی: پلی‌اتیلن تری فتالات پوشش‌دهی(به‌وسیله کیتوزان و آب مقطر) و پلی‌اتیلن با دانسیته پایین شرایط دمایی: ٤ °C و ۲۵ °C اتمسفر اصلاح شده:۱۰٪ اکسیژن، ۱۰٪ دی اکسید کربن و ۸۰٪ نیتروژن بازه زمانی: ۱۰ روز	کمترین میزان اکسیژن و بیشترین میزان دی اکسید کربن در پایان زمان ذخیره‌سازی در بسته‌های نانو + MAP (پوشش‌دار و بدون پوشش) به ترتیب ۲/۲۶ ٪ و ۲۳/۴۶ ٪ بود. استفاده از نانوفیلم و نانو + MAP اثرات مثبتی در حفظ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ سفید در حین ذخیره ایجاد کرد و ماندگاری قارچ را تا ۱۵ روز افزایش داد	[۳۹]
بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده	جنس پوشش: پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ترفتالات و فیلم ضد بخار با ضخامت۴۴ و ۳۳ میکرومتر شرایط دمایی: ۲ °C اتمسفر اصلاح شده: ٪۵ اکسیژن، ۱۰٪ دی اکسید کربن، ۸۵٪ نیتروژن ٪۱۰ اکسیژن، ۵٪ دی اکسید کربن، ۸۵٪ نیتروژن ٪۰ اکسیژن، ۲۰٪ دی اکسید کربن، ۸۰٪ نیتروژن ۲۰٪ اکسیژن، ۰٪ دی اکسید کربن، ۸۰٪ نیتروژن بازه زمانی: ۱۴ روز	ترکیب‌های گازی دوم و چهارم با ضخامت فیلم ۴۴ میکرومتر تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن کمتری دارند و همچنین ترکیب چهارم از نظر استحکام، رنگ و ماندگاری بهترین ترکیب بوده است	[۴۰]
بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده	جنس پوشش: پلی اتیلن شرایط دمایی: ۴ °C اتمسفر اصلاح شده:دی اکسید کربن ۱۰۰٪–۹۵٪ رطوبت نسبی: ۸۵٪ پس از ۰، ۱۲، ۲۴و ۴۸ ساعت در هر گوشه بسته ۴ سوراخ (با شعاع ۰/۳ سانتی متر) ایجاد شد	تیمار ۲۴ و ۴۸ ساعت ۴ روز و تیمار ۱۲ ساعت ۸ روز ماندگاری بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، مقدار مالون آلدهید بطور قابل توجهی مهار شده و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت	[۴۱]
استفاده از پوشش آلژینات سدیم و اتمسفر اصلاح شده	شرایط دمایی: ۴ °C اتمسفر اصلاح شده: ۱۰۰٪ اکسیژن پوشش آلژینات با غلظت‌های (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳) رطوبت نسبی: ۹۰٪ داخل جارهای شیشه‌ای متصل به جریان مداوم ۱۰۰ میلی‌لیتر اکسیژن در دقیقه قرار داده شدند	پوشش آلژینات (۲٪) + ۱۰۰٪ O_2 و ذخیره‌سازی در هوای سرد باعث بهبود کیفیت و حفظ استحکام شد، همچنین فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز و پراکسیداز را در کل ذخیره سازی مهار کرد و باعث افزایش ماندگاری تا ۱۶ روز پس از برداشت شد	[۳۳]

1- Passive Atmosphere Packaging(PAP)

جدول ۳- تاریخچه استفاده از روش‌های بسته‌بندی به صورت تنها و ترکیبی، به منظور افزایش ماندگاری قارچ خوراکی

