مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* بر ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای

فاطمه نجابی[۱]، محمود رضازاد باری[۲]، هادی الماسی[۳]، صابر امیری[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

٤- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱٦

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

کلمات کلیدی:

پوشش خوراکی،

صمغ ثعلب،

باکتری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*،

قارچ دکمه‌ای

DOI:10.22034/FSCT.21.151.86.

* مسئول مکاتبات:

m.rezazadbari@urmia.ac.ir

چکیده

در این پژوهش به بررسی مدت زمان ماندگاری، خواص فیزیکو شیمیایی و حسی قارچ دکمه‌ای با استفاده از پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی باکتری *Lactobacillus fermentum* پرداخته شد. بدین منظور اثر صمغ ثعلب در سطوح ۰/۲۵، ۰/۷۵، ۱/۵ و افزودن ثابت پروبیوتیک لاکتوباسیلوس فرمنتوم با میزان $1/5 \times 10^{8}$ CFU/gr (۰/۵ نیمک فارلند) به مدت ۱۵ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد، با افزایش پوشش صمغ ثعلب، pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، فنول کل، آنتی‌اکسیدان و پارامتر a* و b* ، بافت‌سنجی در سطح بالایی نسبت به میوه تیمار نشده در حفظ ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای موثرتر بود و تعداد کل باکتری‌ها پروبیوتیک در پوشش در مقایسه با تیمار غوطه‌وری در سوسپانسیون باکتری پروبیوتیک بهتر حفظ شد. ولی افت وزنی، پارامتر L*، شاخص قهوه‌ای شدن با افزایش صمغ ثعلب کاهش یافتند($p<0.05$). و با افزایش مدت زمان ماندگاری مواد جامد محلول و اسیدیته و افت وزنی و a* و b* و شاخص قهوه‌ای شدن افزایش یافتند ولی pH و اسیدآسکوربیک، فنل کل، آنتی‌اکسیدان و L* ، بافت‌سنجی، تعداد کل پروبیوتیک کاهش یافتند. ارزیابی حسی تیمارهای مختلف نشان می‌داد که پوشش حاوی پروبیوتیک بر خواص حسی قارچ خوراکی تأثیر منفی نداشته؛ بلکه سبب بهبود کیفیت حسی و تغذیه‌ای میوه طی زمان و در مقایسه با نمونه شاهد شد؛ بنابراین پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی باکتری *Lactobacillus fermentum* را می‌توان به‌عنوان یک ماده پوشش‌دهنده مناسب برای حفظ خصوصیات ارگانولپتیکی، شیمیایی، میکروبی و ماندگاری قارچ دکمه‌ای مورد استفاده قرار داد.

۱-مقدمه

پوشش‌های خوراکی به صورت مات، روشن و یا شیری رنگ می‌باشند که مصرف کنندگان پوشش روشن و نامرئی را ترجیح می‌دهند. محصولات غذایی معمولا با غوطه‌وری یا اسپری کردن پوشش داده می‌شوند. در حال حاضر، غوطه-وری رایج‌ترین روش برای پوشش‌دهی میوه‌ها و سبزیجات است، اما روش‌های دیگر مانند برس زدن و اسپری کردن، نیز با توجه به نوع محصول غذایی و ویژگی‌های پوشش، استفاده می‌شوند [۱]. موادغذایی (میوه‌ها، سبزیجات، خشکبار و غیره) یک لایه محافظ طبیعی به شکل پوست دارند که به‌عنوان کنترل‌کننده عوامل مزاحم محیطی عمل می‌کنند. در بیشتر موارد در حین فراوری و نگهداری، این پوشش‌های طبیعی کارایی خود را از دست می‌دهند و این موضوع باعث کاهش کیفیت و زمان ماندگاری محصولات غذایی می‌شود. بنابراین مواد غذایی نیاز دارند تا در برابر عوامل محیطی محافظت شوند [۲] فیلم‌ها و پوشش‌های بیوپلیمری ممکن است خوراکی بوده و یا تنها زیست تخریب‌پذیر باشند که این فرمولاسیون، به روش تولید و تیمارهای اصلاح‌کننده بستگی دارد. پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی هستند که از بسپارهای طبیعی تهیه می‌شوند و جهت بسته‌بندی، توسط روش‌های مکانیکی مختلف بر سطح ماده غذایی قرار می‌گیرند و از این طریق تغییرات بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و میکروبی را کنترل می-کنند[۳]. پوشش‌های خوراکی به عنوان جایگزین بسته‌بندی-های سنتزی مواد غذایی برای بهبود کیفیت و ایمنی محصولات غذایی پیشنهاد شده است. این پوشش‌ها مواد غذایی را در برابر از دست دادن آب و تبادلات گازهای تنفسی محافظت میکنند .علاوه بر این، پوشش‌های خوراکی می‌توانند حامل ترکیبات فعال مانند آنتی‌میکروب‌ها، آنتی-اکسیدان‌ها و بهبود دهنده‌های بافت نیز باشد [٤]. قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) طبق آمار، دارای بالاترین مقدار تولید قارچ در جهان می‌باشد[۵]. کشورهای آسیای شرقی به خصوص چین بزرگترین تولید کننده‌ی قارچ خوراکی جهان است، ایالات متحده آمریکا و کانادا رده‌های بعدی تولید قارچ خوراکی را در جهان به خود اختصاص داده‌اند [٦]. قارچ‌ها در ماده خشک خود سرشار از پروتئین هستند و حاوی اسیدهای آمینه ضروری نظیر گلوتامیک اسید،آسپارتیک اسید و آرژنین در آن یافت می‌شود و همچنین یک منبع عالی به ویژه برای اسیدآمینه لیزین است. ماندگاری کوتاه مدت قارچ‌های خوراکی، مشکلی است که ارزش اقتصادی و بازار پسندی آن را تحت شعاع قرار داده است. در مرحله ی پس از برداشت محصول، روند تخریب کیفیت قارچ‌های خوراکی نظیر رطوبت، تغییر رنگ، تغییر بافت، طعم و افت مواد مغذی آغاز می‌شود [۷]. ماندگاری قارچ دکمه‌ای که در شرایط یخچال نگهداری می‌شد حدود ۸ روز گزارش شده است. این ماندگاری کوتاه مدت، یک دلیل اصلی ساختاری دارد: قارچ‌های دکمه‌ای هیچ کوتیکولی ندارند تا به عنوان سدی فیزیکی در برابر آسیب‌های مکانیکی، از دست دادن آب یا حمله میکروبی عمل کند. تنفس بالا و رطوبت زیاد به پیری سریع قارچ‌های دکمه‌ای کمک می‌کند و باعث حمله میکروبی و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود [۸]. قارچ تازه دارای رطوبت بالایی در حدود ۸۵٪-۹۵٪ است. در دوره پس از برداشت، میزان رطوبت قارچ به تدریج کاهش می‌یابد و در نتیجه کاهش وزن مداوم ایجاد می‌شود. عوامل مختلفی بر کیفیت قارچ‌ها در دوره پس از برداشت تأثیر دارند. این عوامل را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: عوامل داخلی مربوط به خود قارچ (فعالیت آبی، میزان تنفس و فعالیت میکروبی) و عوامل خارجی مربوط به شرایط ذخیره‌سازی (دمای ذخیره‌سازی، رطوبت نسبی و آسیب مکانیکی). بنابراین قارچ با احتمال زیاد در معرض آلودگی میکروارگانیسم‌های مختلف قرار دارد. مقدار آب بالا و pHخنثی در قارچ یک محیط ایده‌آل برای رشد میکروبی فراهم می‌کند[۹] ثعلب، آرد آسیاب شده غده‌های نوعی ارکیده وحشی از تیره گیاهان ارکیداسیا[1] می‌باشد.گونه‌های متفاوت ثعلب در ایران، بیشتر در شمال و شمال غربی کشور

1- Orchidaceae

رشد می‌کنند. اجزای ثعلب در گونه‌های مختلف متفاوت است و شامل ٥٤ درصد گلوکومانان،۳۸درصد نشاسته، ٥ درصد پروتئین و ۳ درصد خاکستر می‌باشد و همچنین گلوکومانان فیبر طبیعی محلول در آب است. مهم‌ترین ماده موجود در پلی‌ساکارید صمغ ثعلب گلوکومانان است که به آن ظرفیت پایدارکنندگی مهمی می‌دهد و در تشکیل فیلم خوراکی مناسب است. گلوکومانان پلیمری با وزن مولکولی بالا که خاصیت هیدروکلوییدی فوق العاده به ثعلب بخشیده است [۱۰]. لاکتوباسیلوس‌ها باکتریهای غیراسپورزا، میله ای گرم مثبت، کاتالاز منفی و معمولاً غیرمتحرک هستند. بیفیدوباکتری‌ها هم گرم مثبت اند که در pH بین ٤/٥ تا ٨/٥ می‌توانند رشد کنند اما مهمترین نکته در مورد آنها این است که بی‌هوازی اجباری هستند[۱۱]. امروزه مصرف مواد غذایی همراه با پروبیوتیک‌ها به دلیل افزایش تمایل مصرف‌کننده‌گان به داشتن تغذیه سالم و ایمن رو به افزایش است. امیری و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی تاثیر پوشش کامپوزیتی پروتئین تغلیظ شده شیر- پکتین تقویت شده با کلسیم کلرید و اسانس سیاه‌دانه برای افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه توت فرنگی پس از برداشت پرداختند. پس از بهینه‌سازی کیفیت میکروبی، خصوصیات فیزیکو شیمیایی، آنتی اکسیدانی، محتوای آنتوسیانین و سفتی بافت توت فرنگی‌های پوشش داده شده، در روزهای ٥ و ۱۰ پس از انبارمانی با نمونه‌های کنترل مقایسه شدند. تمام ویژگی‌های کیفی مورد مطالعه در نمونه پوشش داده شده با نمونه‌های کنترل تفاوت معنی دار داشت ($p<۰/۰٥$) . آنها نتیجه گرفتند که این پوشش خوراکی به دلیل کاهش پوسیدگی، کیفیت توت فرنگی‌ها را بهتر از نمونه‌های شاهد حفظ کرد[۱۲]. در پژوهش دیگر شهرام پور و همکاران (۲۰۲۰)، اثر استفاده از پوشش چند لایه آلژینات کلسیم حاوی باکتری پروبیوتیک بومی *L.plantarum KMC45* سوسپانسیون این باکتری در آب مقطر بر کیفیت میوه توت فرنگی در زمان انبار مانی و عمر نگهداری پرداختند. آنها مشاهده نمودند که تیمار میوه با پوشش آلژینات کلسیم حاوی باکتری پروبیوتیک در مقایسه با تیمار غوطه‌وری در سوسپانسیون باکتری پروبیوتیک در حفظ ویژگی‌های کیفی توت فرنگی مؤثرتر بود. به‌طوری‌که افت وزن، نرم شدن بافت و همچنین درصد پوسیدگی توت فرنگی را به طور معناداری در طول دوره ١٤ روزه به تیمار شاهد کاهش داد. همچنین در این مطالعه تغییرات شاخص‌های رنگی شامل L^*، زاویه هیو و کروما در نمونه‌های پوشش‌دار برخلاف تیمار شاهد کمتر بود. علاوه بر این نتایج شمارش جمعیت باکتری پروبیوتیک *L. Plantarum* KMC45 در تیمارهای مختلف توت فرنگی در طی نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نشان داد که پس از دو هفته میزان افت جمعیت باکتری در تیمار غوطه‌وری در سوسپانسیون باکتری ۲/۹۷ سیکل لگاریتمی بود درحالی‌که در تیمار پوشش آلژینات کلسیم تنها ۰/۹٥ سیکل لگاریتمی تعیین شد. بنابراین پوشش آلژینات کلسیم به‌عنوان حاملی مناسب جهت انتقال میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک به فرم زنده بر سطح توت فرنگی تازه توصیه می‌گردد که می‌تواند ضمن افزایش ماندگاری آن، زمینه تولید و توسعه محصول پروبیوتیک جدید را فراهم نماید. [۱۳]. همچنین راد و همکاران (۲۰۱۹)، بررسی تاثیر پوشش خوراکی و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای با استفاده از آنزیم‌بری و بعد پوشش‌دهی با کربوکسی متیل سلولز و متابی سولفیت سدیم بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی، شیمیایی، میکروبی پرداختند. یافته‌های آنها نشان دادکه پوشش مورد بررسی به طور معناداری رشد میکروارگانیسم‌ها و شماره ش کپک و مخمر کاهش داد، همچنین کمترین تغییرات رنگ، افت وزن و کاهش در سفتی بافت در این نمونه‌های پوشش‌دار مشاهده گردید در مقایسه با نمونه شاهد به طورمعناداری باعث افزایش pH و میزان مواد جامد محلول گردید[١٤]. هدف از پژوهش حاضر، استفاده از پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم به‌منظور افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای بود و بررسی اثر پوشش بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی وکیفی قارچ دکمه‌ای در طول نگهداری در یخچال بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی قارچ دکمه‌ای

قارچ دکمه‌ای به صورت فله‌ی از گلخانه‌ی معتبر سپید زرین در ارومیه تهیه شد و به مدت چند ساعت پس از برداشت، در محیطی تاریک به محل آزمایشگاه دانشگاه ارومیه منتقل گردیدند و سپس قارچ‌های دکمه‌ای یکنواخت از نظر شکل، اندازه، رنگ و سالم بودن جهت بررسی اثر پوشش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. سویه *Lactobacillus fermentum* (PTCC 1744) از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران به صورت لیوفیلیزه خریداری شد. پودر ثعلب (*Orchis mascula*) از شرکت داخلی و محیط کشت agr MSR و MRS broth از شرکت ایبرسکو خریداری شدند. باریم کلرید، گلیسرول، هیدروکسید سدیم، متا فسفریک اسید، اتانول، متانول از شرکت مرک [۲]آلمان تهیه شدند. ۲،۲- دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل[۳]،گالیک اسید و فولین-سیوکالچو [۴]از شرکت سیگما-آلدریچ[۵] ایالات منحده آمریکا تهیه گردیدند.

