مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

استفاده تلفیقی از آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم به منظور افزایش ماندگاری قارچ خوراکی تکمه‌ای

هادی زرینی، اورنگ خادمی* و شاهپور خانقلی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۳

کلمات کلیدی:

تیمار تلفیقی،

دمای سرد،

قهوه‌ای شدن،

کیفیت

Agaricus bisporus

DOI: 10.48311/fsct.2026.84079.0

* مسئول مکاتبات:

o.khademi@shahed.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بهبود عمر انبارمانی و حفظ کیفیت قارچ خوراکی تکمه‌ای از طریق پوشش‌دهی با ترکیبات خوراکی انجام گرفت. پژوهش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل فاکتورهای آلژینات سدیم (۰، ۰/۵ و ۱٪)، لاکتات کلسیم (۰ و ۰/۵٪) و زمان نگهداری (۰، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) طراحی و اجرا شد. پس از اعمال تیمارها، قارچ‌ها در بسته‌بندی سلوفان و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و پارامترهای میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی آلژینات سدیم ۰/۵٪ و لاکتات کلسیم ۰/۵٪ به طور معنی‌داری در حفظ کیفیت قارچ‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش ۵۰ درصدی افت وزن، مهار ۳۸ درصدی شاخص قهوه‌ای شدن، کاهش ۳۸ درصدی رشد باکتری، حفظ مطلوب سفتی بافت و کاهش نوسانات مواد جامد محلول نسبت به شاهد گردید. همچنین، این تیمار ویژگی‌های حسی قارچ را به‌طور قابل توجهی حفظ نمود. در مقابل، تیمار آلژینات سدیم ۱٪ همراه با لاکتات کلسیم ۰/۵٪ علی‌رغم افزایش قابل ملاحظه محتوای کلسیم (۰/۷٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، در کنترل قهوه‌ای شدن و حفظ ویژگی‌های حسی عملکرد ضعیف‌تری از خود نشان داد. تیمارهای منفرد نیز در برخی شاخص‌ها مؤثر بودند، اما نتوانستند به اندازه تیمار ترکیبی از کاهش کیفیت جلوگیری نمایند. در نهایت، نتایج این مطالعه استفاده همزمان از آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم هر دو در غلظت ۰/۵٪ را به عنوان روشی مؤثر جهت افزایش عمر ماندگاری و حفظ کیفیت قارچ‌های خوراکی تکمه‌ای پیشنهاد می‌نماید.

۱-مقدمه

قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus* L.) یکی از منابع پروتئینی گیاهی در جهان است که به دلیل کیفیت غذایی بالا و ویژگی‌های عملکردی منحصر به فرد، قرن‌ها به‌صورت تجاری کشت و مصرف شده است [۱]. این قارچ حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعددی است که خواص ضدالتهاب، ضدسرطان، ضدمیکروب، ضددیابت، آنتی‌اکسیدان و ضدویروسی را دارا می‌باشند [۲]. همچنین، قارچ‌ها سرشار از متابولیت‌های ثانویه مانند ترکیبات فنولیک، ترپن‌ها، استروئیدها و پلی‌ساکاریدهای زیست فعال نظیر بتا-گلوکان، فیبرهای خوراکی، ارگسترول و انواع ویتامین‌ها شامل B_1، B_2، C و فولات هستند [۳ و ٤].

کیفیت ظاهری قارچ پس از برداشت، عامل اصلی تعیین‌کننده در میزان فروش و قیمت‌گذاری آن است. برخلاف بسیاری از سبزیجات، قارچ‌ها بدون لایه محافظ کوتیکول ضخیم بوده و این امر موجب آسیب‌پذیری بالا در برابر صدمات فیزیکی، آلودگی میکروبی، کاهش رطوبت و متابولیسم شدید می‌گردد. این ویژگی‌ها سبب فساد پذیری بالا، قهوه‌ای شدن آنزیمی، از دست دادن رطوبت و تسریع فرآیند پیری قارچ می‌شود [٥]. مکانیسم قهوه‌ای شدن عمدتاً ناشی از فعالیت آنزیمی و باکتریایی است [٦]. قارچ‌ها به سهولت توسط میکروارگانیسم‌هایی از قبیل *Pseudomonas mesophilic*، *Campylobacter jejuni*، *Listeria monocytogenes*، *Escherichia coli* و *Salmonella* آلوده می‌شوند [۷ و ۸]. از این‌رو، توسعه روش‌های مؤثر برای افزایش عمر ماندگاری قارچ با تمرکز بر کنترل قهوه‌ای شدن آنزیمی و مهار عوامل باکتریایی اهمیت فراوانی در صنعت تولید قارچ دارد.

روش‌های متعددی برای حفظ کیفیت پس از برداشت قارچ مورد بررسی قرار گرفته‌اند، از جمله بسته‌بندی‌های نانو [۹]، پوشش‌های زیستی و بیواکتیو [۱۰ و ۱۱]، استفاده از پراکسید هیدروژن [۱۲]، اسید سیتریک [٥]، متیل جاسمونات [۱۳]، ٤- متوکسی سینامیک اسید [١٤]، بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده [١٥ و ١٦]، انبارداری سرد [۱۷ و ۱۸] و به‌کارگیری دی‌اکسیدکربن با غلظت بالا در بسته‌بندی [۱۹]. با وجود موفقیت‌های نسبی، این روش‌ها می‌توانند عوارضی چون کاهش ارزش غذایی، تغییر رنگ نامطلوب، تخریب بافت، آلودگی ثانویه و افت کیفیت حسی به همراه داشته و از نظر اقتصادی برای تولیدکنندگان خرد مقرون به صرفه نباشند [۲۰].

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی به عنوان روش‌های کم‌هزینه و کاربردی‌تر، به طور گسترده‌ای در بسته‌بندی مواد غذایی به‌کار گرفته می‌شوند و معمولاً حاوی ترکیبات ضدمیکروبی برای پیشگیری از فساد باکتریایی و قارچی هستند. این پوشش‌ها به عنوان بخشی از محصول تلقی شده و به حفظ کیفیت ظاهری و افزایش جذابیت محصول برای مصرف‌کننده کمک می‌کنند [۲۱ و ۲۲]. آلژینات سدیم، یک پلی‌ساکارید خطی استخراج شده از جلبک‌های قهوه‌ای خانواده *Phaeophyceae*، به دلیل قیمت مناسب، زیست‌تخریب‌پذیری، غیرسمی بودن و قابلیت تشکیل ژل پایدار در حضور کاتیون‌های فلزی مانند کلسیم، به عنوان گزینه‌ای امیدوارکننده در پوشش‌دهی مواد غذایی شناخته شده است [۲۳، ٢٤، ٢٥ و ٢٦].

کلسیم نقش حیاتی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات دارد. این عنصر با غیرفعال‌سازی آنزیم‌های تخریب‌گر و حفظ یکپارچگی غشای سلولی، منجر به تأخیر در تخریب دیواره سلولی، افزایش استحکام بافت و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا می‌شود [۲۷، ۲۸ و ۲۹]. نمک‌های مختلف کلسیم از جمله لاکتات کلسیم، کلرید کلسیم و گلوکونات کلسیم در مطالعات پس از برداشت به کار رفته‌اند [۳۰، ۳۱ و ۳۲]. با اینکه کلرید کلسیم به طور گسترده استفاده می‌شود، طعم تلخ نامطلوب آن محدودیت‌هایی را در کاربرد آن ایجاد کرده است، در حالی که لاکتات کلسیم به دلیل عدم ایجاد طعم نامطلوب و بهبود ویژگی‌های بافتی، جایگزینی مناسب محسوب می‌شود [۳۱ و ۳۳].