مواد تشکیل‌دهنده فیل بسته‌بندی	شاخص‌های فرآیند	نتایج	منبع
فیلم پلی اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) و اعمال پیش‌تیمار کلسیم کلرید	ضخامت فیلم ۹۵ µm ایجاد نقاط نفوذپذیر با ابعاد مختلف روی بسته-بندی به منظور شبیه‌سازی MAP تعداد نقاط نفوذپذیر ایجاد شده در فیلم ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ (در ابعاد ۱۱۰×۱۷۵ mm) و یک بسته بندی با نقاط نفوذپذیر بزرگ به عنوان نمونه شاهد و عبور کامل جریان هوا دمای نگهداری: ۱۲ °C پیش تیمار: استفاده از کلسیم‌کلرید ۰/۵٪ روی قارچ‌ها به منظور بررسی اثر	بالا رفتن عمر ماندگاری در بسته‌بندی‌های دارای ۴۰ نقطه نفوذپذیر و پیش تیمار شده با کلسیم‌کلرید استحکام بافت، محتوای کل فنولی و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی قارچ‌ها بهتر حفظ می‌شود.	
فیلم‌های مخلوط پلی‌لاکتیک اسید و پلی‌کاپرولاکتون همراه با پیش تیمار غلظت‌های مختلف سینمالدهید[1]	پیش تیمار به وسیله غلظت‌های مختلف سینمالدهید دمای نگهداری: ٤°C	درصد افت وزن کمتر در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد ۳/۰۸ ٪ کنترل نرخ تنفس (دی‌اکسیدکربن) به‌وسیله اعمال پیش تیمار و بسته‌بندی، نسبت به شاهد درصد اکسیژن داخل بسته‌بندی‌ها تفاوت معنادار نداشت انباشته شدن درصد بالای دی‌اکسیدکربن در اتمسفر داخل بسته‌بندی و تفاوت معنادار نسبت به نمونه شاهد کاهش مقدار شاخص قهوه‌ای شدن آنزیمی افزایش محتوای فنولی افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی	[٤]
پلی‌اتیلن با دانسیته پایین	ضخامت فیلم‌ها: ۰/۰۴mm دمای نگهداری: ۴°C رطوبت نسبی: ٨٤٪		
بسته‌بندی پلی پروپیلن جهت دهی شده[2]	پیش تیمار با ۱ میلی‌مول از محلول DETANO[3] مؤثرترین اثر را داشت افزایش استحکام بافت تأخیر در روند واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و به تبع آن شاخص قهوه‌ای شدن تاخیر در بازشدن کلاهک افزایش ماندگاری تا ۱۲ روز	
	پیش تیمار با محلول‌های نیترات با غلظت مختلف دمای نگهداری: ٤°C		

1- Cinnamaldehyde 2- Bioriented polypropylene 3- Diethylenetriamine-nitric oxide

این بسته‌بندی با هدف کاهش اکسیژن و افزایش غلظت دی اکسید کربن در داخل بسته برای افزایش ماندگاری، از طریق کاهش سرعت تنفس و فعالیت متابولیکی محصول و همچنین به تأخیر انداختن فعالیت آنزیمی به‌کار برده می‌شود [۷، ۳۳]. محدوده بهینه گازها در بسته‌بندی قارچ برای اکسیژن ۳٪-۲۱٪ و برای دی اکسید کربن ۵٪-۱۵٪ توصیه شده است [۳۵]. استفاده از اتمسفرهای تغییر یافته غنی از CO_2 در زمان ذخیره‌سازی یا بسته‌بندی بسیاری از محصولات تازه می‌تواند میزان تنفس، متابولیسم انرژی، واکنش اتیلن و تغییرات فیزیولوژیکی را اصلاح کنند [۳۶-۳۸]. با این حال، تجمع بیش از حد CO_2 می‌تواند سبب آسیب به غشای سلولی و ایجاد صدمات فیزیولوژیکی در محصول مانند قهوه‌ای شدن آنزیمی و از بین رفتن استحکام شود [۳۷]. همچنین هنگامی که غلظت O_2 در بسته کمتر از ۲٪ باشد، می‌تواند رشد برخی میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی *کلاستریدیم بوتولینوم*[1] و

1- *Clostridium Botulinum*

استافیلوکوکوس اورئوس[1] را افزایش دهد [۵]. تاکنون تحقیقات زیادی پیرامون اتمسفر اصلاح شده و اثر آن روی کیفیت قارچ دکمه‌ای صورت گرفته است، که بسیاری از آن-ها در ترکیب با سایر روش‌ها می‌باشد. تمامی این روش‌ها همراه با اثر آن روی کیفیت قارچ دکمه‌ای در (جدول ۳) آمده است.