۲-۲- تهیه محلول پوشش‌دهی

جهت تهیه محلول پوششی صمغ ثعلب در سطوح ۰/۲۵، ۰/۷۵و ۱/۵درصد (وزنی/ حجمی) ابتدا پودر صمغ ثعلب در ۱۰۰میلی‌لیتر آب مقطر روی هیتر با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد ریخته و همزده شد. تا این که به صورت محلول شفاف و روشنی باشد. پس از سرد شدن محلول، گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر به مقدار یک درصد به محلول اضافه شد. همه فرمولاسیون‌ها جهت اختلاط بیشتر توسط همزن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه دیگر ادامه داده و سپس برای حذف میکروارگانیسم‌های بیمارزا آن را اتوکلاو کرده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ٤ درجه سانتیگراد قرارگرفتند [۱۵]. سپس سوسپانسیون باکتری ۰/۵ مک‌فارلند با غلظت برابر غلظت محلول استاندارد نیم مک‌فارلند با افزودن توده باکتری به سرم فیزیولوژی استریل (۰/۸۵ درصد) تهیه گردید. میزان کدورت سوسپانسیون تهیه شده در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۶۲۵ نانومتر،۰/۸۸۲ اندازه‌گیری شد [۱۶].

۲-۳- پوشش‌دهی نمونه‌های قارچ دکمه‌ای

قارچ های دکمه‌ای پس از جداسازی یکنواخت از نظر شکل، اندازه، رنگ و سالم بودن و قبل از آزمایش با آب مقطر شسته و خشک شدند. نمونه‌های قارچ دکمه‌ای در محلول‌های تهیه شده به مدت ۳ دقیقه به صورت غوطه‌ور قرار گرفتند. سپس از محلول خارج شده و به سبدهای استریل جهت آبکش شدن منتقل شدند. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا پوشش خشک گردد و به صورت بسته‌بندی در ظروف پلی‌اتیلنی با روکش‌های سلفونی و در ابعاد ۱۰ ×۱۰ سانتیمتر مربع توزیع شدند. از قارچ‌های پوشش داده شده در فاصله (۰-۸-۱۵) هر هشت روز یک بار جهت آزمون‌ها نمونه‌برداری شد. در این آزمون تیمار شاهد شامل نمونه‌های قارچ دکمه‌ای بود که تنها در آب مقطر استریل غوطه‌ور شدند [۱۳].

۲-٤- روش‌های انجام آزمون‌های قارچ دکمه‌ای پوشش داده شده با ثعلب حاوی باکتری *Lactobacillus fermentum*

۲-٤-۱- اندازه‌گیری pH

این فاکتور میزان اسیدی یا بازی بودن را نشان می‌دهد، که براساس مقدار یون هیدروژن و وابسته به آن می‌باشد. ابتدا ۵ گرم از کلاهک قارچ داخل ۱۰ میلی‌لیتر آب هموژن گردید. بعد از فیلتراسیون، pH توسط pH متر دیجتالی (مدلPM12E، شرکت فن آزماگستر، ایران) اندازه‌گیری شد. قبل از اندازه‌گیری، دستگاه با pH ٤ و ۷ کالیبره می‌شود [۱۷].

۲-٤-۲- اسیدیته کل

2- Merck
3- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
4- Folin-ciocalteu
5- Sigma-Aldrich

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی ابتدا۱۰ میلی‌لیتر از عصاره قارچ در ۱۰ میلی‌متر داخل ارلن مایر ریخته شد و روی آن ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و سپس با قراردادن الکترود pH متر دیجیتالی عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید۰/۱نرمال (٤ گرم در لیتر) تا pH = ۸/٤ صورت گرفت. میـــزان اســـید قابـــل تیتراسیون براساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرفی طبق رابط (۱) زیر محاسبه شد [۱۸].

رابطه (۱)

$$A=\frac{V\times 0/0065\times 100}{m}$$

A اسیدیته برحسب اسیدسیتریک (گرم درصد میلی‌لیتر)، V حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال برحسب میلی‌لیتر، m مقدار نمونه برحسب میلی‌لیتر. * یک میلی‌لیتر سود ۰/۱ نرمال، معادل ۰/۰۰٦٤ گرم اسیدسیتریک است.

۲-٤-۳- مواد جامد محلول

برای این منظور چند قطره عصاره قارچ در دمای اتاق روی رفراکتومتر دستی (مدلR-۵۰۰۰، شرکت آتاگو[6]، ژاپن) که قبل شروع اندازه‌گیری کالیبره شده بود قرار گرفت و سپس اقدام به خواندن رفراکتومتر شد و داده‌ها برحسب درجه بریکس یادداشت گردیـد [۱۹].

۲-٤-٤- تعیین درصد افت وزن

قارچ دکمه‌ای تیمار و شاهد در طی نگهداری در یخچال در فواصل زمانی صفر، هشت، پانزده روز با ترازو دقت ۰/۰۰۱ تورین شدند. سپس درصد افت وزن آنها نسبت به وزن اولیه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید [۲۰].

رابطه (۲)

$$WL=\frac{M1-M2}{M1}\times 100$$

WL میزان افت وزنی (٪)،M_1 وزن اولیه بسته قارچ (g)،M_2 وزن بسته قارچ (g) پس از طی دوره‌ی زمانی مشخص هستند.

۲-٤-۵- اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک (ویتامین C)

یک گرم از کلاهک قارچ با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید یک درصد (جهت استخراج عصاره) مخلوط و سپس کلاهک قارچ همراه گوشت و پوست داخل هاون کوبیده شد و نمونه به مدت ۳۰ دقیقه داخل فالکون در یخچال دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد، بعد از نیم ساعت نمونه‌ها با سرعت ٤۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل-CE 148، شرکت شیمی فن، ایران) شدند. سپس از محلول رویی شفاف ۵۰۰ میکرولیتر عصاره برداشته و به آن ۲ میلی‌لیتر سدیم ۲ و ٦-دی کلرو فنول ایندوفنول (DCPIP) اضافه کرده تا تغییر رنگ صورتی (که به مدت ۱۰ تا ۵۰ ثانیه باقی می‌ماند) در نهایت میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل شیمادوز ٤۱۰۰، شرکت ترمونیکولت[7]، ژاپن) خوانده شد، نمونه شاهد دارای ترکیبات فوق به جز عصاره قارچ بود. از اسید آسکوربیک هم به عنوان شاهد جهت رسم منحنی استاندارد استفاده شد [۲۱].

۲-٤-٦- اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از طریق خاصیت خنثی-کنندگی رادیکال آزاد DPPH[8] تعیین شد. برای این منظور به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی، ۲۰۰۰ میکرولیتر DPPH (محلول ۰/۱ میلی مول) اضافه گردید. محلول حاصل بلافاصله به‌هم زده شد و سپس به مدت ٦۰ دقیقه در دمای اتاق و شرایط تاریکی تا رسیدن به حالت یکنواخت نگهداری گردید . کاهش میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. در نهایت ، ظرفیت آنتی-اکسیدانی از طریق رابطه (۳) زیر به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد [۲۲].

رابطه (۳)

$$\% DPPH_{SC}=(A_{cont}-A_{samp})/A_{cont}\times 100$$

6 -Atago
7 -Thermo Nicolet
8- Diphenyl-2-picrylhydrazyl - 1.1

$DPPH_{SC}$ ٪: درصد بازدارندگی (فعالیت حذف‌کنندگی رادیکال‌های آزاد)، A_{samp}: میزان جذب (نمونه+DPPH)، A_{cont}: میزان جذب DPPH

۲-٤-۷- اندازه‌گیری محتوی فنل کل

اندازه‌گیری میزان فنول کل با استفاده از روش فولین- سیوکالچو (فولین) انجام گرفت. برای این منظور یک گرم از بافت کلاهک قارچ با ۱۰ میلی‌لیتر حلال استخراج (۸۰ درصد متانول و ۲۰ درصد آب مقطر) به آن اضافه شد، آنگاه عصاره حاصل از نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری و در نهایت پس از ریخته شدن در میکروتیوپ با دور ٤۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره غلیظ در داخل لوله آزمایش ریخته شده و ۱۸۰ میکرولیتر آب مقطر به آن اضافه گردید در مرحله بعد میزان ۱۲۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد (رقیق شده ۱:۱۰ با آب مقطر) به آن اضافه شد. پس از ۵ دقیقه از افزودن فولین، مقدار ۹٦۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه گردید. نمونه‌ها در شرایط تاریک قرار داده شدند. پس از به مدت ۱/۵ ساعت نگهداری در تاریکی و دمای اتاق، میزان جذب عصاره در طول موج ۷٦۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت، میزان فنول کل از روی میزان جذب نمونه و مقایسه آن با استاندارد برحسب میلی‌گرم اسیدگالیک در یک گرم بافت تازه محاسبه شد [۲۳].

۲-٤-۸- اندازه‌گیری رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (مدل CR-400، شرکت توکیو[9]، ژاپن) بر اساس پارامترهای هانترلب مورد ارزیابی قرار گردید. میزان رنگ از طریق پارامترهای هانتر، برحسب روشنایی (L*)، قرمزی - سبزی (a*)، و زردی - آبی (b*) گزارش شد. شاخص L* معرف میزان روشنایی نمونه و دامنه آن از ۰ (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) است. شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر می‌باشد. شاخص b* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد [۲٤]. همچنین میزان تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن (BI) در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش به صورت زیر رابط (٤) و (۵) محاسبه شد:

رابطه (٤)
$$x = \frac{a+1.75\,L}{5.645\,L+a-3.012\,b}$$

رابطه (۵)
$$BI = \frac{100\,(X-0.31)}{0.172}$$

۲-٤-۹- تست مکانیکی سنجش بافت

برای تعیین سفتی بافت نمونه‌ها از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA Plus XT، شرکت استیبل میکروسیستم، انگلستان) استفاده شد .بدین منظور از پروب استوانه‌ای فولادی با سرعت جابه‌جایی یک میلی‌متر بر ثانیه استفاده گردید و آزمون نفوذ با میزان جابه‌جایی ٦ میلی‌متر انجام گرفت. مقادیر نیروی نفوذ بادقت۰/۱ نیوتن و جابه‌جایی پروب بادقت ۰/۰۰۱ ثانیه ثبت گردید. با استفاده از نمودارهای نیرو - زمان، حداکثر نیروی نفوذ بر حسب گرم محاسبه گردید [۲۵].