در این مطالعه، تأثیر ترکیبی پوشش خوراکی آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم بر افزایش انبار مانی و حفظ کیفیت ظاهری قارچ خوراکی تکمه‌ای پس از برداشت مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه‌های قارچ و اعمال تیمار

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه فیزیولوژی و فنآوری پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد انجام شد. نمونه‌های قارچ دکمه‌ای با کلاهک بسته و قطر یکسان ۴۰ میلیمتر از یک تولیدی واقع در اسلامشهر تهیه و در دمای حدود ۱۰ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه منتقل شدند. قارچ‌ها به شش گروه تیماری (هر گروه شامل ۱۴۴ عدد قارچ) تقسیم و به شکل زیر تیمار شدند:

گروه اول: آب مقطر به عنوان شاهد

گروه دوم: آلژینات سدیم با غلظت نیم درصد (Al-0.5)

گروه سوم: آلژینات سدیم با غلظت یک درصد (Al-1)

گروه چهارم: لاکتات کلسیم با غلظت نیم درصد (CaL-0.5)

گروه پنجم: آلژینات سدیم با غلظت نیم درصد + لاکتات کلسیم با غلظت نیم درصد (Al-0.5 + CaL-0.5)

گروه ششم: آلژینات سدیم با غلظت یک درصد + لاکتات کلسیم با غلظت نیم درصد (Al-1 + CaL-0.5)

برای تهیه محلول‌ها، مقادیر لازم از آلژینات سدیم (به ترتیب ۱۰ و ۲۰ گرم برای تهیه محلول‌های ۰/۵ و ۱٪ وزنی/حجمی) و لاکتات کلسیم (۱۰ گرم برای تهیه محلول ۰/۵٪ وزنی/حجمی) توزین و در دو لیتر آب مقطر حل گردید. در تهیه تیمارهای ترکیبی، ابتدا محلول آلژینات سدیم تهیه و سپس محلول لاکتات کلسیم به آن اضافه گردید. قارچ‌های هر تیمار به مدت دو دقیقه در محلول‌های تهیه شده، غوطه‌ور و سپس در دمای اتاق خشک شدند. نمونه‌های تیمار شده در ظروف پلی‌اتیلنی (هر ظرف حاوی ۱۲ عدد قارچ) بسته‌بندی و با پوشش سلوفان پوشانده شدند، سپس در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری و در روزهای: ۰، ۷، ۱٤ و ۲۱ پس از نگهداری، سه بسته از هر گروه تیماری به عنوان سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲-۲- پارامترهای مورد ارزیابی

برای محاسبه درصد کاهش وزن، بسته‌ها قبل از انبار بعنوان وزن اولیه و پس از پایان دوره انبار در روزهای ۷، ۱٤، ۲۱ بعنوان وزن ثانویه با ترازوی دیجیتالی(AND, Japan) با دقت ۰/۰۱ گرم وزن و با استفاده از فرمول زیر میزان کاهش وزن بر حسب درصد محاسبه شد.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن محصول در پایان انبارداری} - \text{وزن محصول در ابتدای انبارداری}}{\text{وزن محصول در ابتدای انبارداری}} \times 100$$

خصوصیات رنگی L*, a*, b*، با استفاده از دستگاه رنگ سنج (مدل TEST ساخت کشور تایوان) در سه نقطه از کلاهک هر قارچ به صورت تصادفی اندازه‌گیری و شاخص قهوه‌ای شدن با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۳۷).

$$BI=\frac{100(X-0.31)}{0.17}$$

$$X=\frac{(1.75\times L^*)+a^*}{(5.645\times L^*)+a^*-(0.3012\times b^*)}$$

درجه بازارپسندی قارچ‌ها به صورت ظاهری توسط ۳ نفر و در محدوده ۰ الی ۳ (۰= کمترین درجه بازارپسندی، ۳= بیشترین درجه بازارپسندی) نمره‌دهی شده و شاخص بازارپسندی با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه شد [۳٤].

$$\text{بازارپسندی} = \sum\left(\text{تعداد نمونه در هر درجه} \times \text{درجه بازارپسندی}\right) / \left(\text{تعداد کل نمونه در هر بسته} \times 3\right)$$

چهار عدد از قارچ‌های هر بسته بصورت تصادفی انتخاب و سفتی کلاهک با استفاده از دستگاه سفتی سنج دستی مدل (FT-011) با قطر پروب ٤ میلی متر اندازه‌گیری شد. میزان مواد جامد محلول کل با دستگاه رفرکتومتر مدل(VBR80 ساخت ایتالیا) اندازه گیری شد [۳٤].

جمعیت باکتری بر اساس روش Guan [۳۵] و با استفاده از محیط کشت نوترنیت آگار (۲/۸٪) ارزیابی شد. درابتدا ، یک گرم نمونه به طور تصادفی از سطح قارچ‌های هر بسته توسط اسکارپل تیز برداشته و همراه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل توسط همزن برقی همگن شد، سپس

رقت‌های مختلف 10^{-1} تا 10^{-4} تهیه گردید. مقدار صد میکرولیتر از سوسپانسیون‌های تهیه شده بر روی محیط کشت نوترینت آگار پخش شده و پتری‌های کشت شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد نگهداری شدند. پس از گذشت ۲٤ ساعت با استفاده از دستگاه شمارش کلونی ، تعداد کلونی موجود در آنها شمارش شد.

برای تعیین مقدار کلسیم و سدیم، چند قارچ به‌صورت تصادفی در هر بسته انتخاب شد، و در دمای ٦۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در دستگاه آون خشک، آسیاب و در پایان از الک ٤۰ مش عبور داده شدند. ۲ گرم از نمونه‌های آسیاب‌شده تا رسیدن به خاکستر، در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند. خاکسترها در اسید کلریدریک (۲ مولار) گرم حل شده، سپس صاف و با آب مقطر به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. مقادیر کلسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر(Flame Photometer model:PTFP-5) تعیین و مقدار عناصر سدیم و کلسیم به‌صورت میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بیان گردید [۳٦].

۳-۲- طرح آزمایشی و تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد، فاکتور اول تیمار پوشش خوراکی آلژینات سدیم (در سه غلظت، صفر، ۰/۵ و یک درصد)، فاکتور دوم تیمار لاکتات کلسیم (در دو غلظت صفر و ۰/۵ درصد) و فاکتور سوم زمانهای بررسی (در سه زمان، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز) بود. داده‌های جمع‌آوری شده پس از بررسی نرمال بودن، با نرم افزار SAS (نسخه ۹/٤) تجزیه واریانس شد و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید.

۳- نتایج

نتایج تجزیه واریانس آزمایش اثر تلفیق پوشش خوراکی آلژینات سدیم با لاکتات کلسیم بر انبار مانی قارچ خوراکی تکمه‌ای طی ۲۱ روز نگهداری در دمای سرد در جدول-۱ نشان داده شده است.

۳-۱- کاهش وزن

نتایج بررسی نشان داد که در تمامی تیمارها با گذشت زمان، درصد کاهش وزن افزایش یافت. بیشترین کاهش وزن در طول دوره آزمایش مربوط به تیمار شاهد (آب) بود. تیمار لاکتات کلسیم به‌تنهایی (بدون آلژینات سدیم) در مقایسه با نمونه‌های شاهد، کاهش وزن را به طور معنی-داری کنترل کرد. همچنین، استفاده از آلژینات سدیم بدون لاکتات کلسیم نیز به‌طور مؤثری از کاهش وزن جلوگیری نمود. با این حال، ترکیب آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم مؤثرترین تیمار در کنترل کاهش وزن بود؛ به‌طوری که کمترین درصد کاهش وزن در تیمارهای Al-0.5 + CaL-0.5 یا Al-1 + CaL-0.5 مشاهده شد. این تیمارها در مقایسه با نمونه‌های شاهد، حدود ۵۰٪ کاهش وزن کمتری داشتند (شکل ۱).