٤-۲- ترکیبات شیمیایی استفاده شده به‌منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

٤-۲-۱- تیمارهای شست‌وشو با مواد شیمیایی

پیش‌تیمار شیمیایی قارچ‌های دکمه‌ای با استفاده از اسیدسیتریک، اتیلن دی‌آمین ترا استیک‌اسید[2] (EDTA)، پراکسید هیدروژن یا سدیم هیپو کلریت[3] توسط محققین مختلف مطرح شده است. در سال‌های اخیر از اسید سیتریک و H_2O_2 برای شستشوی قارچ قبل از تیمار با اشعهٔ ماوراء بنفش استفاده شده است و نقش مؤثری در کاهش رشد میکروارگانیسم‌هایی از قبیل *اشرشیاکلی* داشته است [۵].

جدول ٤) برخی از تحقیقاتی را که تاکنون در این بخش انجام شده است، نشان می‌دهد. نتایج تحقیقات در این بخش، حاکی از آن بود که به جز EDTA سایر مواد شیمیایی در غلظت‌های بالاتر دارای اثر بهتری روی ماندگاری قارچ خوراکی می‌باشند. بین تیمارهای اعمال شده غلظت ۲/۵ درصد اسید سیتریک مؤثرترین اثر را در کنترل از دست دادن وزن، بلوغ و رشد میکروبی در دوره زمانی ۱۲ روز دارا می‌باشد [۵].

٤-۲-۲- تیمارهای پوشش روی قارچ دکمه‌ای

خلاصه‌ای از برخی روش‌های افزایش ماندگاری با استفاده از روش پوشش‌دهی در(جدول ۵) آمده است. برخی از این پوشش‌ها دارای ترکیبات با نقش عملکردی به منظور افزایش ماندگاری هستند. از نمونه‌های آن می‌توان به اثر اسیدسیتریک، کلسیم‌کلرید، اسانس‌ها و سایر ترکیبات در ایجاد خواص آنتی‌اکسیدانی در قارچ خوراکی

جدول ٤- تاریخچه استفاده از تیمارهای شستشو با استفاده از ترکیبات شیمیایی و بررسی اثر آن روی کیفیت قارچ خوراکی

نام ماده شیمیایی	غلظت	اثر روی ماندگاری	منبع
اسید سیتریک	۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ ٪	بهترین اثر در غلظت بالا، کنترل از دست دادن وزن، کاهش جمعیت میکروبی و کنترل باز شدن کلاهک در قارچ، کاهش معنادار در واکنش قهوه ای شدن آنزیمی نسبت به شاهد	[۴۳]
هیدروژن پراکسید	۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ ٪	کنترل از دست دادن وزن، کاهش جمعیت میکروبی و کنترل باز شدن کلاهک در قارچ، بهترین اثر در غظت ۲/۵ درصد	[۵]
EDTA[1]	۲، ۴ و ۶ ٪	کنترل از دست دادن وزن، و کنترل بلوغ در قارچ‌ها، کاهش جمعیت میکروبی اثر بهتر در غلظت‌های پایین	[۵]
اسید سیتریک سدیم آسکوربات	۱٪اسیدسیتریک ۱/۵ ٪سدیم آسکوربات	کاهش جمعیت میکروبی سودوموناس، اثر منفی روی رنگ در صورت عدم استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، بهترین غلظت حفظ رنگ سفید و کیفیت قارچ، در مقادیر ۱٪ اسیدسیتریک و ۱/۵٪ سدیم آسکوربات	[۵]
متوکسی‌سینامیک-اسید[1]	۰، ۵، ۱۵، ۵۰، ۱۰۰ میکرومول	کنترل نرخ افزایشی تنفس به صورت معنادار در نمونه‌های پوشش‌داده شده محدودسازی فعالیت آنزیم‌های موثر در تغییرات رنگی مقادیر افت وزن کمتر در نمونه‌های پوشش‌دهی شده	

1- Staphylococcus Aureus
2- Etraacetic Acid
3- Sodium Hypochlorite

اشاره کرد. این شیوه روی کاهش جمعیت میکروبی نیز مؤثر است؛ که به تبع آن بسیاری از فسادهای مرتبط با میکروارگانیسم‌های آلوده‌کننده کلاهک به تأخیر افتاده و از آن‌ها جلوگیری خواهد شد.