۲-٤-۱۰- اندازه‌گیری میزان ویسکوزیته‌ی ظاهری صمغ ثعلب

میزان ویسکوزیته محلول‌های پوششی ۰/۲۵ ،۰/۷۵ و ۱/۵ صمغ ثعلب با استفاده از ویسکومتر (مدل LVDV-IP شرکت بروکفیلد[10]، آمریکا) در ۳۷ درجه سانتیگراد و اسپیندل شماره ٦۳ و ٦۲ نوع LV_2، سرعت چرخشی rpm ۱۰ برای غلظت ۱/۵ درصد، سرعت چرخشی ٦۰ rpm غلظت۷۵ /۰ درصد، سرعت چرخشی rpm ۱۰برای غلظت ۰/۲۵ درصد و پس از مدت ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری شد. قبل از اندازه‌گیری، نمونه‌های صمغ ثعلب به مدت ۱ دقیقه به‌صورت دستی هم زده شدند. میانگین ۳ تکرارها در دوره‌های مختلف به‌عنوان ویسکوزیته نهایی گزارش شد [۲٦].

9- Colorimeter Minolta,Tokyo

10 -Brookfield

۲-٤-۱۱- بررسی زنده‌مانی باکتری *Lactobacillus fermentum* محصور در پوشش قارچ دکمه‌ای

جهت انجام آزمون میکروبی، ۱۰ گرم از نمونه‌ها در ۹۰ میلی-لیتر سرم فیزیولوژی ۸۵٪ مخلوط و هموژن شده و برای هر نمونه ۲ رقت تهیه گردید. از هر رقت ۱ میلی‌لیتر برای شماره ش *Lactobacillus fermentum* در محیط کشت MRS agr به روش کشت آمیخته انجام گرفت. سپس برای شماره‌اش کلی باکتری‌ها پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی-گراد به مدت ٤۸ ساعت به صورت وارونه در انکوباتور قرار داده شدند. پلیت‌ها پس از ٤۸ ساعت از انکوباتور خارج نموده و شمارش کلنی‌ها را انجام می‌دهیم و نتایج به‌صورت CFU/g بدست آمد [۲۷].

۲-۷-۱۲- ویژگی‌های حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۱۰ نفر از دانشجویان دانشگاه ارومیه و با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای برای پارامترهای رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی، انجام شد. جهت انجام این آزمون، هر یک از اعضا در فرم‌های پرسش‌نامه تدوین شد. به هر یک از فاکتورها امتیازی از ۱ تا ۵ داده شد. عدد ۵ نشان‌دهنده بالاترین امتیاز و بهترین حالت و عدد ۱ بیانگر کمترین امتیاز و بدترین حالت است[۲۸].

۲-۸- تجزیه‌وتحلیل آماری

در پژوهش حاضر تعداد نمونه‌ها شامل نمونه شاهد قارچ و همچنین تیمارهای صمغ ثعلب حاوی باکتری *Lactobacillus fermentum* در سطوح (صفر، ۰/۲۵،۰/۷۵، ۱/۵درصد) و زمان نگهداری شامل روزهای صفر، هشت، پانزدهم بود. طرح فاکتوریل برپایه آزمون کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد و خواص فیزیکی و شیمیایی قارچ توسط نرم‌افزار . Expert.Design 7 مطالعه شد.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- ویسکوزیته صمغ

قبل از انجام تیمارهای مختلف پوشش‌دهی به روش غوطه-وری به‌منظور درک بهتر از خصوصیات فیلم یا لایه پوشش، خصوصیات مهم محلول پلیمری ثعلب شامل گرانروی یا ویسکوزیته اندازه‌گیری شد. چسبندگی و یکنواختی لایه پوششی دو معیار مهم در ارزیابی تشکیل پوشش بر روی میوه‌ها هستند. این معیارها به طور مستقیم تحت تاثیرگرانروی و کشش سطحی محلول پوششی قرار دارند. تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ روی ویسکوزیته پوشش معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$) همان‌طور که در جدول (۱-۱) هم آورده شده است، با افزایش غلظت صمغ ویسکوزیته یا گرانروی پوشش نیز افزایش قابل‌توجهی نشان می‌دهد و بیشترین ویسکوزیته با مقدار ۵۳٦۳ سانتی پوآز مربوط به نمونه پوشش حاوی ۱/۵ درصد صمغ بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صمغ ثعلب از ترکیبات پلی‌ساکاریدی است، هیدروفیل بوده و وزن مولکولی بالایی دارد با افزایش غلظت ثعلب تعداد اتصالات بین‌رشته‌ای بیشتر شده درهم تنیده‌گی زنجیره‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه ویسکوزیته محلول بالاتر می‌رود [۳۰-۲۹].

Table 3-1: Investigating the viscosity of different concentrations of salep gum

غلظت صمغ ثعلب (گرم ثعلب/۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)	ویسکوزیته (سانتی پوآز)
۰/۲۵	٤۰/٤۵±۰/۲۵^{c}
۰/۷۵	۳۳۵/۹۰±۰/۲۵^{b}
۱/۵	۵۳٦۳/۰۰±٦۰^{a}

۳-۲- اثر پوشش بر pH

نتایج ارزیابی pH در قارچ‌های بدون پوشش و پوشش داده شده در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۱) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری روی pH قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت صمغ ثعلب pH تیمارها افزایش یافت ولی با افزایش مدت زمان نگهداری از روز صفر تا روز پانزدهم pH تیمارها قارچ

کاهش یافت. همچنین در نمونه شاهد که پوشش‌دهی انجام نشده بود pH در طول زمان نگهداری با شیب تندی کاهش یافت ولی با پوشش‌دهی نمونه‌ها با غلظت‌های مختلف صمغ کاهش pH در طول زمان نگهداری کمتر بود؛ بنابراین بیشترین نوسانات pH در نمونه شاهد که پوشش‌دهی انجام نشده است. همچنین وجود پروبیوتیک‌ها در پوشش اگرچه مقدار pH اولیه را کاهش می‌داد ولی تغییری در روند افزایشی آن طی زمان ایجاد نکرد. با این حال می‌توان گفت که حضور پروبیوتیک افزایش pH را کندتر می‌نمود که آن هم می‌تواند به جلوگیری یا کند نمودن فعالیت کپک و مخمر عامل فساد که سبب افزایش در pH می‌شوند نسبت داد[۳۱].پوشش‌دهی دیگر تیمارها با غلظت‌های ۰/۲۵ ، ۰/۷۵ و ۱/۵ صمغ ثعلب کاهش pH در طول زمان نگهداری کمتر بود همچنین تعادل pH را می‌توان به پایداری صمغ ثعلب در محیط اسیدی ربط داد. مقدار pH نشان دهنده اسیدی و یا قلیایی بودن محصولات باغبانی می‌باشد اما میزان pH میوه همیشه با مقدار اسیدهای آلی محصول رابطه مستقیم ندارد. اسیدهای آلی عمدتا جزء اسیدهای ضعیف بوده و تاثیر زیادی بر روی pH میوه نداشته و اسیدهای قوی سبب تغییر سریع pH می‌شوند. pH یا غلظت یون‌های H^+, بر روی مزه تأثیر ندارند و اهمیت آنها بیشتر به‌دلیل تأثیر بر واکنش‌های آنزیمی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (مخمرها و باکتری‌ها) می‌باشد، بنابراین در مقایسه با اسیدیته قابل تیتراسیون، تغییرات pH از اهمیت کمتری به عنوان یک فاکتور کیفی مؤثر بر مزه برخوردار است. در بیشتر میوه‌ها در طول انبارداری pH میوه‌ها افزایش می‌یابد و این به‌دلیل کاهش اسیدهای آلی است ولی این افزایش در pH اکثر میوه‌ها متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تأثیر بر pH را دارند [۳۲]. نتایج مشابه امیری و همکاران (۱۴۰۰) گزارش نمودند افزایش pH میوه، به‌دلیل تغییرات بیوشیمیایی میوه مانند تجزیه اسیدهای آلی به قندها و شرکت در چرخه تنفس می‌باشد که پوشش خوراکی کامپوزیتی پروتئین تغلیظ شده شیر- پکتین تقویت شده با کلسیم کلرید و اسانس سیاه دانه توانست سرعت تنفس و تجزیه اسیدهای آلی را کاهش دهد و در نتیجه باعث پایین نگه داشتن pH توت فرنگی در طول مدت نگهداری شود [۱۲].

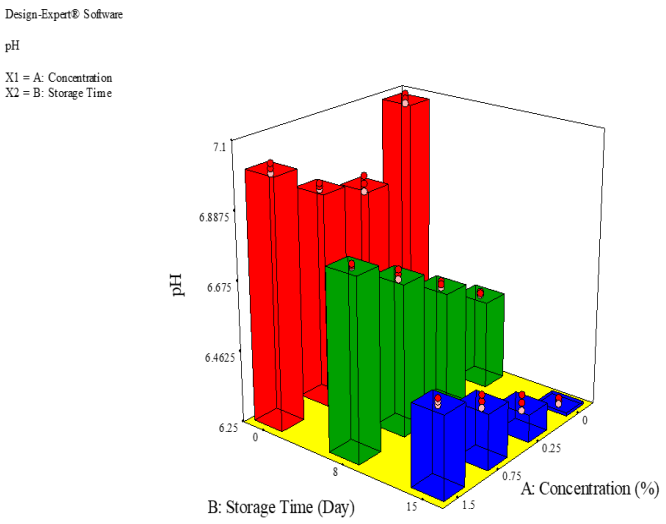

Figure 3-1: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom pH

۳-۳- اثر پوشش بر روی اسیدیته (TA)

نتایج ارزیابی میزان اسیدیته در قارچ پوشش‌دار و بدون پوشش در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۲) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری روی اسیدیته قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ ثعلب مقدار اسیدیته تیمارها افزایش یافته است که می‌توان به کاهش شدت تنفس میوه‌های پوشش داده شده با ثعلب نسبت داد، اسیدسیتریک که یکی از مواد اصلی تنفس است. با افزایش غلظت پوشش از اسیدسیتریک در برابر اکسیداسیون محافظت می‌شود بنابراین غلظت اسیدسیتریک با افزایش غلظت پوشش افزایش پیدا می کند و در نتیجه اسیدیته بالاتر می‌رود [۳۱]. و با افزایش مدت زمان نگهداری از روز صفر تا روز پانزدهم اسیدیته تیمارها افزایش یافت. نمونه شاهد افت اسیدیته بیشتری نسبت به تیمارهای دیگر در طول دوره‌ی نگهداری داشته است. در مورد اثر افزایش زمان با گذشت زمان مقدار رطوبت کم شده میزان ماده ی خشک افزایش می یابد و در نتیجه غلظت اسید در وزن

مشخص نمونه قارچ بیشتر می شود این باعث افزایش اسیدیته می شود[۳۳]. وربکن و همکاران (۲۰۰۳) میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمار شده با اسانس ریحان در همه غلظت‌های به کار رفته بالاتر از میوه شاهد گزارش شد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد [۳٤]. نتـایج به دست آمده با نتایج حاصل از پژوهش امامی و همکاران (۲۰۱۹) ترکیب عصاره هسته انگور با پوشش ثعلب، در نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به شاهد مشاهده شد که می‌تواند از بلوغ میوه جلوگیری و کنترل کند و اسیدیته را بهبود ببخشد و از افزایش مواد جامد محلول در توت‌فرنگی با کاهش میزان تنفس و عفونت میکروبی آنها در طول نگهداری جلوگیری کند [۱۵].