۳-۲- شاخص قهوه‌ای شدن

مطالعه تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن (شکل ۲) نشان داد که این فرآیند از روز هفتم آزمایش در تمامی نمونه‌ها آغاز شد و روند افزایشی آن تا پایان دوره ۲۱ روزه ادامه یافت. در این میان، نمونه‌های شاهد (تیمار با آب مقطر) به طور معناداری بالاترین میزان قهوه‌ای شدن را در طول دوره آزمایش نشان دادند. تیمارهای لاکتات کلسیم و آلژینات سدیم هر کدام به تنهایی توانستند در مقایسه با شاهد از شدت قهوه‌ای شدن بکاهند،

Table 1. ANOVA results of the effects of calcium lactate, sodium alginate and storage time, and their interaction on studied parameters of button mushrooms (*Agaricus bisporus*)

	Mean of square							
Source of variance	Bacterial population	Browning index	Marketability	Weight loss	Firmness	Total soluble solid	Ca	Na
Storage Time (ST)	*	**	**	**	**	**	--	--
Calcium Lactate (CaL)	**	**	**	**	ns	*	**	ns
Alginate (Al)	**	**	**	ns	**	*	**	**
ST × CaL	**	ns	**	*	*	**	--	--
ST × Al	**	**	**	**	**	*	--	--
CaL × Al	**	**	**	**	*	ns	**	ns
ST × CaL × Al	**	**	**	**	ns	ns	--	--
CV%	7.8	13.76	12.1	23.26	10.42	7.08	4.9	15.02

** ,*and ns represent significance at the 0.01 and 0.05 levels and non-significance respectively

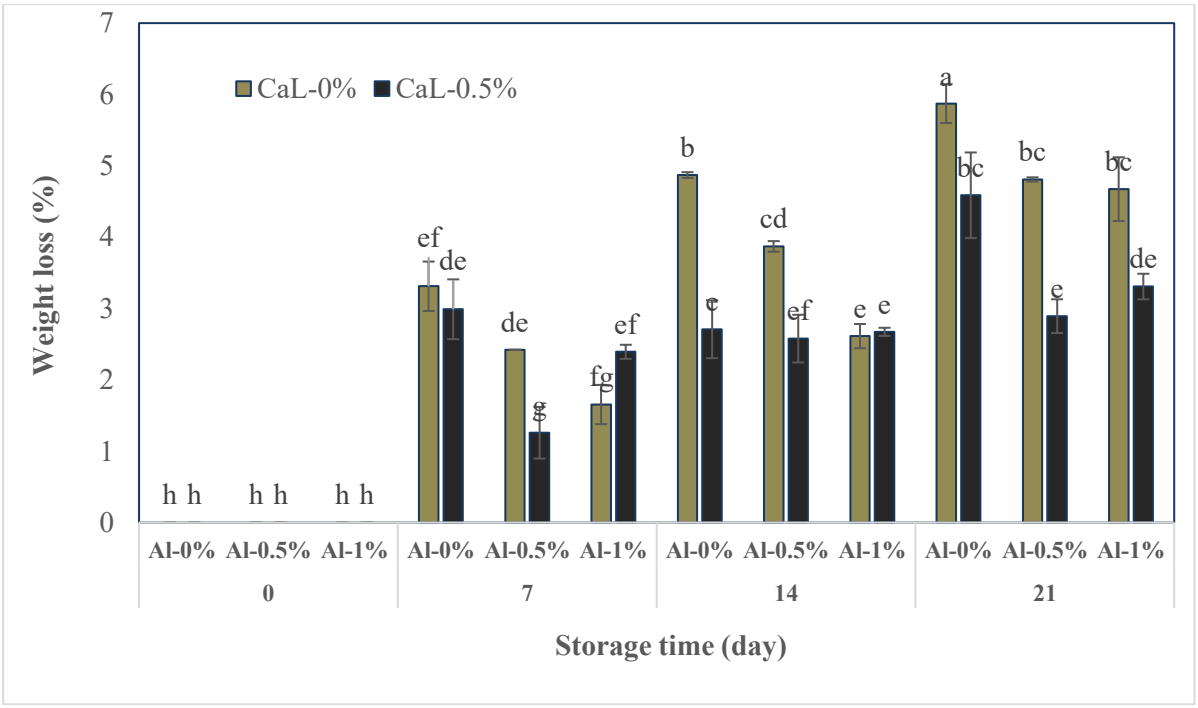

Fig 1. Effect of sodium alginate (Al) and calcium lactate (CaL) on weight loss of button mushrooms during 21 days of cold storage. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

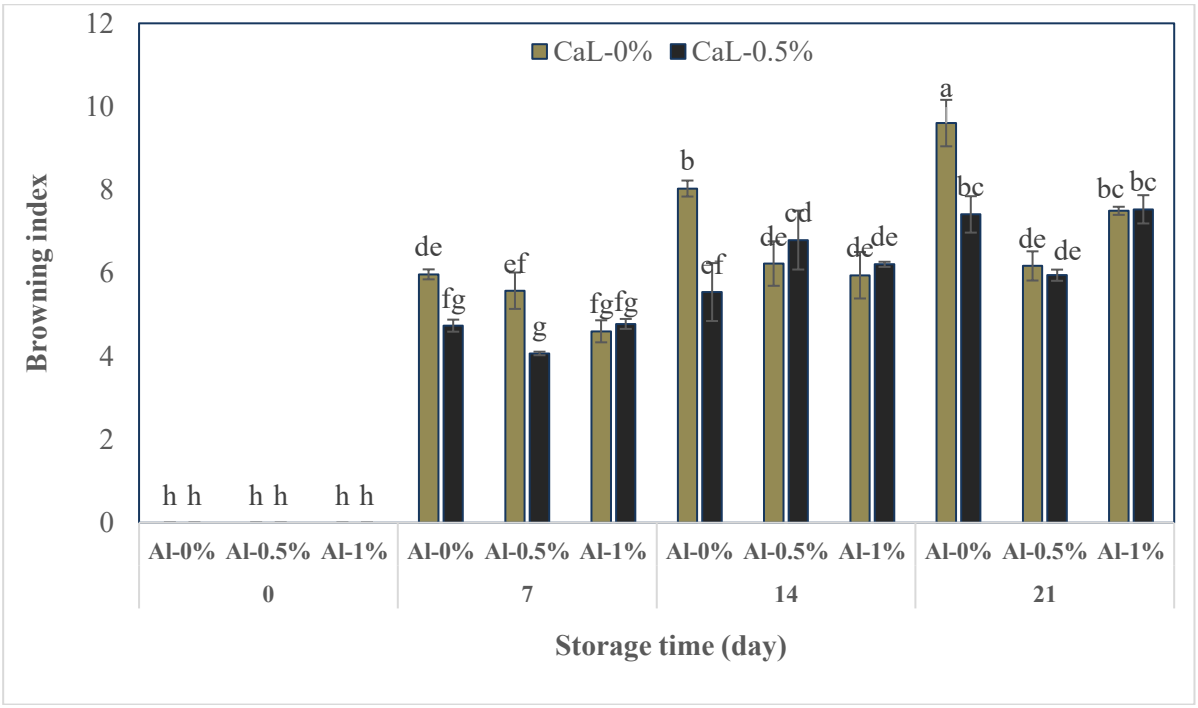

Fig 2. Effect of sodium alginate (Al) and calcium lactate (CaL) on browning index of button mushrooms during 21 days of cold storage. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

منتهی در نهایت و در روز ۲۱ ام تیمار تلفیقی (Al-0.5 + CaL-0.5) کمترین میزان شاخص قهوه‌ای شدن را دارا بود که ۳۸٪ کمتر از شاهد بود. با این حال، این تیمار ترکیبی از نظر آماری تفاوت معناداری با تیمار Al-0.5 نشان نداد.

۳-۳- بازارپسندی

نتایج بررسی بازارپسندی نشان داد که در روز هفتم آزمایش، هیچ یک از تیمارهای حاوی (Al)، (CaL) و یا ترکیب این دو، کاهش معناداری در بازارپسندی نسبت به ابتدای آزمایش نشان ندادند، در حالی که نمونه‌های شاهد کاهش محسوسی را تجربه کردند. با گذشت زمان، نمونه-های تمامی تیمارها کاهش تدریجی اما معناداری در بازارپسندی از خود نشان دادند، به‌طوری که کمترین میزان بازارپسندی در نمونه‌های شاهد مشاهده شد. در این میان، تیمارهای CaL-0.5، Al-0.5 و ترکیب این دو به‌طور مؤثری از کاهش بازارپسندی جلوگیری کردند که بیشترین اثر حفاظتی مربوط به تیمار ترکیبی Al-0.5 + CaL-0.5 بود. اگرچه تیمار Al-1 به‌تنهایی در روز ۲۱ام تفاوت آماری معناداری با شاهد نداشت، اما هنگامی که با CaL-0.5 ترکیب شد، اثر حفاظتی قابل‌توجهی در حفظ بازارپسندی قارچ‌ها از خود نشان داد (شکل ۳ و تصویر ۱).