قارچ‌های تیمار شده دارند. استفاده از ژل آلوئه‌ورا همراه عصاره گزنه و دارا بودن ترکیبات دارای نقش عملکردی در این پوشش افت وزن، تغییرات رنگ و استحکام بافت را به‌صورت مطلوب کنترل کرده است. استفاده از

جدول ۵- تاریخچه استفاده از روش پوشش‌دهی روی قارچ دکمه‌ای به منظور بررسی اثر و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

نوع پوشش	ماده مؤثر	شاخص‌های فرآیند	نتایج	منبع
ژل آلوئه‌ورا عصاره گزنه	کلرید کلسیم اسید سیتریک	سه پوشش شامل: ژل آلوئه‌ورا، عصاره گزنه و ترکیب هر دو اعمال کلرید کلسیم و اسید سیتریک به منظور ایجاد اثرات ضدقهوه‌ای‌شدن دمای نگهداری: ۵ °C ، ۱۰ و ۱۵ رطوبت نسبی: ۸۵ ٪	✓ درصد افت وزن کنترل شد ✓ کنترل تغییرات رنگ و حفظ رنگ سفید ✓ حفظ استکام بافتی و به تبع آن حفظ کیفیت	[۵، ۷]
نشاسته	اسیدسیتریک، اسیدآسکوربیک، کلسیم کلرید	استفاده از غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲ درصد ارزیابی به مدّت ۲۱ روز دمای نگهداری: ۴°C	اثر معنادار روی سفتی بافت قارچ جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی‌و حفظ کیفیت رنگی حفظ محتوای رطوبتی و در نتیجه کنترل از دست‌دادن وزن	[۵]
کیتوزان پودرآب پنیر	–	کیتوزان در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد پودر آب پنیر در غلظت های ۱، ۲ ، ۳ درصد	کنترل واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و حفظ رنگ سفید در نمونه‌های پوشش-دهی شده محدودسازی فعالیت میکروارگانیسم‌ها تأخیر در تغییرات رنگ و حفظ رنگ سفید	[۱]
کیتوزان	–	کیتوزان در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بسته‌بندی در ظرف‌های پلی‌اتیلن دمای نگهداری: ۴°C	کنترل فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پلی-فنول‌اکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز مؤثرترین مربوط به بالاترین غلظت کاربرد کیتوزان می‌باشد.	[۴۶]

این اثر همانطور که در (جدول ۵) آمده است در برخی از این پوشش‌ها مشاهد شده است. یکی از تیمارهای استفاده شده پوشش‌دهی نشاسته همراه با اسیدسیتریک و کلسیم کلرید است که به نوعی بهترین اثرات را روی حفظ کیفیت

پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر مانند نشاسته، پلی‌اسید لاکتیک[1] (PLA)، پکتین، کیتوزان، ژلاتین و مشتقات

1- Poly Lactic Acid

سلولز، به عنوان جایگزین مواد بسته‌بندی بر پایه نفت تاکنون توسط محققین مختلف پیشنهاد شده است [٤٤].

۵- مقایسه انواع روش‌های افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

با توجّه به اهمیت موضوع افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای، در اینجا به نقد و بررسی روش‌های استفاده شده بدین منظور پرداخته شده است.

استفاده از روش‌های گرمایی معمولاً دارای اثرات مخربی روی رنگ قارچ‌ها می‌باشد؛ لذا استفاده از روش‌های غیرگرمایی و ترکیب آن با این روش‌ها کیفیت را به نحو بهتر حفظ خواهد کرد. . سرد کردن یک فرایند اساسی برای افزایش عمر ذخیره‌سازی محصولات کشاورزی است. در دمای صفر درجه سانتی‌گراد، میزان تنفس قارچ سه برابر کمتر از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. کاهش سریع حرارت قارچ‌ها پس از برداشت، می‌تواند سرعت افت کیفیت را به تأخیر بیاندازد و عمر مفید آن را تا ۹ روز افزایش دهد. با این حال، کاهش وزن قارچ‌ها و هزینه بالا از مضرات اصلی سرد کننده‌های تحت خلأ است.

در مورد ایمنی و سلامت محصولات پرتو دیده هنوز نگرانی‌هایی وجود دارد، که همین مسئله موجب کاهش مشتری پسندی محصول می‌شود. چرا که احتمال تولید ترکیبات سرطان‌زا، رادیکال‌های آزاد و بسیاری از مواد سمّی وجود دارد. همچنین حداکثر مقدار مجاز پرتودهی در موادغذایی کمتر از ۱۰ کیلوگرمی می‌باشد. حتی مقادیر کمتر از آن بخصوص در موادغذایی با رطوبت بالا باعث به هم ریختگی ساختار خواهد شد [۵].