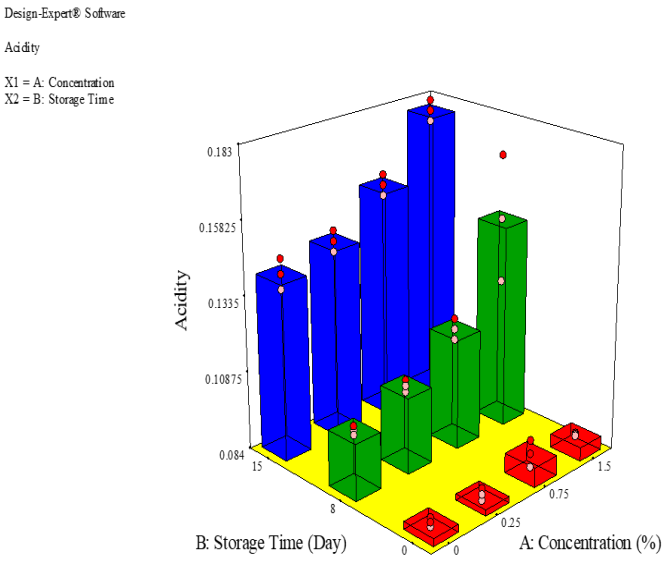

Figure 3-2: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom TA

۳-٤- اثر پوشش بر میزان مواد جامد محلول

نتایج ارزیابی میزان مواد جامد محلول (TSS) در قارچ پوشش‌دار و بدون پوشش در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۳) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری روی TSS قارچ معنی-دار بود (p<۰/۰۵). همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می-شود با افزایش غلظت صمغ ثعلب مقادیر TSS تیمارها افزایش پیدا کرده است، همچنین با افزایش مدت زمان نگهداری از روز صفر تا روز پانزدهم TSS همه‌ی تیمارها نیز افزایش یافته است. در مورد افزایش TSS با افزایش غلظت صمغ احتمالا در حین آزمون اندازه‌گیری TSS از ماده ی خشک صمغ نیز در آزمون وارد شده است و همین باعث افزایش ماده خشک در نتایج این آزمون می‌باشد [۱۵]. قربانی و همکاران (۱۳۹۵) دلیل افزایش مواد جامد محلول را می-توان به معیار بلوغ و رسیدن میوه و تخریب کربوهیدرات‌ها و شروع فساد میوه‌ها و از طرف دیگر شکسته شدن اسید به قند در طول تنفس میوه نسبت داد، کاهش تدریجی مقدار آب موجود در قارچ است که با گذشت زمان و طی دوره نگهداری اتفاق می‌افتد و باعث می‌شود مواد جامد محلول آن در میزان آب کمتری قرار داشته باشند در نتیجه بریکس غلظت بیشتری پیدا می‌کند [۳۵]. سیاهرودی و همکاران (۱۳۹٤) با بررسی اثر پوشش آلوئه‌ورا به همراه عصاره گیاه گزنه بر روی عمر نگهداری قارچ خوراکی به این نتیجه رسیدند که با گذشت زمان در طی دوره‌ی نگهداری در انبار سرد میزان مواد جامد محلول در قارچ‌ها به طور معنی‌دار افزایش یافته است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۳٦].

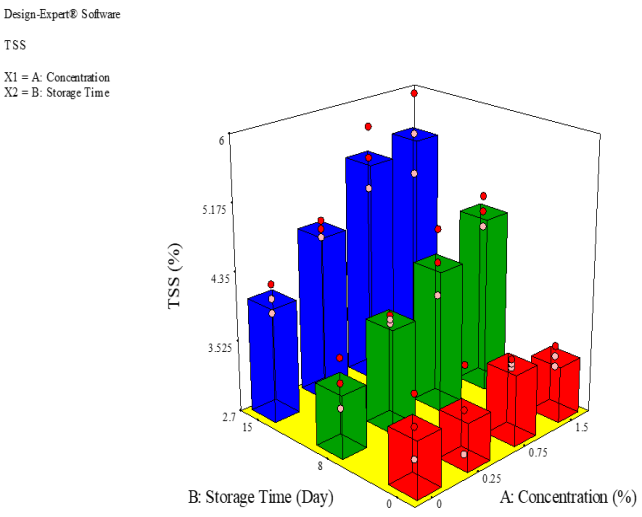

Figure 3-3: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom TSS

۳-۵- اثر پوشش بر افت وزنی

نتایج ارزیابی میزان افت وزنی در قارچ پوشش‌دار و بدون پوشش در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-٤) آمده است، تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری روی افت وزنی قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ ثعلب افت وزنی کم‌تر است، نتایج حاصل از افت وزن روزهای صفر تا پانزدهم یک‌روند افزایشی با گذر زمان بود. افزودن سویه پروبیوتیک هم به‌عنوان ترکیب فعال به داخل پوشش بر کاهش افت وزن موثر بود. علت آن می‌تواند به خصوصیات ضدمیکروبی پروبیوتیک باشد، پروبیوتیک‌ها با کاهش شمارش کپک و مخمر ایجادکننده فساد بر سطح قارچ‌های خوراکی از افت کیفیت و به طبع افت وزنی ناشی از فساد قارچی می‌کاهند. علل افت وزن در میوه و سبزی، تعرق و خروج کربن‌دی‌اکسید طی فرآیند تنفس است که این امر در میوه‌های با پوست نازک شدیدتر بوده و به دنبال خروج رطوبت، چروکیدگی و فساد میوه هم تسریع می‌یابد. پوشش خوراکی با ایجاد یک مانع و از طریق محدود نمودن انتقال آب و محافظت از اپیدرم میوه در برابر حملات میکروارگانیسم‌های عامل فساد و یا همچنین پوشاندن جراحات احتمالی موجود بر سطح میوه، از دست دادن رطوبت را به تأخیر می‌اندازد [۳۷]. کاهش وزن یک فرایند مهم فیزیولوژیکی است و یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت قارچ تازه به شمار می‌آید. نتایج مشابه حاجبی و همکاران (۲۰۲۱) پوشش ترکیبی ژل آلوئه‌ورا، کیتوزان و کلرید کلسیم روی میوه انبه نشان داد، پوشش تیمارها کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد در طول نگهداری داشتند. پوشش‌های خوراکی لایه‌ی صاف روی سطح میوه تشکیل می‌دهند که روزنه‌ها و سلول‌های نگهبان را می‌پوشاند و در نتیجه باعث کاهش انتقال آب و تبخیر و همچنین تبادل گاز از طریق سطوح میوه می‌شود و در نهایت باعث کاهش تنفس و تعرق می‌شود [۳۸].

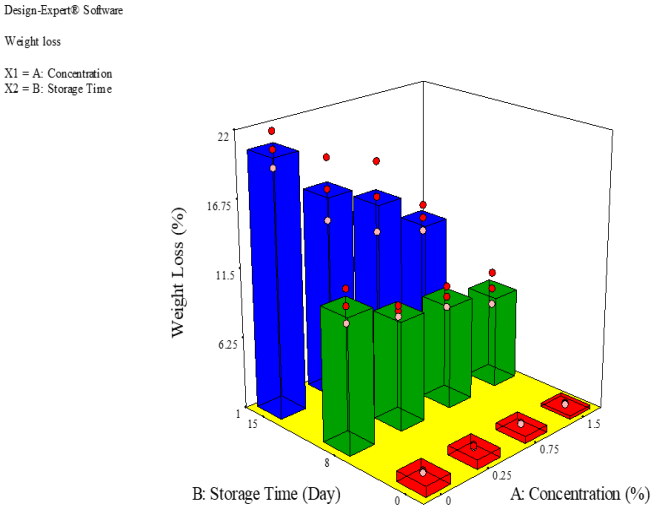

Figure 3-4: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom weight loss

۳-٦- اثر پوشش بر اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک ماده مغذی مهم در سنجش کیفیت محصول بوده و با اکسیداسیون، مقدار آن در مقایسه با دیگر مواد مغذی در زمان نگهداری و انبارمانی کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار اسید آسکوربیک در میوه‌های تازه و در مرحله قبل از رسیدن دیده می‌شود و سپس مقدار آن به دلیل فعالیت آنزیم‌های اسید آسکوربیک اکسیداز کاهش می‌یابد. روند اکسیداسیون اسید آسکوربیک نزولی بوده که میزان کاهش آن به سطح اکسیژن محلول و دمای انبار بستگی دارد [۳۹]. نتایج ارزیابی میزان اسیدآسکوربیک در قارچ‌های پوشش‌دار و بدون پوشش (شاهد) در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۵) آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مدت زمان نگهداری میزان اسید آسکوربیک هم در نمونه شاهد و هم در نمونه‌های تیمار شده به آرامی کاهش یافت. با افزایش غلظت صمغ ثعلب به طور معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد از افت اسید آسکوربیک بعد از ۱۵ روز نگهداری جلوگیری کرد. در روزهای اول بین تیمارها تغییرات معنی‌داری برای اسید آسکوربیک مشاهده نشده است ($p>۰/۰۵$). و در روز هشتم تغییرات بین تیمارها برای اسید آسکوربیک به‌صورت ملایم کاهش یافته بود و در پایان

دوره نگهداری بیشترین کاهش اسید آسکوربیک مربوط به نمونه شاهد (۱۸/۰۹ mg/100g) و بیشترین تأثیر پوشش مربوط به غلظت ۱/۵ درصد (۲۸/۳٦ mg/100g) می‌باشد و دلیل آن این است از آنجایی که افت اسید آسکوربیک با حضور اکسیژن ارتباط تنگاتنگی دارد، استفاده از پوشش صمغ ثعلب سبب کاهش نفوذ اکسیژن و سرعت تنفس شده، منجر به آهسته شدن فرآیند پژمرده شدن می‌گردد که نتیجه‌ی آن حفاظت بهتر از اسید آسکوربیک و تأخیر در فساد قارچ می‌باشد. در حالی که نمونه شاهد به دلیل حضور اکسیژن تخریب اسید آسکوربیک بیشتر است. اسید اسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان قوی است که ممکن است از آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن جلوگیری یا کاهش دهد. محتویات اسید اسکوربیک نه تنها مستقیماً بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تأثیر می‌گذارد، بلکه یک شاخص مهم از تازگی قارچ‌ها است [٤٠]. اسید آسکوربیک به چند روش در کنترل قهوه‌ای شدن نقش دارد. با کاهش pH بافت موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های خانواده پلی فنل اکسیداز و کاهش جمعیت باکتری می‌شود[٤١]. حضور پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* هم در پوشش خوراکی میوه با کاهش تعداد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و همچنین افت رطوبت به حفظ ویتامین‌ها کمک می‌کند[۳۱]. امیری و همکاران(۱٤۰۰) با به کارگیری پوشش خوراکی کامپوزیتی پروتئین تغلیظ شده شیر- پکتین تقویت شده با کلسیم کلرید و اسانس سیاه دانه برای توت فرنگی، کاهش نفوذپذیری به اکسیژن را عامل مهمی در افزایش ماندگاری اسیدآسکوربیک بیان داشتند [۱۲].

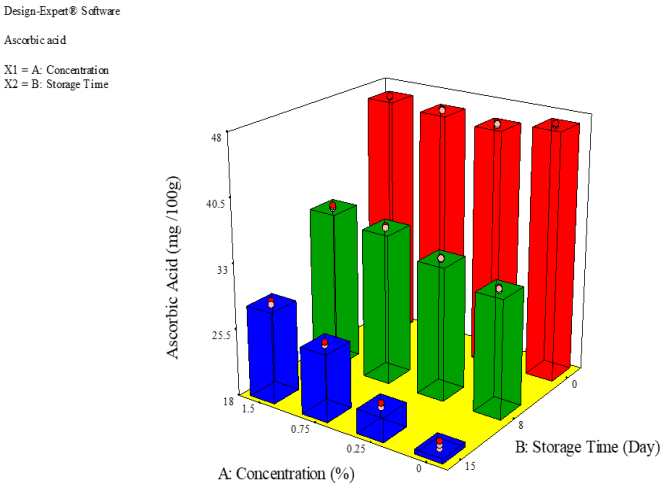

Figure 3-5: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom ascorbic acid

۳-۷- اثر پوشش بر میزان آنتی اکسیدان

نتایج ارزیابی میزان آنتی اکسیدان در قارچ‌های پوشش‌دار و بدون پوشش (شاهد) در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-٦) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری روی میزان آنتی‌اکسیدان قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). با افزایش صمغ ثعلب ظرفیت آنتی‌اکسیدان افزایش ولی با افزایش مدت ماندگاری مقدار آن کاهش یافت که این اختلاف معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). با افزایش غلظت پوشش به دلیل محافظت از ترکیبات فنولی در برابر اکسیژن این ترکیبات فنولی خاصیت آنتی اکسیدانی دارند و نشان می دهند و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش پیدا می کند دلیل افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش غلظت پوشش محافظت از ترکیبات فنولی است. ولی با افزای ش مدت ماندگاری آنتی‌اکسیدان کاهش می‌یابد که این اختلاف معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$)با گذشت زمان هم چون تجزیه می‌شوند این ترکیبات تحت تاثیر آنزیم پلی فنل اکسیداز قرار می‌گیرند بنابراین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به دلیل کاهش ترکیبات فنولی کم‌تر می‌شود. تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی کامل منطبق با تغییرات محتوای فنولی در نمونه‌ها است. طی زمان نگهداری، فعالیت آنتی اکسیدانی در قارچ‌ها کاهش می‌یابد که این روند به دلیل حافظت سلول در برابر آسیب‌های ناشی

از رادیکال های آزاد است [۱۵]. در قارچ دکمه‌ای پوشش دهی شده فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر حفظ گردید که می‌تواند به دلیل حفظ بیشتر اسید آسکوربیک نسبت به نمونه شاهد باشد. نتایج حاصل با نتایج عشقی و همکاران (۲۰۱۳) که نشان دادند در توت فرنگی پوشش‌دهی شده با پوشش نانوامولسیونی حاوی کیتوزان فعالیت آنتی-اکسیدانی بیشتر حفظ می‌شود که می‌تواند به‌دلیل حفظ بیشتر آسکوربیک اسید و آنتوسیانین نسبت به نمونه شاهد باشد، مطابقت داشت[۴۲]. همچنین در پژوهش دیگر شاهی و همکاران (۱۳۹۸) بررسی نتایج مقایسه میانگین تأثیر پوشش‌های خوراکی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه عناب تازه نشان داده است که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عناب‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد بیشتر بوده است [۴۳].