۴-۳- جمعیت باکتری‌ها

نتایج این مطالعه نشان داد که در قارچ‌های تیمار شده با آب مقطر (گروه شاهد)، جمعیت باکتری‌ها از ابتدای آزمایش در سطح بالایی قرار داشت و این روند تا پایان دوره ۲۱ روزه حفظ شد. در گروه‌های تیمار شده با آلژینات سدیم به تنهایی (Al-0.5 و Al-1)، اگرچه در مراحل اولیه آزمایش کاهش نسبی در جمعیت باکتری‌ها مشاهده شد، اما در پایان دوره تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد دیده نشد. تیمار لاکتات کلسیم به تنهایی (CaL-0.5) نیز در ابتدا موجب کاهش محسوس جمعیت باکتری‌ها گردید، اما این اثر در طول زمان کاهش یافت و در نهایت تفاوت آماری معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد. در مقابل، تیمار ترکیبی Al-0.5 + CaL-0.5 به طور پیوسته کمترین جمعیت باکتریایی را در طول آزمایش حفظ کرد و در روز پایانی مطالعه، کاهش ۳۸٪ در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. جالب توجه اینکه تیمار ترکیبی با غلظت بالاتر آلژینات سدیم (Al-1 + CaL-0.5) اگرچه مؤثر بود، اما به اندازه تیمار ترکیبی با غلظت پایین‌تر، موثر نشان نداد (شکل ٤).

۵-۳- سفتی

نتایج برهمکنش بین تیمارهای آلژینات سدیم و زمان و همچنین بین لاکتات کلسیم و زمان نشان داد در روز هفتم، سفتی بافت نسبت به زمان صفر افزایش و سپس در ادامه آزمایش کاهش پیدا کرد، به‌طوری که قارچ‌های تیمار شده با CaL-0.5 در روز هفتم سفتی بیشتری نسبت به نمونه‌های بدون کلسیم نشان دادند، اما در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار Al-0.5 کمترین تغییرات سفتی را در طول آزمایش داشت و در پایان دوره، سفتی بافت بیشتری نسبت به گروه شاهد و تیمار Al-1 حفظ کرد، در حالی که بیشترین نوسانات سفتی مربوط به گروه شاهد بود. بررسی اثرات برهمکنش تیمار آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم نشان داد تیمار ترکیبی Al-0.5+CaL-0.5 بیشترین سفتی را ایجاد کرد، درحالیکه کمترین سفتی مربوط به تیمار Al-1+CaL-0.5 بود (شکل ۵).

۶-۳- مواد جامد محلول (Total soluble solid, TSS)

نتایج نشان داد برهمکنش بین تیمار آلژینات سدیم و زمان بررسی و همچنین بین لاکتات کلسیم و زمان بررسی منجر به کاهش تدریجی مواد جامد محلول در طول آزمایش شد. نمونه‌های تیمار شده با CaL-0.5 در مقایسه با نمونه‌های بدون کلسیم، مواد جامد محلول بیشتری داشتند. همچنین نمونه‌های تیمار شده با Al-0.5 نوسانات کمتری در مقدار مواد جامد محلول نشان دادند، در حالی که نمونه‌های Al-1 و شاهد کاهش بیشتری داشتند که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ٦).

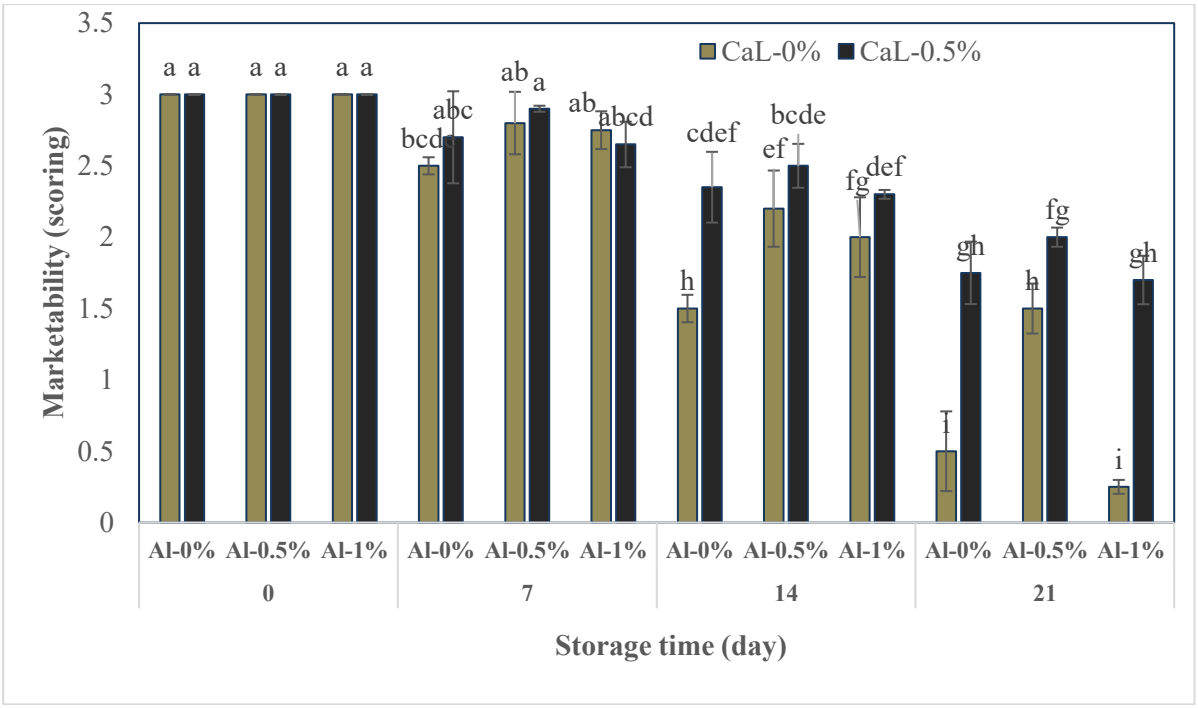

Fig 3. Effect of sodium alginate (Al) and calcium lactate (CaL) on marketability of button mushrooms during 21 days of cold storage. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

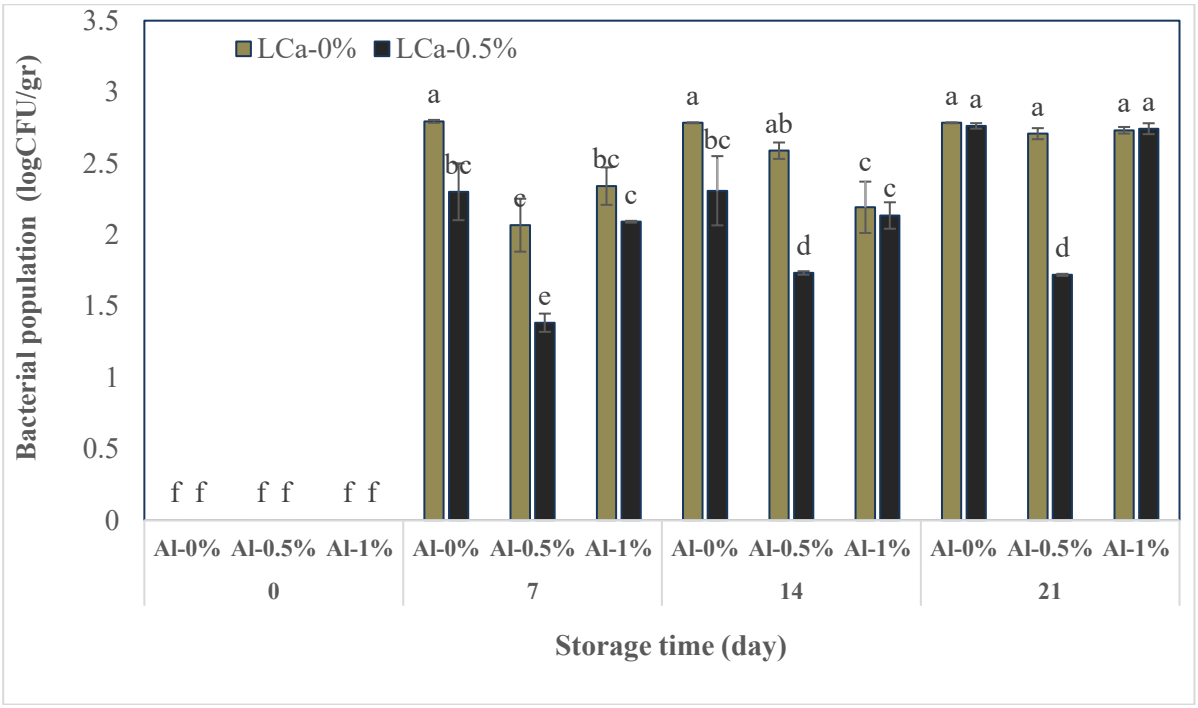

Fig 4. Effect of sodium alginate (Al) and calcium lactate (CaL) on bacterial population of button mushrooms during 21 days of cold storage. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$)..