استفاده از اُزن موجب غیرفعال شدن سریع میکروارگانیسم‌ها می‌شود و چون به‌سرعت در اکسیژن تجزیه شده و باقی‌ماندهٔ نامطلوبی از آن نمی‌ماند، احتمال اینکه وارد ماتریس غذایی شود کمتر است. با این حال، ممکن است سبب تغییراتی در طعم و بو شود [۵].

روش اتمسفر اصلاح شده، یکی از روش‌های کاربردی است، که بیشتر اوقات به صورت ترکیبی با روش‌های دیگر استفاده می‌شود. این روش در افزایش ماندگاری قارچ بسیار مؤثر است؛ اما از آنجایی که تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده برای این روش بسیار گران قیمت هستند، استفاده از آن خصوصاً در سطح کشاورزی خرد عامل محدودکننده‌ای محسوب می‌شود.

امروزه مصرف‌کننده هنگام خرید مواد غذایی، یکی از مهم‌ترین نکاتی که مدنظر قرار می‌دهد؛ ارزش تغذیه‌ای و کمترین میزان دستکاری در مواد غذایی است، لذا این امر، یک عامل بحرانی نه تنها در روش‌های شیمیایی بلکه در تمام روش‌های دیگر می‌باشد.

اعمال مواد شیمیایی به صورت مستقیم و در تماس با مواد غذایی موجب اثراتی نظیر تغییر و یا کاهش در ارزش تغذیه‌ای، تخریب مواد زیست‌فعال و بسیاری از موارد دیگر خواهد شد. از این رو هر چه مواد عملگرایی که به‌منظور افزایش ماندگاری استفاده می‌شود، به صورت محصور و کنترل شده روی قارچ‌ها اعمال شود، هم اثرات آن‌ها به نحو بهتری اعمال خواهد شد و هم از تخریب قارچ‌ها جلوگیری خواهد کرد.

طبق آنچه گفته شد، استفاده از روش‌هایی که کنترل رهایش مواد عملگرا در آن مقدور باشد و بتوان مواد عملگرا را تا محل اثر کاملاً حفظ کرد، منجر به ایجاد نتایج بهتر و ایده‌آل خواهد شد. این امر در بسته‌بندی‌هایی که ماده مؤثره به صورت امولسیون اعمال شود، محقق خواهد شد. عدم تماس مستقیم با ماده غذایی مورد نظر و اثر افزایش ماندگاری به صورت غیرمستقیم از فواید روش امولسیون‌سازی می‌باشد. اعمال امولسیون در ابعاد نانومتری حتّی می‌تواند موجب بهبود و ثبات خواص سینتیکی امولسیون‌ها شود. همچنین این روش امکان حمل

حساس‌ترین مواد درون مواد غذایی بدون اثرات مخرب و یـا با کم‌ترین تخریب را فراهم خواهد آورد.

٦- دیدگاه‌های آینده

استفاده از تیمارهای شستشو و آب الکترولیز شده موجب افزایش فعالیت آبی قارچ‌ها خواهد شد؛ این موضوع، موجب وقوع بسیاری از واکنش‌های شیمیایی نامطلوب و به تبع آن تخریب و فساد خواهد شد، زیرا شرایط برای ایجاد این واکنش‌ها فراهم می‌شود. از این رو، کنترل رهایش آب و فعالیت آبی باید در آینده مدنظر قرار گیرد، تا از فساد ناشی از این امر جلوگیری شود. استفاده از فرآیندهای گرمایی موجب تخریب و یا کاهش بسیاری از مواد زیست فعال و ترکیبات با ارزش تغذیه‌ای بالا در قارچ‌ها خواهد شد، لذا استفاده از فرآیندهای غیرگرمایی می‌تواند، یکی دیگر از دیدگاه‌ها در زمینه نگهداری پس از برداشت قارچ خوراکی باشد. اعمال روش‌ها و مواد عملگرای جدید در بخش پوشش‌دهی نیز می‌تواند طی سالیان آینده توجّه بیشتری را به خود جلب کند؛ چرا که نه تنها گرما در آن‌ها دخیل نیست، بلکه حتّی می‌تواند موجب غنی‌سازی محصولات غذایی با ماده مورد نظر شود.