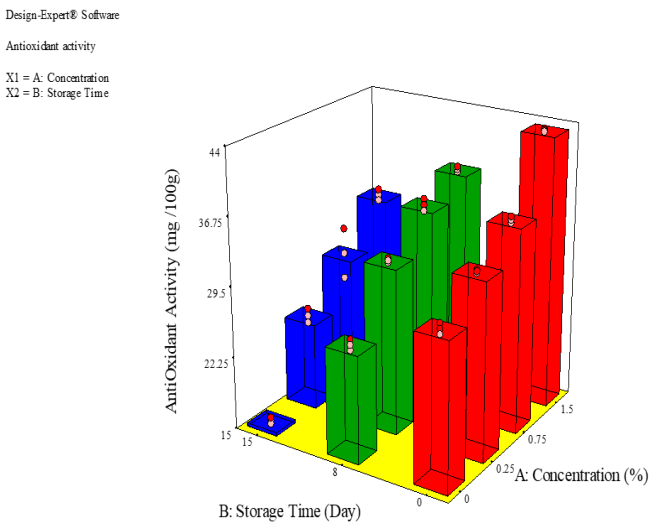

Figure 3-6: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom antioxidants

۳-۸- اثر پوشش بر محتوی فنل کل

نتایج ارزیابی میزان محتوای فنول کل در قارچ‌های پوشش‌دار و بدون پوشش (شاهد) در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۷) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت و زمان نگهداری بر میزان ترکیبات فنولی کل قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). با افزایش غلظت صمغ ثعلب محتوای فنول کل افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش مدت نگهداری محتوای فنول کل افزایش یافت، ترکیبات فنولی، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که از مسیرهایی در گیاهان مشتق می‌شوند. این ترکیبات نقش مهمی را بر ویژگی‌های رنگ و حساسیت میوه‌ها و سبزی‌ها برعهده دارند. ترکیبات فنولی موجود در گیاهان، بخش قابل توجه ی از رژیم غذایی انسان هستند و به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی توجه قابل ملاحظه‌ای به آنها شده است. محتوای فنولی می تواند به عنوان شاخصی از ظرفیت آنتی اکسیدان عمل کند. آنزیم پلی فنل اکسیداز در حضور اکسیژن باعث پلیمریزه شده ترکیبات فنلی و کاهش مقدار آنها و تبدیل آنها به ترکیبات قهوه‌ای رنگ می‌شود[۴۴]. وقتی غلظت پوشش افزایش پیدا می‌کند به دلیل کاهش تماس با اکسیژن ممانعت از نفوذ اکسیژن محافظت از ترکیبات فنولی بیشتر اتفاق می‌افتد در نتیجه محتوای فنولی کل با افزایش غلظت پوشش افزایش پیدا می کند. افزایش محتوای فنول کل با افزایش زمان هم می‌شود به کاهش رطوبت و افزایش ماده خشک نسبت داد و با پژمرده شدن و پلاسیده شدن کاهش رطوبت نمونه‌های قارچ محتوای فنول در واحد وزن قارچ مانند اسیدیته افزایش پیدا می کند و این باعث افزایش ترکیبات فنول تا روز هشتم و بعد از آن دوباره کاهش پیدا می کند می‌توان به فعالیت شروع آنزیم پلی فنل اکسیداز نسبت بدهیم که با شروع فعالیت مجددا مقداری از ترکیبات فنلی تجزیه می‌شوند و محتوای فنولی در روز نهایی کاهش پیدا می‌کند [۴۵]. از طرفی می‌توان گفت که نقش اصلی پروبیوتیک در کاهش افت ترکیبات فنلی می‌تواند به خاصیت رقابت با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و تولید ترکیبات ضد میکروبی نسبت داد که به حفظ کیفیت میوه کمک می‌کند و از شدت واکنش‌های تخریبگر ناشی از این میکروارگانیسم‌ها می‌کاهد[۳۱]. نتایج به‌دست آمده با نتایج قربانی و همکاران (۱۳۹۵) که به بررسی تأثیر پوشش خوراکی موسیلاژ دانه شاهی بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای پرداختند و با آنالیز نتایج

نشان دادند که پوشش خوراکی تاثیر معنی‌داری در جلوگیری از کاهش ترکیبات فنولی قارچ داشت، مطابقت داشت[۳۵]

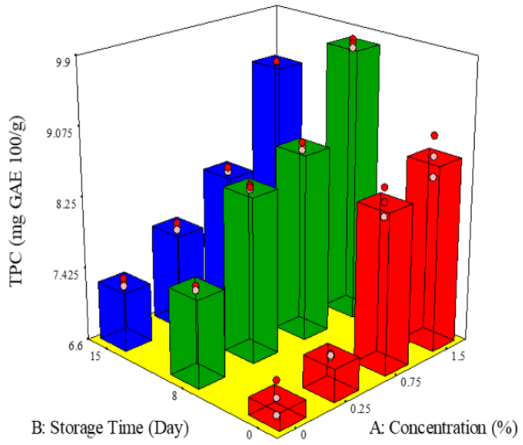

Figure 3-7: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom Total phenol

۳-۹- پارامتر L *

همان‌گونه که در نتایج مشاهده می‌شود، داده‌های حاصل از پارامتر L* عموماً در بیشتر نمونه‌ها بیانگر یک روند کاهشی با گذر زمان بود، بیشترین میزان شاخص L* در نمونه شاهد به میزان ۷٦/۳٤ در روز صفر و کمترین میزان مربوط همان نمونه در روز پانزدهم به میزان ٤۷/۳۲ بود. زیرا پوشش سطحی به روش غوطه‌وری به دلیل ماهیت ماده پوششی از روشنایی سطح قارچ می‌کاهد. با افزایش صمغ ثعلب روشنایی قارچ‌ها بیشتر شد ولی با گذر زمان روشنایی کاهش یافت یعنی اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p <۰/۰۵). اسپرانزا و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند استفاده از پوشش‌های خوراکی به همراه پروبیوتیک خصوصیات رنگی برش‌های سیب و طالبی را در مقایسه با حالتی که از پروبیوتیک بدون همراه پوشش استفاده شده بود، بهتر حفظ کرده [٤٦].

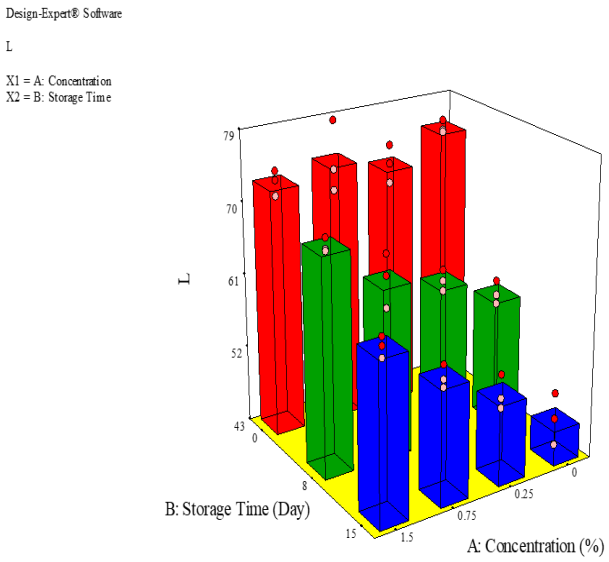

Figure 3-8: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom L*

۳-۱۰- پارامتر a*

بالاتر بودن a* بیانگر افزایش واکنش‌های قهوه‌ای شدن در طول دوره‌ی نگهداری است. همانگونه که در شکل ۳-۹ مشاهده می‌گردد به‌طورکلی افزایش غلظت صمغ ثعلب و مدت زمان بر روی پارامتر a* معنی‌دار می‌باشد (p <۰/۰۵). در روز صفر به ترتیب دو غلظت صمغ ثعلب ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد بر شاخص a* به طور ثابت افزایش یافت و تأثیر یکسان داشتند و همچنین در همان روز به ترتیب ۰/۲۵ درصد و شاهد به‌صورت یکسان کاهش داشتند. در روز هشتم نگهداری قارچ به ترتیب شاهد و غلظت صمغ ثعلب ۰/۷۵درصد افزایش و در روز پانزدهم نگهداری قارچ به ترتیب شاهد و غلظت‌های متفاوت صمغ ثعلب افزایش در پارامتر a* مشاهده داشتند. این شاخص که تغییرات قرمزی نمونه‌ها را در طول زمان ذخیره‌سازی نشان می‌دهد، تدریجاً افزایش می‌یابد. بلوغ و رسیدگی و تنفس نمونه‌ها منجر به افزایش قرمزی شد. تنفس و فعالیت آنزیمی بالاتر شاهد نسبت به نمونه‌های پوشش‌دار و سریع‌تر بودن فرآیند رسیدگی میوه، افزایش در قرمزی نمونه‌ها را به دنبال دارد [٤٦].

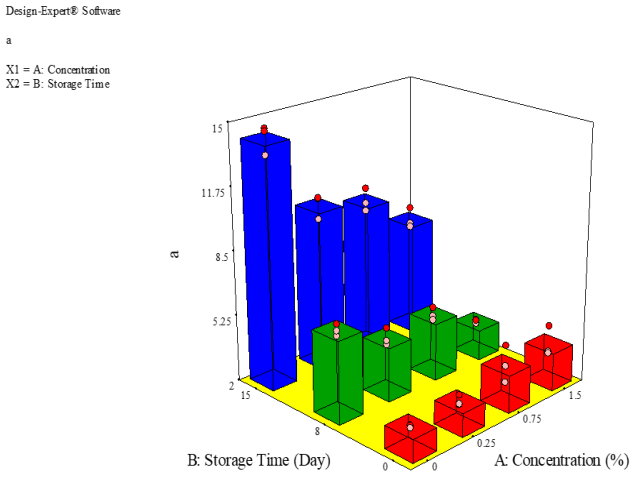

Figure 3-9: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom a*

۳-۱۱- پارامتر b^*

همان‌گونه که در نتایج مشاهده می‌شود، با افزایش صمغ ثعلب با یک‌روند خیلی کند پارامتر*b افزایش یافته ولی با افزایش زمان مدت نگهداری *b با یک‌روند تند افزایش یافته است. کمترین مقدار در روز صفر برای نمونه شاهد بود و تیمارهای بعدی روندهای ثابتی داشته‌اند و اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p<۰/۰۵$). روز هشتم بیشترین مقدار برای تیمارهای ۰/۷۵ درصد و کم‌ترین مقدار ۱/۵ درصد و در روز پانزدهم بیشترین مقدار ۱/۵ درصد بود و بقیه تیمارها با یک‌روند ثابت طی شده‌اند. نتایج مربوط به زردی b^* مانند نتایج قرمزی *a بوده است. طی زمان نگهداری، خروج رطوبت از محصول سبب آسیب دیواره‌ی سلولی و تماس آنزیم فنل اکسیداز با سوبستراهای فنلی و در نهایت قهوه‌ای شدن قارچ می‌شود [٤٤]؛ بنابراین با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها متمایل به زرد می‌شود. پارامترb^* که شاخص تغییر رنگ از آبی به سمت زرد است مشابه تغییرات پارامتر *aمی‌باشد.