Image 1. Samples showing the effect of calcium lactate (CaL) and sodium alginate (Al) treatments on the appearance quality of button mushrooms.

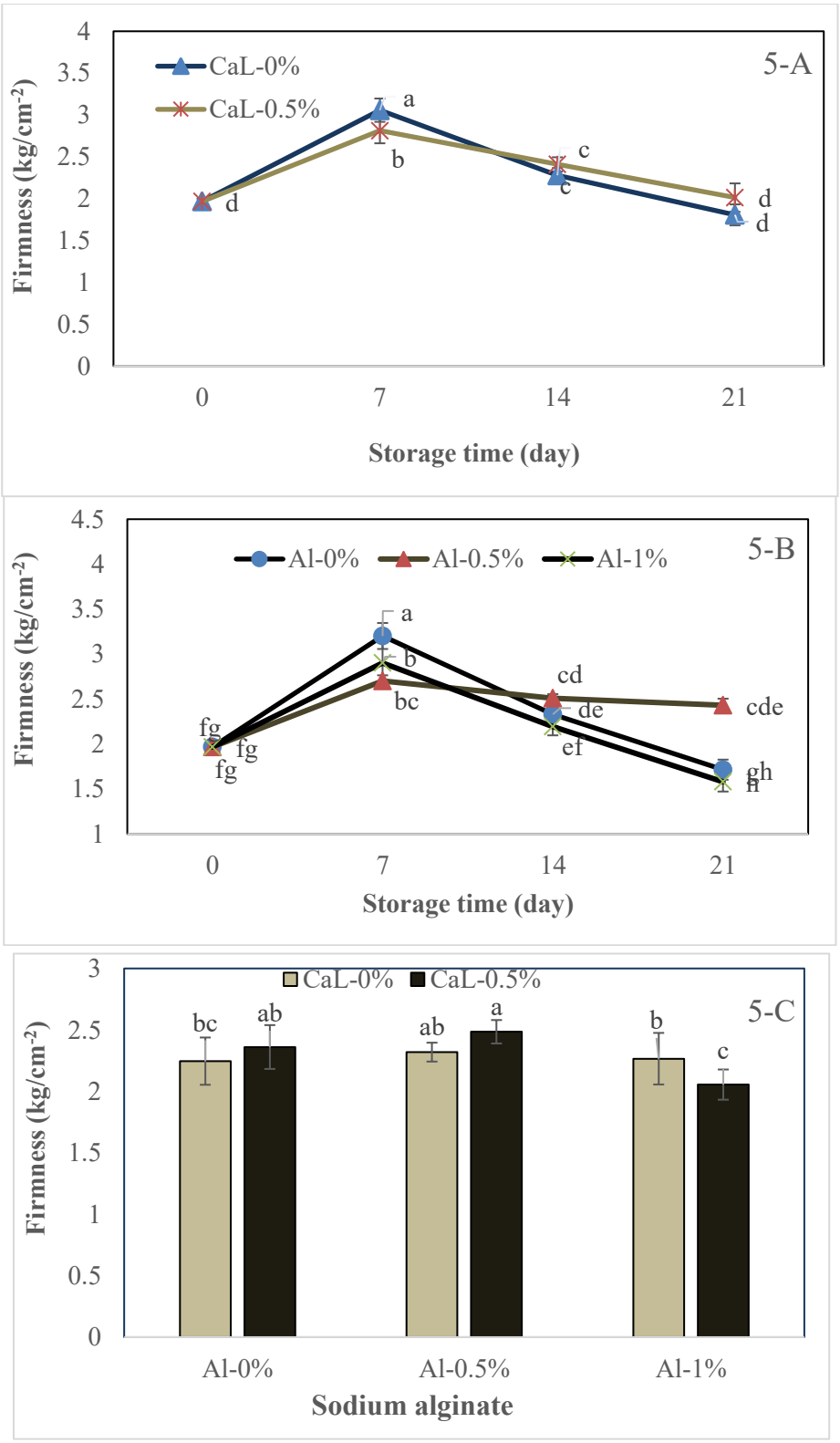

Fig 5. Interaction effects between calcium lactate (CaL) and storage time (5-A), between sodium alginate (Al) and storage time (5-B), and between sodium alginate and calcium lactate (5-C) on the firmness of button mushrooms.. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

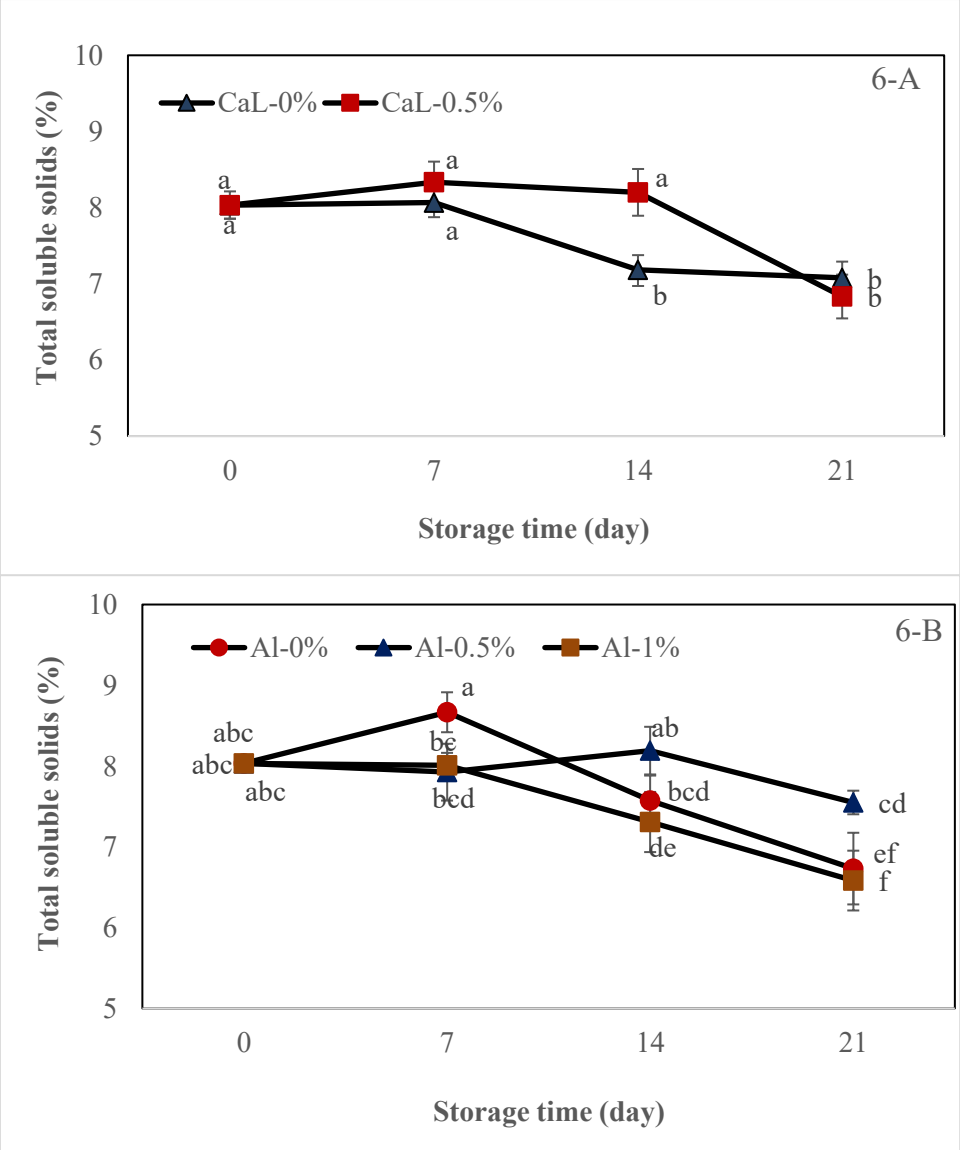

Fig 6. Interaction effects between calcium lactate (CaL) and storage time (6-A), and between sodium alginate (Al) and storage time (6-B) on the total soluble solids of button mushrooms. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