از مهم‌ترین عوامل مدنظر جهت تعیین کیفیت قارچ خوراکی، رنگ آن می‌باشد. از این رو باید روش‌هایی را به کار برد که فاقد هرگونه اثر منفی روی این شاخص باشد.

استفاده از روش‌های ترکیبی، که بتواند موجب حفظ کیفیت پس از برداشت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای شود، یکی دیگر از دیدگاه‌های آینده در این خصوص می‌باشد. تاکنون مطالعاتی در خصوص اثر امواج فراصوت، اشعه‌تابی و پلاسمای سرد بر ماندگاری قارچ خوراکی صورت گرفته است، اما اعمال این روش‌ها به صورت تنها، نمی‌تواند روش ایده‌آلی بدین منظور باشد. ازاین‌رو، استفاد از آلتراسوند، اشعه‌تابی و پلاسمای سرد به منظور افزایش ماندگاری این محصول، به صورت ترکیب با روش‌های دیگر مانند استفاده همزمان پلاسمای سرد و اتمسفر اصلاح شده می‌تواند یکی دیگر از دیدگاه‌های آینده باشد [۵].

بر اساس آنچه که در همین مطالعه آمده است، اتمسفر اصلاح شده و اعمال آن روی قـارچ دکمـه‌ای اثـر مـؤثری روی ماندگاری آن دارد. لذا اتمسفر اصلاح شده می‌توانـد، به عنوان یک روش مؤثر در ترکیـب بـا روش‌هـای دیگـر مانند پوشش‌دهی و غوطه‌وری استفاده شود.

۷- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی روش‌های افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای طی سالیان اخیر پرداخته شد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین کیفیت قارچ دکمه‌ای نرخ تنفس، رنگ، وزن و محتوای رطوبتی می‌باشند. کنترل این عوامل موجب بهبود خصوصیات قارچ دکمه‌ای می‌شود. از این رو تمامی روش‌هایی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت، به‌وسیله کنترل و یا به تأخیر انداختن این عوامل از بروز فساد و کاهش کیفیت قارچ دکمه‌ای جلوگیری می‌کند. روش‌هایی نظیر اشعه تابی و استفاده از ترکیبات شیمیایی همانطور که در قسمت نقد و بررسی اشاره شد امکان ایجاد اثرات نامطلوب روی مواد غذایی را دارند. استفاده از پوشش دارای خواص خوراکی می‌تواند تمامی موارد مد نظر به عنوان یک روش نگهداری مؤثر را برآورده سازد. با این وجود، همچنان ماندگاری قارچ با استفاده از این روش‌ها کوتاه است، لذا همچنان باید تحقیقات گسترده‌ای در زمینه روش‌های افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای انجام شود.

۸- منابع

۱. اصـــغری پـــایین دهـــی، ع.، ع. معتمـــدزادگان، و ل. نجفیان،(۱۳۹۶)، **«تـأثیر پوشـش پـروتیین آب پنیـر و کیتوزان بر میزان اسیدیته و قهوه ای شدن ظاهری قارچ دکمه‌ای»**، در اولین همایش ملی تکنولوژی‌هـای نـوین در علوم و صنایع غذایی و گردشگری ایـران. دانشـگاه جامع علمی کاربردی استان مازنـدران- مرکـز آمـوزش علمـــی کـــاربردی میزبـــان و شـــرکت دانـــش بنیـــان پژوهشگران فن آور برنا - دانشگاه کشـاورزی و منـابع طبیعی ساری و گرگان-دانشگاه شهید باهنر کرمان.

2.Lee, S.K. and A.A. Kader, (2000). **"Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops,"** Postharvest Biology and Technology, 20(3): p. 207-220.

3. Nasiri, M., et al., (2018). **"Application of Tragacanth gum impregnated with Satureja khuzistanica essential oil as a natural coating for enhancement of postharvest quality and shelf life of button mushroom (Agaricus bisporus),"** International journal of biological macromolecules. 106: p. 218-226.

4. Vargas, M., et al., (2008). **"Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits,"** Critical reviews in food science and nutrition. 48(6): p. 496-511.

5. Zhang, K., Y.-Y. Pu, and D.-W. Sun, (2018). **"Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (Agaricus bisporus): A review,"** Trends in Food Science & Technology. 78: p. 72-82.