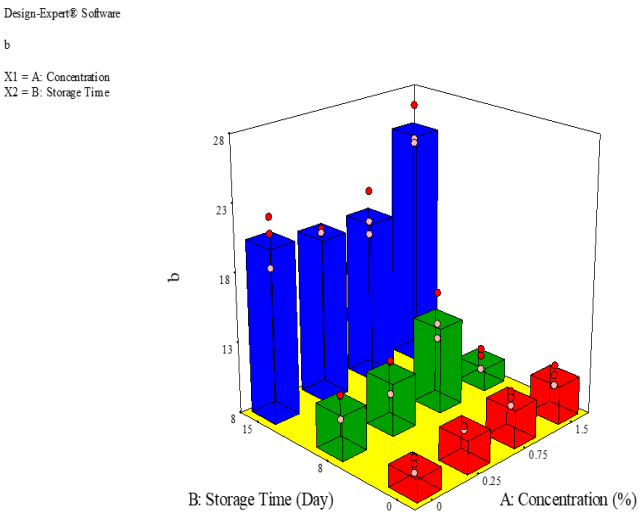

Figure 3-10: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom b*

۳-۱۲ شاخص قهوه‌ای شدن Bi

برای توصیف بهتر تغییرات رنگ در اثر پوشش‌دهی قارچ می‌توان از پارامتر Bi (شاخص قهوه‌ای شدن) استفاده کرد هر چه این شاخص کمتر باشد میزان قهوه‌ای شدن کمتر و در نتیجه رنگ قارچ بهتر است [۲۷]. همان گونه که در نتایج مشاهده می‌شود، داده‌های حاصل از پارامتر Bi در کلیه نمونه‌ها بیانگر یک روند افزایشی با گذر زمان بود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد اختلاف معنی‌داری در تمامی تیمارها وجود دارد ($p<۰/۰۵$). با افزایش صمغ ثعلب در روز صفر تغییرات چشمگیری نداشته‌ایم ($p>۰/۰۵$). بیشترین تأثیر در رنگ قهوه‌ای شدن در روز پانزدهم در نمونه شاهد و همچنین کمترین تأثیر هم در همان نمونه در روز صفر می‌باشد همچنین در روز هشتم تغییرات هم ثابت بود به استثنای تیمار ۱/۵ درصد کاهش یافته و ممکن است علت آن به دلیل آنتی‌اکسیدانی قوی باشد و روز پانزدهم هم کمترین مقدار برای صمغ با غلظت ۱/۵ درصد می‌باشد. یکی از مهم‌ترین علت‌های رنگ قهوه‌ای قارچ‌ها، با رنگ‌دانه‌های تیره و ملانین‌ها که محصول اکسیداسیون و پلیمریزاسیون بسترهای فنلی هستند مرتبط است[٤٤]. در پژوهش دیگر

Baldwin و همکاران (1991) پوشش خوراکی با به تأخیر انداختن رسیدگی در گوجه‌فرنگی، موز و همچنین جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن باعث حفظ بهتر رنگ و ظاهر میوه‌ها شدند [٤٧]پوشش‌دهی قارچ با صمغ ثعلب حاوی *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*، به دلیل فراهم کردن مانعی ضخیم در برابر تبادل گاز بین محیط داخل و خارج پوشش و کاهش سطح اکسیژن، سبب تأخیر در تغییر رنگ و در پژمرده شدن قارچ گردید[٤٨]

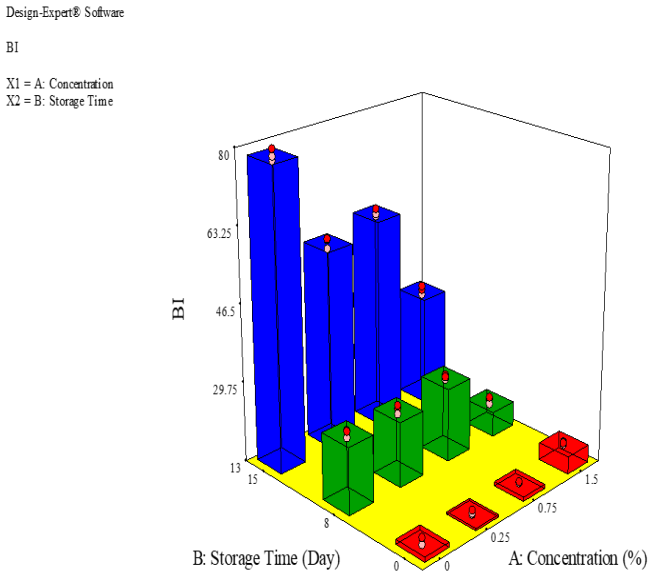

Figure 3-11: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom Bi

۳-۱۳- اثر پوشش بر بافت قارچ دکمه‌ای

نتایج ارزیابی میزان سفتی بافت در قارچ‌های پوشش‌دار و بدون پوشش در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۱۲) آمده است. سفتی بافت قارچ دکمه‌ای در تمامی تیمارها و با گذشت زمان انبارمانی طی پانزده روز به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). نمونه حاوی صمغ ثعلب ۲۵ /۰ در روز پانزدهم پوشش‌دهی بیشتری از تیمارهای دیگر است. این تیمار توانسته سفتی قارچ را تا روز پانزدهم نگهدارد. یعنی پوشش ذکر شده مانع تنفس بیش از اندازه قارچ شده و دیگر تیمارها ۰/۷۵ ، ۱/۵ و شاهد در طی زمان کاهش یافته- اند، بافت نرم‌تر شده و تأثیری در سفتی قارچ دکمه‌ای نداشتند. طی نگهداری قارچ بافت آن نرم و دچار آسیب دیدگی میشود و دلیل کاهش استحکام بافت ممکن است فعالیت آنزیمی و تخریب دیواره سلول‌ها، از بین رفتن بافت پارانشیم و حل شدن پکتین در مایع داخل سلولی باشد [۳۵].. پوشش‌های پلی‌ساکارید همچون، کربوکسی‌متیل سلولز، همانند یک غشاء عمل کرده و در نتیجه دهیدراسیون آب را به تاخیر انداخته و از این طریق منجر به حفظ بافت و سفتی نمونه قارچ در طول دوره نگهداری می‌شوند [٤٩]. واکنش صمغ با ترکیبات دیواره سلولی منجر به سفت شدن بافت می‌شود. همچنین ممکن است استفاده بیش از حد از هیدروکلوئیدها باعث ایجاد لایه‌های مقاوم و پوشاندن خلل و فرج شود که نتیجه آن افزایش سفتی می‌باشد. افزایش میزان هیدروکلوئیدها باعث ایجاد پیوندهای مکرر بین پلی‌ساکاریدها و افزایش سفتی بافت می‌گردد [۲]. Lima و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر صمغ گوار به عنوان پوشش خوراکی برای افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت گوجه فرنگی مورد بررسی قرار دادند به این نتیجه رسیدند که استحکام گوجه‌فرنگی بدون پوشش با سرعت بیشتری نسبت به گوجه‌فرنگی پوشش داده شده ($p<۰/۰۵$) کاهش یافته است. پس از روز چهارم، افت استحکام به طور قابل‌ملاحظه‌ای و مداوم افزایش یافته و بیشتر در نمونه‌های کنترل برجسته می- شود [۵۰].

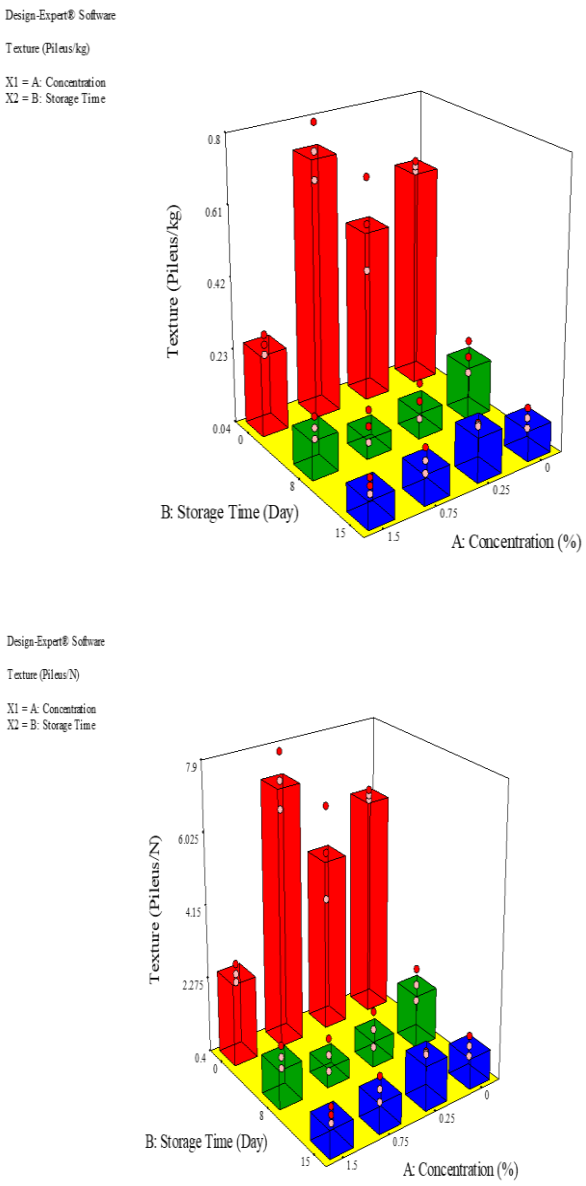

Figure 3-12: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on button mushroom texture

۳-۱۴- اثر پوشش بر زنده‌مانی پروبیوتیک

نتایج ارزیابی زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در قارچ‌های پوشش‌دار و بدون پوشش (شاهد) در طی بازه زمانی ۱۵ روز در شکل (۳-۱۳) آمده است. تأثیر غلظت صمغ ثعلب، زمان نگهداری و برهم‌کنش غلظت روی زنده‌مانی پروبیوتیک قارچ معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان داد با افزایش زمان، تعداد زنده-مانی باکتری *Lactobacillus fermentum* کاهش می‌یابد ولی با افزایش صمغ ثعلب ۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱/۵تعداد زنده‌مانی باکتری‌ها بیشتر می‌شود و در واقع به دام افتادن باکتری‌های پروبیوتیک در ساختار شبکه مانند صمغ ثعلب برخلاف آب مقطر می‌تواند در محافظت از آنها در برابر تنش‌های محیطی کمک شایانی نماید[۲]. با توجه به اینکه حداقل میزان جمعیت میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک پیشنهاد شده در هنگام مصرف محصولات پروبیوتیک توسط بسیاری از محققان جهت بروز اثرات سلامتی بخش در میزبانCFU/g $۱۰^{۶}$ می‌باشد[۱۳]. در این مطالعه بر طبق شکل ۳-۱۳جمعیت باکتری پروبیوتیک بارگذاری شده در سطح قارچ دکمه‌ای پوشش دهی شده با صمغ ثعلب در پایان دوره نگهداری($۴/۴\times۱۰^{۸}$ CFU/g) بیشتر از مقدار توصیه شده برای محصولات پروبیوتیک بود؛ بنابراین مصرف ۱۰۰gr قارچ دکمه‌ای پوشش‌دار می‌تواند منجر به انتقال حدود $۱۰^{۸}$ سلول باکتری پروبیوتیک پس از تحمل تنش‌های دستگاه گوارش به روده گردد. مطابق با این نتایج، در دهه اخیر مطالعات مشابه میوه‌های تازه به عنوان حامل مناسبی جهت انتقال باکتری‌های پروبیوتیک به دستگاه گوارش انسان معرفی شداند. برای مثال تاپیا و همکاران (۲۰۰۷) از پوشش‌های آلژینات و ژلان حاوی آنتی‌اکسیدان و روغن آفتابگردان و باکتری*Bifidobacterium lactis* برای پوشش دهی سیب و انبه استفاده نمودند. نتایج پژوهش این محققان نشان داد که پس از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد جمعیت باکتری در سیب و انبه پوشش دهی شده با دو نوع پوشش آلژینات و ژلان تقریباً ثابت ماند و این میزان بیش از CFU/g $۱۰^{۶}$ تخمین زده شد [۱۳]. شهرام‌پور و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند اثر استفاده از پوشش چند لایه آلژینات کلسیم حاوی باکتری پروبیوتیک بومی *L.plantarum KMC45* زنده‌مانی باکتری در طول ۱۴ روز نگهداری سرد در سطح میوه توت‌فرنگی افزایش یافت[۱۳]. در پژوهش دیگر روسو و همکاران (۲۰۱۵) گونه باکتری پروبیوتیک تلقیح شده به روش غوطه‌وری در سطح طالبی برش خورده را در زنده‌مانی آنها در طول ۱۲ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد را مؤثر دانستند. به طوری که جمعیت زنده *Lactobacillus plantarum B*در پایان دوره

نگهداری بیشتر از *Lactobacillus fermentum PBCC* شمارش شد[۵۱]. در واقع نگهداری میوه‌ها در دمای پایین با کاهش فعالیت متابولیک باکتری‌های پروبیوتیک، زنده‌مانی آنها در شرایط یخچال را افزایش می‌دهد. خدایی و حمیدی اصفهانی (۲۰۱۹) گزارش نمودند که با افزایش غلظت باکتری پروبیوتیک در محلول پوشش کربوکسی متیل سلولز زنده‌مانی باکتری در طول ۱۵ روز نگهداری سرد در سطح میوه توت فرنگی افزایش یافت[۱۳].