۳-۷- کلسیم و سدیم

نتایج پژوهش نشان داد که تیمار CaL-0.5 به تنهایی در مقایسه با نمونه‌های شاهد (بدون کلسیم)، افزایش معنی‌داری در مقدار کلسیم قارچ ایجاد نمود (٦٦ درصد بیشتر). با این حال، کاربرد همزمان این تیمار با آلژینات سدیم اثر سینرژیستی قابل توجهی بر جای گذاشت، به‌طوری که ترکیب CaL-0.5 + Al-1 بیشترین میزان افزایش کلسیم را موجب شد (با مقدار ۰/۷٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و عملکردی برتر از ترکیب CaL-0.5 + Al-0.5 از خود نشان داد (شکل ۷).

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار سدیم در قارچ‌های تیمار شده با Al-1 (۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. نمونه‌های Al-0.5 نیز دارای مقدار سدیم بیشتری در مقایسه با نمونه‌های بدون تیمار آلژینات سدیم بودند (شکل ۸).

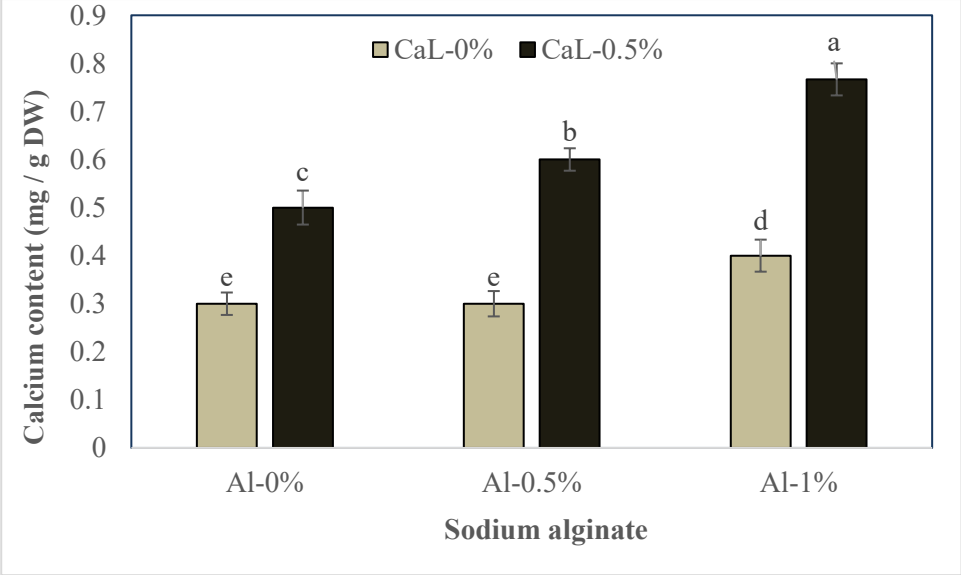

Fig 7. Interaction effect between calcium lactate (CaL) and sodium alginate (Al) on the calcium content of button mushrooms. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

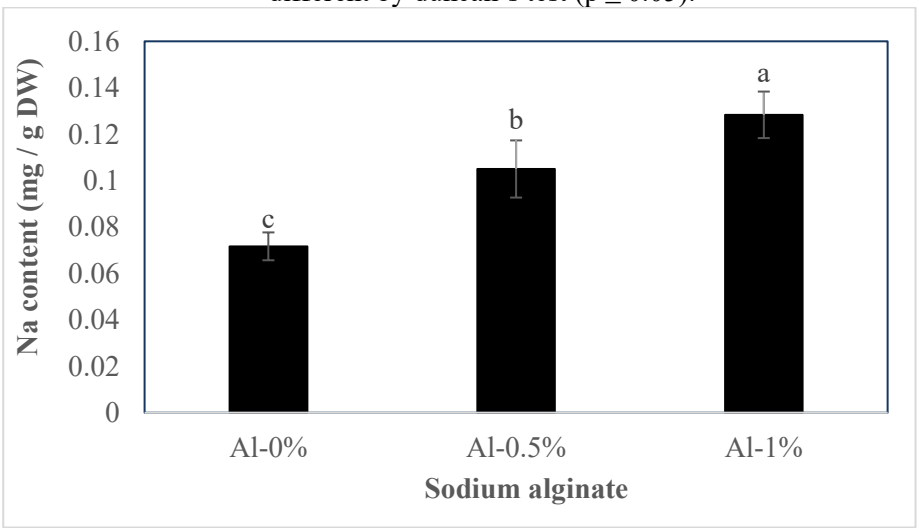

Fig 8. The effect of sodium alginate (Al) on the Na content of button mushrooms. Means (± standard error) with the same letter are not significantly different by duncan's test ($p \leq 0.05$).

٤- بحث

قارچ دکمه‌ای به دلیل نداشتن لایه محافظتی ضخیم، دارای نرخ بالایی از تعرق و تنفس است که منجر به کاهش وزن قابل‌توجهی پس از برداشت می‌شود [۵ و ۲۳]. این پدیده، که بخشی از فرآیند طبیعی پیری است، به‌طور مستقیم بر کیفیت و بازارپسندی محصول تأثیر می‌گذارد [۲۰]. در این راستا، استفاده از پوشش‌های خوراکی، به‌ویژه ترکیبات حاوی کلسیم و آلژینات سدیم، به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری این محصول پیشنهاد شده است.

کلسیم با ایفای نقش در تقویت ساختار دیواره سلولی و غشا، مانع از نشت یون‌ها و مواد سلولی شده و با کاهش سرعت تنفس و تعرق، روند پیری را به تأخیر می‌اندازد [۲۸ و ۳۱]. علاوه بر این، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که این اثرات مثبت محدود به قارچ دکمه‌ای نبوده و در محصولات باغی دیگری مانند توت‌فرنگی و هلو نیز مشاهده شده است [۳۷ و ۳۸]. از سوی دیگر، پوشش‌های آلژیناتی، با وجود نداشتن چربی، قادرند به‌صورت جزئی از کاهش وزن محصول جلوگیری کنند. با این حال، به دلیل ماهیت آب‌دوست و هیدروسکوپی آلژینات‌ها، عملکرد آن‌ها به‌عنوان

مانع رطوبتی در محصولات با فعالیت آبی بالا، مانند قارچ، محدود است [۲۶ و ۳۹]. ازاین‌رو، استفاده ترکیبی از آلژینات سدیم و کلسیم می‌تواند به‌عنوان رویکردی سینرژیک، عملکرد حفاظتی این پوشش‌ها را بهبود بخشد.

یکی از شاخص‌های مهم کیفی در قارچ دکمه‌ای، رنگ سفید کلاهک است که کاهش آن در نتیجه قهوه‌ای شدن، بازارپسندی محصول را به‌شدت کاهش می‌دهد [۲۰، ۳۴ و ۳۶]. قهوه‌ای شدن در اثر فعالیت آنزیم‌های خانواده پلی‌فنل اکسیداز (PPO) به‌ویژه تیروزیناز رخ می‌دهد که موجب اکسیداسیون ترکیبات فنلی و تولید رنگدانه‌های ملانین می‌شود [۴۰]. کلسیم با حفظ یکپارچگی غشای سلولی و ممانعت از خروج ترکیبات فنلی، و نیز با مهار فعالیت PPO، نقش مؤثری در کاهش قهوه‌ای شدن ایفا می‌کند [۴۱]. همچنین پوشش آلژینات سدیم با کاهش نفوذپذیری اکسیژن به بافت، موجب محدود شدن فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو می‌شود [۳۹].