6. Gupta, P. and A. Bhat, (2016). **"Efficacy of different washing treatments on quality of button mushrooms (A. bisporus) ,"** Journal of Food Processing and Technology. 7.(٦)

7. Mohebbi ,M., et al., (2012). **"Suitability of Aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom,"** Food and bioprocess technology. 5(8): p. 3193-3202.

8. Gholami, R., E. Ahmadi, and S. Farris, (2017). **"Shelf life extension of white mushrooms (Agaricus bisporus) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material,"** Food Packaging and Shelf Life. 14: p. 88-95.

9. Sapers, G.M., et al., (2001). **"Shelf-life extension of fresh mushrooms (Agaricus bisporus) by application of hydrogen peroxide and browning inhibitors,"** Journal of Food Science. 66(2): p. 362-366.

10. Guan, W., X. Fan, and R. Yan, (2012). **"Effects of UV-C treatment on inactivation of Escherichia coli O157: H7, microbial loads, and quality of button mushrooms,"** Postharvest Biology and Technology. 64(1): p. 119-125.

11. Ghidelli, C. and M.B. (2018). **"Pérez-Gago, Recent advances in modified atmosphere packaging and edible coatings to maintain quality of fresh-cut fruits and vegetables,"** Critical reviews in food science and nutrition. 58(4): p. 662-679.

12. Wu, S., et al., (2013). **"Pretreatment of spent mushroom substrate for enhancing the conversion of fermentable sugar,"** Bioresource technology. 148: p. 596-600.

13. Nussinovitch, A. and N. Kampf, (1993). **"Shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (Agaricus bisporus) ,"** LWT-Food Science and Technology. 26(5): p. 469-475.

14. Aday, M.S., (2016). **"Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom,"** LWT - Food Science and Technology. 68: p. 44-51.

15. Mattila, P., et al., (2001). **"Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms,"** Journal of agricultural and food chemistry. 49(5): p. 2343-2348.

16. Chang, S.T. and J.A .Buswell, (1996). **"Mushroom nutriceuticals,"** World Journal of Microbiology and Biotechnology. 12(5): p. 473-476.

17. Cheung, L.M., P.C.K. Cheung, and V.E.C. Ooi, (2003). **"Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts,"** Food Chemistry. 81(2 :(p. 249-255.

18. Rai, R.D. and T. Arumuganathan, (2008). **"Post harvest technology of mushroom.** Technical bulletin..

19. Gao, M., L. Feng, and T. Jiang, (2014). **"Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (Agaricus bisporus) by essential oils fumigation treatment,"** Food Chemistry. 149: p. 107-113.
20. Wrona, M., K. Bentayeb, and C. Nerín, (2015). **"A novel active packaging for extending the shelf-life of fresh mushrooms (Agaricus bisporus).** Food Control. 54: p. 200-207.
21. Xia, Z., (2013). **"Anti-browning of mushroom (Agaricus bisporus) Slices by Glutathione during hot air drying," Adv.** J. Food Sci. Technol. 5: p. 1100-1104.
22. Jahangir, M.M., et al., (2011). **"Methyl jasmonate enhances postharvest physicochemical and microbial quality of button mushroom (Agaricus bisporus),"** Journal of Food, Agriculture and Environment. 9(2): p. 91-95.
23. Cliffe-Byrnes, V. and D. O'Beirne, (2008). **"Effects of washing treatment on microbial and sensory quality of modified atmosphere (MA) packaged fresh sliced mushroom (Agaricus bisporus),"** Postharvest Biology and Technology. 48(2): p. 283-294.
24. Choi, S.W. and G.M. Sapers, (1994). **"Purpling reaction of sinapic acid model systems containing L-DOPA and mushroom tyrosinase,"** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42(5): p١١٨٩,-١١٨٣ .
25. Alikhani-Koupaei, M., et al., (2014). **"Enhancing stability of essential oils by microencapsulation for preservation of button mushroom during postharvest,"** Food science & nutrition,. 2(5): p. 526-533.
26. Jiang, T., et al., (2011). **"Integrated application of nitric oxide and modified atmosphere packaging to improve quality retention of button mushroom (Agaricus bisporus) ,"** Food Chemistry. 126(4): p. 1693-1699.
27. Choi, S.W. and G.M. Sapers, (1994). **"Effects of washing on polyphenols and polyphenol oxidase in commercial mushrooms (Agaricus bisporus),"** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42(10): p. 2286-2290.
28. Boonsong, S., W. Klaypradit, and P. Wilaipun, (2016). **"Antioxidant activities of extracts from five edible mushrooms using different extractants,"** Agriculture and Natural Resources. 50(2): p. 89-97.
29. Chang, S.-T., (1997). **"World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on Lentinus edodes (Berk.) Sing, in China,"** International Journal of Medicinal Mushrooms, 199.(٤)١ .٩
30. Benoit, M.A., G. D'Aprano, and M. Lacroix, (2000). **"Effect of γ-irradiation on phenylalanine ammonia-lyase activity, total phenolic content, and respiration of mushrooms (Agaricus bisporus),"** Journal of agricultural and food chemistry. 48(12): p٦٣١٦,-٦٣١٢ .
31. Li, Y., et al., (2014). **"Effect of active modified atmosphere packaging with different initial gas compositions on nutritional compounds of shiitake mushrooms (Lentinus edodes),"** Postharvest Biology and Technology. 92: p. 107-113.
32. Ares, G ,.C. Lareo, and P. Lema, (2007). **"Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms,"** A review. Fresh Produce. 1(1): p. 32-40.
33. Belay, Z.A., O.J. Caleb, and U.L. (2016). **"Opara, Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: A review,"** Food Packaging and Shelf Life. 10: p. 1-15.
34. Jiang, T., (2013). **"Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (Agaricus bisporus) under a high oxygen modified atmosphere,"** Postharvest Biology and Technology. 76: p. 91-97.
35. Sandhya, (2010). **"Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs,"** LWT-Food Science and Technology. 43(3): p. 381-392.