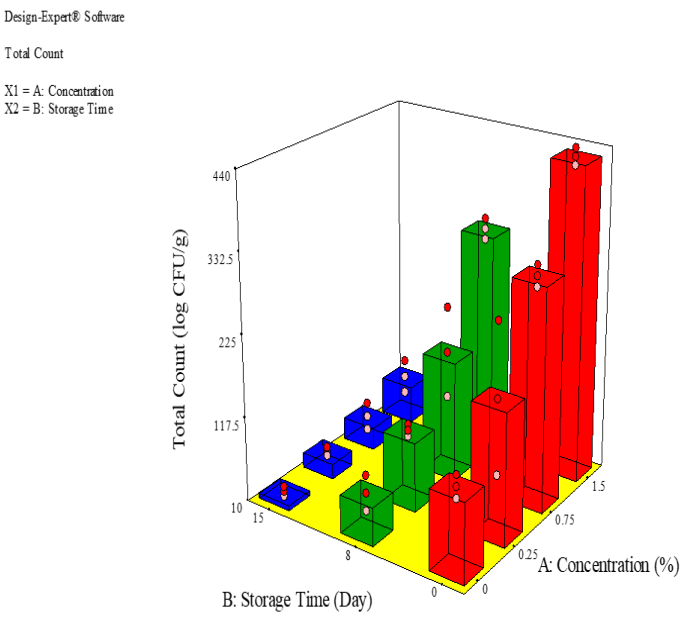

Figure 3-13: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on probiotic survival on button mushroom

۳-۱۵- اثر پوشش بر خصوصیات حسی

ارزیابی حسی توصیفی و هدونیک برای نمونه‌های پوشش‌دهی شده، بر اساس پذیرش رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی صورت گرفت. تأثیر پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی *Lactobacillus fermentum*و زمان نگهداری و اثر متقابل پوشش و زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر روی پذیرش کلی نمونه‌های پوشش داده شده ایجاد نمود ($p<۰/۰۵$). ارزیاب‌ها در روز صفر برای رنگ تیمارها و نمونه شاهد تشخیص یکسان دادند و بیشترین امتیاز مربوط به پذیرش کل، بافت و بو نمونه شاهد است و کم‌ترین امتیاز در پذیرش کلی و بافت به پوشش ۰/۷۵ تعلق دارد. در روز هشتم بیشترین امتیاز برای بافت، رنگ و پذیرش کلی مربوط به تیمار ۱/۵ و ۰/۷۵ است. کم‌ترین امتیاز رنگ، بو و پذیرش کلی مربوط به ۰/۲۵ و شاهد است. در روز پانزدهم نیز همانند روز هشتم بیشترین امتیاز رنگ، بافت، بو و پذیرش کلی مربوط به تیمارهای ۱/۵ و ۰/۷۵درصد و شاهد می‌باشد و کم‌ترین امتیاز هم به ۰/۲۵ و شاهد بود. در نتیجه قارچ‌های دارای پوشش ۱/۵ درصد و ۰/۷۵ درصد نسبت به تمام تیمارها وضعیت ظاهری بهتری داشتند. همچنین علائمی ناشی از پوسیدگی یا تجمع میکروبی و لزج شدن در این تیمارها مشاهده نشد. مطابق نتایج این پژوهش نوروزی‌زاده و همکاران (2020) تاثیر پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز/پکتین حاوی عصاره رازک بر روی برش میوه پرتقال گزارش نمودند، پذیرش کلی نمونه‌ها از لحاظ رنگ، طعم، عطر و بافت نمونه ها در طول دوره‌ی نگهداری حتی تا روز چهاردهم نیز حفظ شده بود. همچنین طعم نمونه‌ها در طول دوره ی نگهداری تغییر محسوسی نداشتند. می‌توان گفت که مدت زمان ماندگاری بیشترین تاثیر را بر مقدار پذیرش کلی نمونه‌ها دارا بود. پذیرش کلی در نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری کاهش داشت، این کاهش به علت نرم و سست شدن بافت نمونه‌ها بوده است [۵۲]. در پژوهش دیگر روسو و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که به غیر از بو (ناشی از تولید متابولیت های باکتری)، سایر ویژگی‌های حسی طالبی برش خورده پس از تلقیح باکتری‌های پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* B2و *Lactobacillu fermentum*طی ده روز نگهداری سرد تغییر نکرد [۵۱].

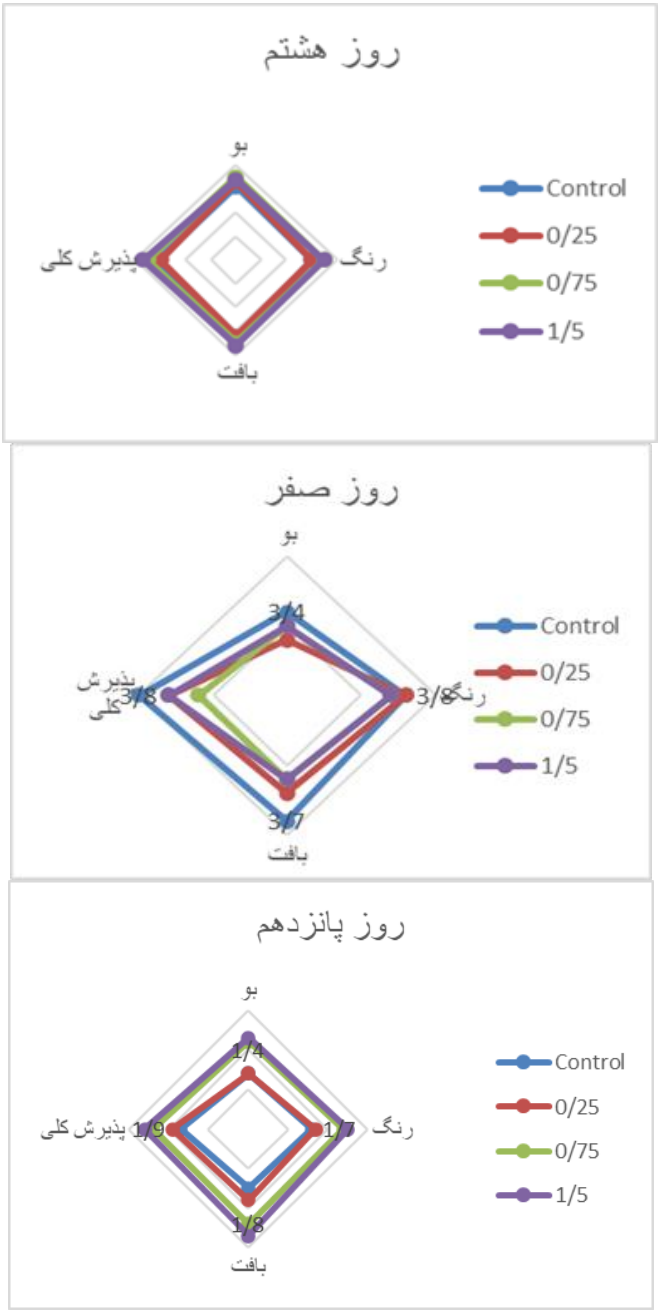

Figure 3-14: Effect of different levels of salep gum edible coating and storage time on sensory properties of button mushroom

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که پوشش‌دهی قارچ خوراکی با پوشش خوراکی صمغ ثعلب حاوی باکتری پروبیوتیک ضمن اینکه ماندگاری را افزایش می‌دهد، می‌تواند ارزش سلامتی بخش آن را نیز بهبود بخشید. می‌تواند ارزش سلامتی بخش آن را نیز بهبود بخشد. بیشتر مدل‌های پیشنهادی این پژوهش R^2 R-adj بالا و معنی‌داری داشتند pH خنثی صمغ ثعلب و همچنین اسیدلاکتیک ترشح شده از باکتری *Lactobacillus fermentum* تأثیر مثبتی بر پایداری برای نگه‌داشتن pH قارچ دکمه‌ای، اسیدیته و مواد جامد محلول دارد. امتیاز بالای پوشش ۱/۵ درصد در کاهش افت وزن و حفظ ترکیبات مغذی اسیدآسکوربیک و فنول کل، آنتی-اکسیدان میوه طی زمان ۱۵ روز نگهداری داشت. تیمار حاوی صمغ ثعلب ۰/۲۵ درصد توانسته سفتی قارچ را تا روز پانزدهم نگهدارد. استفاده از پوشش صمغ ثعلب و پروبیوتیک

سبب بهبود و حفظ شاخص‌های ارزیابی رنگ قارچ‌ها شده و قهوه‌ای شدن را به تأخیر می‌اندازد. پوشش‌های خوراکی مذکور حاوی تعداد سلول‌های فعال لازم در سطح مقبول محصولات پروبیوتیکی می‌باشد. بر اساس نتایج می‌توان به عنوان پوشش زیست فعال و محصول پروبیوتیکی معرفی شود. عدم تأثیر پروبیوتیک بر خصوصیات حسی قارچ خوراکی حتی در غلظت‌های بالا، اگرچه پوشش به همراه حضور پروبیوتیک‌ها سبب کاهش در مقدار فساد و بهبود کیفی میوه شد ولی قادر به ممانعت از تغییرات ناشی از رسیدن و پیری میوه نشد و فساد فیزیکی و شیمیایی اتفاق می‌افتد.

۵-فهرست مراجع

[1] S. Dodangeh, S. Amiri, and L. Rezazad Bari, "A Review of Different Types of Active Packages, Mechanism and their Application in Food Industry," Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 11, no. 44, pp. 80-90, 2021 (In Persian).

[2] Almasi H, Parandi E, Shabani H. Advanced technologies in food packaging "In Farsi". Edition F, editor. Urmia University Publications2020. 315-02 p.

[3] Jabraili, S. Pirsa, M. K. Pirouzifard, and S. Amiri, "Biodegradable nanocomposite film based on gluten /silica/calcium chloride: physicochemical properties and bioactive compounds extraction capacity," Journal of Polymers and the Environment, pp. 1-5, 2021.

[4] Khadem S, Khalili M, Shahabi-ghahfarrokhi I, Dobakhti F, Almasi H. Methods of extending shelf-life and novel packaging systems of button mushroom (Agaricus bisporus) "In Farsi". Journal of Packaging Science and Technology. 2020.

[5] Usman, M., Murtaza, G., & Ditta, A. (2021). Nutritional, medicinal, and cosmetic value of bioactive compounds in button mushroom (Agaricus bisporus): a review. *Applied Sciences*, *11*(13), 5943.

[6] Ding, Y., Zhu, Z., Zhao, J., Nie, Y., Zhang, Y., Sheng, J., Meng, D., Mao, H., & Tang, X. (2016). Effects of postharvest brassinolide treatment on the metabolism of white button mushroom (Agaricus bisporus) in relation to development of browning during storage. *Food and Bioprocess Technology*, *9*(8), 1327-1334.