در مقایسه با میوه‌ها، قارچ دکمه‌ای فاقد لایه پکتینی است و بافت آن در معرض نرم شدن سریع‌تری قرار دارد. این فرآیند به‌ویژه تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های میکروبی و اتولیتیک درون‌زا صورت می‌گیرد که دیواره سلولی را تجزیه کرده و منجر به کاهش آماسیدگی در اثر از دست دادن آب می‌شود [۲۰]. تیمار با کلسیم از طریق ایجاد پیوندهای عرضی بین گروه‌های کربوکسیل در دیواره سلولی، موجب افزایش استحکام بافت و مقاومت در برابر آنزیم‌های مخرب می‌شود [۲۹]. پوشش آلژیناتی نیز با کاهش نرخ متابولیسم سلولی، به تأخیر در پیری و حفظ سفتی بافت کمک می‌کند [۲۵].

از منظر میکروبی، قارچ دکمه‌ای به‌شدت تحت تأثیر عوامل بیماری‌زای باکتریایی، به‌ویژه *Pseudomonas tolaasii* قرار دارد. این باکتری با ترشح سم تولاسین، موجب تخریب غشا و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود [۵]. استفاده از کلسیم به‌ویژه به فرم لاکتات کلسیم، می‌تواند با تقویت دیواره سلولی و همچنین از طریق خواص ضدباکتریایی اسیدهای آلی، رشد این باکتری‌ها را مهار کند. این اسیدها پس از ورود به سلول باکتریایی، pH داخلی را تغییر داده، موجب آسیب به DNA و RNA، اختلال در متابولیسم انرژی و تخریب ساختار پروتئینی باکتری می‌شوند [۳۶ و ۴۲].

در کنار آن، پوشش‌های آلژیناتی می‌توانند به‌عنوان حامل مواد فعال ازجمله ترکیبات ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدان‌ها مورد استفاده قرار گیرند [۳۹]. اثربخشی این پوشش‌ها می‌تواند به غلظت مورد استفاده بستگی داشته باشد، چنان‌که در برخی مطالعات غلظت‌های بالاتر (۲٪) و در برخی دیگر غلظت‌های پایین‌تر (۰/۵ تا ۱٪) نتایج مطلوب‌تری را نشان داده‌اند؛ تفاوتی که احتمالاً به نوع بافت و ویژگی‌های فیزیولوژیکی محصول مورد مطالعه مربوط است.

ترکیب کلسیم و آلژینات سدیم به‌عنوان مؤثرترین تیمار برای کنترل کاهش وزن، قهوه‌ای شدن، نرم‌شدگی و رشد میکروبی قارچ دکمه‌ای معرفی شده است. این تأثیرات ناشی از سینرژی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آلژینات به‌عنوان سد محافظ و نقش بیولوژیکی و ضدباکتریایی کلسیم در ساختار سلولی قارچ می‌باشد.

از سوی دیگر، فرآیند پیری و تخریب سلولی منجر به تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی و افزایش مواد جامد محلول در بافت قارچ می‌شود [۳۴]. با کاهش سرعت تخریب دیواره سلولی از طریق تیمارهای پوششی، می‌توان از این افزایش جلوگیری کرده و کیفیت داخلی قارچ را حفظ نمود [۴۰]. همچنین، کاربرد لاکتات کلسیم منجر به افزایش معنی‌دار محتوای کلسیم در بافت قارچ می‌شود که این افزایش به دلیل نفوذ تدریجی کلسیم و اتصال آن به ساختار دیواره سلولی و ترکیبات پکتینی (در محصولات دارای پکتین) است [۳۰].

در مجموع، شواهد علمی نشان می‌دهند که استفاده از پوشش‌های ترکیبی کلسیم و آلژینات سدیم می‌تواند راهکاری مؤثر برای حفظ کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی قارچ دکمه‌ای در دوره پس‌ازبرداشت باشد.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پوشش‌های خوراکی حاوی لاکتات کلسیم و آلژینات سدیم، به‌ویژه

به‌صورت ترکیبی، تأثیر معنی‌داری در حفظ کیفیت قارچ دکمه‌ای پس از برداشت دارد. این تیمارها با کاهش افت وزن، قهوه‌ای شدن، نرم‌شدگی بافت و رشد میکروبی، موجب افزایش ماندگاری و بازارپسندی محصول شدند. اثرات مثبت این ترکیبات از طریق مکانیزم‌هایی مانند تقویت دیواره سلولی، کاهش نفوذ اکسیژن، کاهش فعالیت آنزیمی و افزایش یکپارچگی بافت حاصل شد. بر این اساس، استفاده از پوشش ترکیبی کلسیم و آلژینات سدیم می‌تواند به‌عنوان یک راهکار عملی و مؤثر در مدیریت کیفیت پس‌ازبرداشت قارچ دکمه‌ای توصیه شود.

٦- پیشنهادات

با توجه به یافته‌های این مطالعه، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، اثر تیمار تلفیقی آلژینات سدیم و لاکتات کلسیم در غلظت بهینه بدست آمده از این پژوهش در ترکیب با روش‌های فیزیکی مانند نور فرابنفش، امواج فراصوت یا بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده و ترکیبات زیستی مانند اسانس‌های گیاهی یا پپتیدهای ضد میکروبی مورد بررسی قرار گیرد تا امکان دستیابی به اثر هم‌افزایی در کنترل قهوه‌ای شدن قارچ خوراکی سنجیده شود. همچنین بررسی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مؤثر در عملکرد این پوشش از جمله تأثیر آن بر فعالیت آنزیم‌های دخیل در فساد مانند پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز ، تنظیم تنفس و متابولیسم اتیلن می‌تواند به درک عمیق‌تری از نقش این ترکیبات در حفظ کیفیت قارچ منجر گردد.

تأمین مالی

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت‌ها توسط نویسنده انجام شده است.

منافع رقابتی

نویسنده تأیید می‌کند که هیچ گونه تضاد منافع مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

٧- منابع

[1] Rathore, H., Prasad, S., and Sharma, S. (2017). Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. PharmaNutrition, 5(2), 35-46.

[2] Wu, X., Guan, W., Yan, R., Lei, J., Xu, L., and Wang, Z. (2016). Effects of UV-C on antioxidant activity, total phenolics and main phenolic compounds of the melanin biosynthesis pathway in different tissues of button mushroom. Postharvest Biology and Technology, 118, 51-58.

[3] Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., and Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. International Journal of Microbiology, 2015, 1-14.

[4] Cardwell, G., Bornman, J. F., James, A. P., and Black, L. J. (2018). A review of mushrooms as a potential source of dietary vitamin D. Nutrients, 10(10), 1498.

[5] Brennan, M., Le Port, G., and Gormley, R. (2000). Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms. LWT-Food Science and Technology, 33 (4), 285-289.

[6] Liang, Y., Luo, K., Wang, B., Huang, B., Fei, P., and Zhang, G. (2024). Inhibition of polyphenol oxidase for preventing browning in edible mushrooms: A review. Journal of Food Science, 89(11), 6796-6817.

[7] Lagnika, C., Zhang, M., and Mothibe, K. J. (2013). Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 82, 87-94.

[8] Carrasco, J., and Preston, G. M. (2020). Growing edible mushrooms: A conversation between bacteria and fungi. Environmental Microbiology, 22(3), 858-872.

[9] Donglu, F., Wenjian, Y., Kimatu, B. M., Xinxin, A., Qiuhui, H., and Liyan, Z. (2016). Effect of nanocomposite packaging on postharvest quality and reactive oxygen species metabolism of mushrooms (*Flammulina velutipes*). Postharvest Biology and Technology, 119, 49-57.