36. Blanch, M ,.et al., (2015). **"CO2-driven changes in energy and fermentative metabolism in harvested strawberries,"** Postharvest Biology and Technology. 110: p. 33-39.
37. Burton, K. and R.V. Twyning. (1988). **"Extending mushroom storage-life by combining modified atmosphere packaging and cooling,"** in International Symposium on Postharvest Handling of Fruit and Vegetables 258.
38. Lumpkin, C., et al., (2015). **"** '**Fuji'apple (Malus domestica Borkh.) volatile production during high pCO2 controlled atmosphere storage.** Postharvest Biology and Technology. 100: p. 234-243.
39. Ventura-Aguilar, R., M. (2017).**"Colinas-León, and S. Bautista-Baños, Combination of sodium erythorbate and citric acid with MAP, extended storage life of sliced oyster mushrooms,"** LWT-Food Science and Technology. 79: p .437-444
40. Gholami, R., E. Ahmadi, and S. Ahmadi, (2020). **"Investigating the effect of chitosan, nanopackaging, and modified atmosphere packaging on physical, chemical, and mechanical properties of button mushroom during storage,"** Food Science & Nutrition, .8(1): p. 224-236.
41. Zalewska, M., et al., (2018). **"Modified atmosphere packaging for extending the shelf life of fresh Agaricus bisporus,"** Journal of food processing and preservation. 42(12): p. e13839.
42. Lin, Q., et al., (2017). **"Effects of high CO2 in-package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom (Agaricus bisporus) during postharvest storage,"** Postharvest Biology and Technology. 123: p. 112-118.
43. Jebelli Javan, A., et al., (2015). **"Effect of citric acid dipping treatment on bioactive components and antioxidant properties of sliced button mushroom (Agaricus bisporus),"** Journal of food quality and hazards control. 2: p. 20-25.
44. Kuorwel, K.K., et al., (2011). **"Antimicrobial activity of biodegradable polysaccharide and protein-based films** containing **active agents,"** Journal of Food Science. 76(3): p. R90-R102.
45. Hu, Y.-H., et al., (2015). **"Postharvest application of 4-methoxy cinnamic acid for extending the shelf life of mushroom (Agaricus bisporus),"** Postharvest Biology and Technology,:104 .p. 33-41.
46. Eissa, H.A., (2007). **"Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom,"** Journal of Food Quality,. 30(5): p. 623-645.

آدرس نویسنده

زنجان- دانشگاه زنجان- دانشکده کشاورزی- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی- کدپستی: ۴۵۳۷۱-۳۸۷۹۱