[7] Gholami, R., Ahmadi, E., & Farris, S. (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*, 88-95.

[8] Pourjavadi, A., Bardajee, G. R., & Soleyman, R. (2009). Synthesis and swelling behavior of a new superabsorbent hydrogel network based on polyacrylamide grafted onto salep. *Journal of applied polymer science*, *112*(5), 2625-2633.

[9] Louis, E., Villalobos-Carvajal, R., Reyes-Parra, J., Jara-Quijada, E., Ruiz, C., Andrades, P.,... & Beldarraín-Iznaga, T. (2021). Preservation of mushrooms (Agaricus bisporus) by an alginate-based-coating containing a cinnamaldehyde essential oil nanoemulsion. *Food Packaging and Shelf Life*, *28*, 100662.

[10] Kurt, A., & Kahyaoglu, T. (2014). Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. *Carbohydrate polymers*, *104*, 50-58.

[11] Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitte,r J.M. and Bressollier, P. 2013. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. LWT-Food Science and Technology. 50(1):1-16.

[12] Amiri, S., Rezazadehbari, M., & Rezazad Bari, L. (2021). The Effect of Milk-Pectin Protein Concentrate Composite Edible Coating Reinforced by Calcium Chloride and Nigella Sativa L. Essential Oil on the Physicochemical, Antioxidant and Microbial Characteristics of Strawberries During Storage

[13] Shahrampour, Dina, Khemeri, Keshiri, & Razavi. (2021). Investigating the effect of using probiotic bioactive coating on the quality characteristics of fresh strawberry fruit. New technologies in food industry, 8(4), 443-456

[14] Rad, M., and Ghafouri, H., and Gholami, Z. (2019). The effect of edible coating containing carboxymethyl cellulose and sodium metabisulfite on shelf life of button mushroom. Iran Food Science and Industry Research, 16(5 (sequential 65)), 581-605.

[15] Emamifar, A., Ghaderi, Z., & Ghaderi, N. (2019). Effect of salep-based edible coating enriched with

grape seed extract on postharvest shelf life of fresh strawberries. *Journal of Food Safety*, *39*(6), e12710.

[16] Hosseininejad, M., and Abidfar, A. (2017). Investigating the quality and viability of Lactobacillus acidophilus and Bacillus coagulans bacteria in probiotic bread. Journal of research and innovation in food science and industry, 7, 337-352.

[17] Keykhosravi, K., Jebelli Javan, A., & Parsaiemehr, M. (2016). Effect of malic acid on bioactive components and antioxidant properties of sliced button mushroom (Agaricus bisporus) during storage. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, *9*(4), 287-294.

[18] Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., & González-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT-Food science and Technology*, *37*(7), 687-695

[19] R. Jalili Marandi, "Postharvest physiology (movement and preservation of fruits, vegetables and ornamental plants)," Jihad Publications of Urmia University, pp. 276, 2004 (In Persian)

[20] 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*, 91-97.

[21] Bor, D., Duncan, J., Lee, A. C., Parr, A., & Owen, A. M. (2006). Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function. *Neuropsychologia*, *44*(2), 229-237.

[22] Lee, S.-J., Umano, K., Shibamoto, T., & Lee, K.-G. (2005). Identification of volatile components in basil (Ocimum basilicum L.) and thyme leaves (Thymus vulgaris L.) and their antioxidant properties. *Food chemistry*, *91*(1), 131-137.

[23] Bari, L. R., Ghanbari, A., Darvishzadeh, R., Giglou, M. T., & Baneh, H. D. (2021). Discernment of grape rootstocks base on their response to salt stress using selected characteristics in combination with chemometric tools. *Food chemistry*, *365*, 130408.

[24] Khuzraei, M., and Jihadi, M., and Fazel, M., and Allameh, A. (2014). Investigating the effect of chitosan-lemon essence coating on the shelf life of whole button mushroom (Agaricus bisporus). Food Science and Nutrition, 13(1 (series 49)), 35-46

[25] Lagnika, C., Zhang, M., Nsor-Atindana, J., & Bashari, M. (2014). Effects of ultrasound and chemical treatments on white mushroom (Agaricus bisporus) prior to modified atmosphere packaging in extending shelf-life. *Journal of food science and technology*, *51*(12), 3749-3757.

[26] Saroglu, O., Karadag, A., Cakmak, Z. H. T., & Karasu, S. (2023). The formulation and microstructural, rheological, and textural characterization of salep-xanthan gum-based liposomal gels. *Polymer Bulletin*, *80*(9), 9941-9962.

[27] Rad, M., and Ghafouri, H., and Gholami, Z. (2019). The effect of edible coating containing carboxymethyl cellulose and sodium metabisulfite on shelf life of button mushroom. Iran Food Science and Industry Research, 16(5 (sequential 65)), 581-605.

[28] Javadian Kutnai, A., and Khavarpour, M. 2014. Investigating the shelf life of mushrooms using an edible coating based on aloe vera and xanthan gel, Journal of Food Processing and Production, Year 5, Number 4, Winter

[29] Gull, A., Bhat, N., Wani, S. M., Masoodi, F. A., Amin, T., & Ganai, S. A. (2021). Shelf life extension of apricot fruit by application of nanochitosan emulsion coatings containing pomegranate peel extract. *Food chemistry*, *349*, 129149.

[30] Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, *136*, 109582.

[31] Al-Tayyar, N. A., Youssef, A. M., & Al-Hindi, R. R. (2020). Edible coatings and antimicrobial nanoemulsions for enhancing shelf life and reducing foodborne pathogens of fruits and vegetables: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, *26*, e00215.

[32] P. Perkins -Veazie, J. K. Collins, A. R. Davis, and W. Roberts, "Carotenoid content of 50 watermelon cultivars ," Journal of Aricultural and Food Chemistry, vol. 54, no. 7, pp. 2593-2597, 2006.

[33] Alikhani, M., and Sharifani, M., and Azizi, M., and Mousavizadeh, S., and Rahimi, M. (1388). Increasing the shelf life and maintaining the quality of strawberry fruit (Fragaria ananasa L.) using mucilage edible coating and thyme essential oil. Agricultural Sciences and Natural Resources, 16(2), 0-0.

[34] Verbeken, D., Dierckx, S., & Dewettinck, K. (2003). Exudate gums: occurrence, production, and applications. *Applied microbiology and biotechnology*, *63*(1), 10-21.

[35] Ghorbani, A., and Maqsoodlou, Y., and Alami, M., and Ghorbani, M., and Sadeghi, A. (2015). Investigating the effect of edible coating of watercress mucilage on fungal shelf life. New technologies in the food industry (new food technologies), 3(12), 89-96.

[36] Siahroudi, S., and Aryai, P., and Fatahi, A. (2014). The effect of aloe vera coating with nettle plant extract on the shelf life of edible button mushrooms in cold conditions, 23rd National Conference on Food Science and Industry of Iran, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli branch, period 1.

[37] Sogvar, O. B., Saba, M. K., Emamifar, A., & Hallaj, R. (2016). Influence of nano-ZnO on microbial growth, bioactive content and postharvest quality of strawberries during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *35*, 168-176.

[38] Hajebi Seyed, R., Rastegar, S., & Faramarzi, S. (2021). Impact of edible coating derived from a combination of Aloe vera gel, chitosan and calcium chloride on maintain the quality of mango fruit at ambient temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*(4), 2932-2942.

[39] O. B. Sogvar, M. K. Saba, and A. Emamifar, "Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit," Postharvest Biology and Technology, pp. 29-35, 2016

[40] Chandra, P., Sharma, R. K., & Arora, D. S. (2020). Antioxidant compounds from microbial sources: A review. *Food Research International*, *129*, 108849. Golan-Goldhirsh, A., & Whitaker, J. R. (1984). Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite, and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *32*(5), 1003-1009.

[41] S. Eshghi, M. Hashemi, A. Mohammadi, F. Badie, Z. Mohammad Hosseini, S. K. Ahmadi, and K. Ghanati, "Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking," Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, vol. 8, no. 2, pp. 9-19, 2013 (In Persian).

[42] Shahi, T., and Mohammadi, M., and Ebrahimi, M. and Poyan, M. and Hosseini, S. (2018). Investigating the effect of chitosan on the preservation of jujubes, the first national conference of jujubes, Birjand. Innovation vein in food science and technology / 10th year / 3rd issue

[43] N. Balasundram, K. Sundram, and S. Samman, "Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses," Food Chemistry, vol. 99, no. 1, pp. 191-203, 2006

[44] Eça, K. S., Sartori, T., & Menegalli, F. C. (2014). Films and edible coatings containing antioxidants-a review. *Brazilian Journal of Food Technology*, *17*, 98-112.

[45] Speranza, B., Campaniello, D., Bevilacqua, A., Altieri, C., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2018). Viability of Lactobacillus plantarum on fresh-cut chitosan and alginate-coated apple and melon pieces. *Frontiers in microbiology*, *9*, 2538.

[46] Baldwin, E. A., & Shaw, P. E. (1991). Development of an Edible Coating for Extending Postharvest Life of Selected Fruits and Vegetables, Myrna O. Nisperos-Carriedo. Proceedings of the Florida State Horticultural Society.

[47] Guillaume, C., Schwab, I., Gastaldi, E., & Gontard, N. (2010). Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (Agaricus bisporus L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *11*(4), 690-696.

[48] Martins, E. M. F., Ramos, A. M., Vanzela, E. S. L., Stringheta, P. C., de Oliveira Pinto, C. L., & Martins, J. M. (2013). Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International*, *51*(2), 764-770.

[49] Lima, Á. M., Cerqueira, M. A., Souza, B. W., Santos, E. C. M., Teixeira, J. A., Moreira, R. A., & Vicente, A. A. (2010). New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits–Influence on fruits gas transfer rate. *Journal of Food Engineering*, *97*(1), 101-109.

[50] Russo, P., Peña, N., de Chiara, M. L. V., Amodio, M. L., Colelli, G., & Spano, G. (2015). Probiotic lactic acid bacteria for the production of multifunctional fresh-cut cantaloupe. Food Res Int, 77, 762-772.

coating containing hop extract on the shelf life of fresh orange slices in cold conditions. Biosystem Engineering of Iran, 51(2), 471-484

[51] Norouzizadeh, Pirsa, Amiri, Saber, Rezazad Bari, & Leia. (2020). The application of carboxymethylcellulose/pectin composite edible

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of edible fox gum coating containing Lactobacillus fermentum bacteria on the quality characteristics of button mushroom.

Fateme Najabi[1], Mahmoud Rezazad Bari[2], Hadi Almasi[3], Saber Amiri[4]

1- Master's student, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University
2- Professor, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University
3- Professor, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University
4- Assistant Professor, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/1/6
Accepted:2024/3/13

Keywords:

edible coating,
salep gum,
Lactobacillus fermentum bacteria,
button mushroom

DOI: **10.22034/FSCT.21.151.86.**

*Corresponding Author E-Mail:
m.rezazadbari@urmia.ac.ir

ABSTRACT

In this research, the shelf life, physicochemical, and sensory properties of button mushrooms were investigated using salep gum edible coating containing *Lactobacillus fermentum* bacteria. For this purpose, the effect of salep gum at the levels of 0.25, 0.75, and 1.5 and the constant addition of *Lactobacillus fermentum* probiotic with the amount of 1.5 x 108 CFU/gr (0.5 McFarland half) for 15 days at a temperature of 4 Celsius was evaluated. The results showed that by increasing the coverage of salep gum, pH, acidity, soluble solids, total phenol, antioxidant, and parameters a* and b*, histologically, they maintained at a high level compared to the untreated fruit, and the total number of probiotic bacteria in The coating preserved better the probiotic bacteria suspension compared to the immersion treatment. But weight loss, L* parameter, and browning index decreased with the increase of salep gum. With increasing shelf life of dissolved solids, acidity, weight loss, a*, b*, and browning index increased, but pH, ascorbic acid, total phenol, antioxidant and L*, histology, total number of probiotics decreased The sensory evaluation of different treatments showed that the coating containing probiotics did not hurt the sensory properties of edible mushrooms; Rather, it improved the sensory and nutritional quality of the fruit over time and compared to the control sample. Therefore, the edible coating of salep gum containing Lactobacillus fermentum bacteria can be used as a suitable coating material to preserve the organoleptic, chemical, microbial properties and shelf life of button mushrooms.