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

[11] Han, L., Qin, Y., Liu, D., Chen, H., Li, H., and Yuan, M. (2015). Evaluation of biodegradable

film packaging to improve the shelf-life of *Boletus edulis* wild edible mushrooms. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 29, 288-294.

[12] Kale, S. J., Nath, P., Kannaujia, P., and Dukare, A. (2021). Hydrogen peroxide washing induced changes in postharvest quality of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage. Journal of Agriculture and Food Research, 1(1), 119-130.

[13] Meng, D., Song, T., Shen, L., Zhang, X., and Sheng, J. (2012). Postharvest application of methyl jasmonate for improving quality retention of *Agaricus bisporus* fruit bodies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(23), 6056-6062.

[14] Hu, Y. H., Chen, C. M., Xu, L., Cui, Y., Yu, X. Y., Gao, H. J., and Chen, Q. X. (2015). Postharvest application of 4-methoxy cinnamic acid for extending the shelf life of mushroom (*Agaricus bisporus*). Postharvest Biology and Technology, 104, 33-41.

[15] NeysariFam, V., Golmohammadi, A., Tabatabaekoloor, R., Tahmasebi, M., Nematollahzadeh, A., Razavi, M. S., ... and Ghaani, M. (2025). Preservation of button mushrooms using modified atmosphere and bio-nanocomposite film: A combined approach. Applied Food Research, 101043.

[16] Oz, A. T., Ulukanli, Z., Bozok, F., and Baktemur, G. (2015). The postharvest quality, sensory and shelf life of *Agaricus bisporus* in active map. Journal of Food Processing and Preservation, 39(1), 100-106.

[17] Dama, C. L., Kumar, S., Mishra, B. K., Shukla, K. B., Mathur, S., and Doshi, A. (2010). Antioxidative enzymatic profile of mushrooms stored at low temperature. Journal of Food Science and Technology, 47, 650-655.

[18] Li, D., Qin, X., Tian, P., and Wang, J. (2016). Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. Food Chemistry, 196, 1092-1100.

[19] Lin, Q., Lu, Y., Zhang, J., Liu, W., Guan, W., and Wang, Z. (2017). Effects of high CO_2 in-package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 123, 112-118.

[20] Lagnika, C., Zhang, M., Nsor-Atindana, J., and 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, 3749-3757.

[21] Mohebbi, M., Ansarifar, E., Hasanpour, N., and Amiryousefi, M. R. (2012). Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. Food and Bioprocess Technology, 5, 3193-3202.

[22] Sharma, P., Shehin, V. P., Kaur, N., and Vyas, P. (2019). Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: A review. International Journal of Vegetable Science, 25(3), 295-314.

[23] 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.

[24] Aguilar, K. C., Tello, F., Bierhalz, A. C., Romo, M. G. G., Flores, H. E. M., and Grosso, C. R. (2015). Protein adsorption onto alginate-pectin microparticles and films produced by ionic gelation. Journal of Food Engineering, 154, 17-24.

[25] Sow, L. C., Toh, N. Z. Y., Wong, C. W., and Yang, H. (2019). Combination of sodium alginate with tilapia fish gelatin for improved texture properties and nanostructure modification. Food Hydrocolloids, 94, 459-467.

[26] Sharma, A., and Singh, A. K. (2025). Sodium alginate: A green biopolymer resource-based antimicrobial edible coating to enhance fruit shelf-life: A review. Colloids and Interfaces, 9(3), 32.

[27] Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F., and Khademi, O. (2018). Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. Scientia Horticulturae, 233, 114-123.

[28] Chaudhary, B., Azam, M., Khan, A. S., & Abbas, H. (2025). Effect of pre-harvest calcium chloride applications on physicochemical quality traits and postharvest life of grapes during cold storage. Journal of Food Measurement and Characterization, 19, 9032–9051.

[29] Nasri, E., Khademi, O., Saba, M. K., and Ebrahimi, R. (2022). Extension of button mushroom storability by ultrasound treatment in combination with calcium lactate. Journal of Food Measurement and Characterization, 16(1), 1-9.

[30] Aguayo, E., Escalona, V. H., and Artés, F. (2008). Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. Postharvest Biology and Technology, 47(3), 397-406.

[31] Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. (2005). Effect of calcium additives on physicochemical aspects of cell wall pectin and sensory attributes of canned peach (*Prunus persica* (L) Batsch cv Andross). Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(10), 1773-1778.

[32] Silveira, A. C., Aguayo, E., Chisari, M., and Artés, F. (2011). Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon.

Postharvest Biology and Technology, 62(1), 77-84.
[33] Luna-Guzmán, I., and Barrett, D. M. (2000). Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biology and Technology, 19(1), 61-72.
[34] Hassani, F., and Khademi, O. (2018). Effect of calcium chloride and salicylic acid treatments on quality characteristics and shelf life of fresh-cut kiwifruit. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(1), 658-666.
[35] Guan, W. (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), 119-125.
[36] Khovitari, S., and Khademi, O. (2022). Determination the best source of calcium for button mushroom conservation. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 5(2), 177-186.
[37] Eroğul, D., Gundogdu, M., Sen, F., and Tas, A. (2024). Impact of postharvest calcium chloride treatments on decay rate and physicochemical quality properties in strawberry fruit. BMC Plant Biology, 24(1), 1088.
[38] Sohail, M., Ayub, M., Khalil, S. A., Zeb, A., Ullah, F., Afridi, S. R., and Ullah, R. (2015). Effect of calcium chloride treatment on postharvest quality of peach fruit during cold storage. International Food Research Journal, 22(6), 2387-2393.
[39] Kalita, P., Roy, P. K., Bhattacharjee, B., Goswami, A., Pachuau, L., and Roy, S. (2025). Alginate-based coating in post-harvest fruits preservation: A comprehensive review. International Journal of Biological Macromolecules, 145799.
[40] Mirshekari, A., Madani, B., and Golding, J. B. (2019). Aloe vera gel treatment delays postharvest browning of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Journal of Food Measurement and Characterization, 13(2), 1250-1256.
[41] Ahmad, F., Muhammad, A., Hashmi, M. S., Ahmad, A., Alam, S., Din, K. U., and Siyab, A. (2024). Pre-storage calcium chloride and aloe vera gel coatings mitigate internal browning and senescence scald in 'Conference'pears. Scientia Horticulturae, 325, 112684.
[42] Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., and Woolf, A. (2015). Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. Postharvest Biology and Technology, 110, 158-165.

.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Combined use of sodium alginate and calcium lactate to extend the shelf-life of edible button mushroom.

Hadi Zarini, Orang Khademi* and Shahpour Khangholi

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/07/31

Review: 2025/12/09

Accepted: 2025/12/14

Keywords:

Agaricus bisporus, browning, cold storage, combined treatment, quality

DOI: **10.48311/fsct.2026.84079.0**

*Corresponding Author E-

o.khademi@shahed.ac.ir

ABSTRACT

This study aimed to improve the shelf life and maintain the quality of edible button mushrooms (*Agaricus bisporus*) through edible coating treatments. A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications, involving sodium alginate (0, 0.5, and 1%), calcium lactate (0 and 0.5%), and storage durations (0, 7, 14, and 21 days). After applying the treatments, the mushrooms were packaged in cellophane and stored at 4°C. Microbiological, physicochemical, and sensory parameters were evaluated. The results showed that the combined treatment of 0.5% sodium alginate and 0.5% calcium lactate significantly maintained the quality of the mushrooms, reducing weight loss by 50%, inhibiting browning by 38%, decreasing bacterial growth by 38%, preserving optimal texture firmness, and reducing fluctuations in soluble solids compared to the control. Additionally, this treatment significantly preserved the sensory characteristics of the mushrooms. In contrast, the treatment with 1% sodium alginate and 0.5% calcium lactate, despite increasing calcium content to 0.76 mg/g dry weight, showed weaker performance in controlling browning and maintaining sensory attributes. Single treatments were also effective in some parameters but were less effective than the combined treatment in preventing quality deterioration. In conclusion, the simultaneous use of 0.5% sodium alginate and 0.5% calcium lactate is recommended as an effective method to extend the shelf life and preserve the quality of edible button mushroom.