اثر پوشش زیست فعال آلوئه‌ورا بر پوسیدگی و برخی ویژگی‌های کیفی پس از برداشت توت‌فرنگی

فرانک کریمی[۱*]، محمود کوشش‌صبا[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

نویسنده مسئول: rojiar.abdollah98@gmail.com

چکیده

توت‌فرنگی به‌دلیل ساختار و بافت خاص، فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به پوسیدگی‌های قارچی، سرعت فساد بالا و ماندگاری کوتاهی دارد. در این پژوهش اثر پوشش‌های خوراکی ژل آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک *Lactubasillus plantarum* A7، سوسپانسیون پروبیوتیک در آب مقطر و ژل آلوئه‌ورا با هدف افزایش ماندگاری، حفظ شاخص‌های کیفی و کاهش پوسیدگی‌های پس از برداشت، در طی ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. پس از اعمال تیمارها، پوسیدگی و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی تیمارهای مختلف، در ۴ بازه‌ی زمانی به مدت ۱۶ روز در مقایسه با شاهد بررسی شد. تیمار ژل آلوئه‌ورا غنی‌شده با پروبیوتیک در مقایسه با سوسپانسیون پروبیوتیک در آب مقطر و ژل آلوئه‌ورا در کاهش پوسیدگی و حفظ صفات کیفی توت‌فرنگی اثر بیشتری داشت. به گونه‌ای که درصد پوسیدگی، کاهش وزن و افزایش مواد جامد محلول را در طول ۱۶ روز نگهداری به ترتیب ۴۴ درصد، ۳/۵۴ درصد و ۱/۸ درجه بریکس نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بر اساس نتایج این پژوهش، تیمار ژل آلوئه‌ورا در ترکیب با پروبیوتیک *L. Plantarum* A7 پتانسیل حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری توت‌فرنگی را داشته و می‌تواند نوید بخش تولید و گسترش محصولات پروبیوتیک جدید باشد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی زیستی، پوشش‌دهی، غذاهای فراسودمند، ضایعات پس از برداشت

مقدمه

توت‌فرنگی از لحاظ اقتصادی میوه‌ای مهم است، که با داشتن عطر و طعم منحصر به‌فرد و ارزش تغذیه‌ای بالا از میوه‌های محبوب و پرطرفدار در سراسر جهان می‌باشد (Gol *et al.*, 2013). با این‌حال این میوه به دلیل تنفس و فعالیت متابولیکی بالا، نرم و آبدار بودن بافت و حساسیت به پوسیدگی‌های قارچی، سرعت فساد بالا و ماندگاری کوتاهی دارد که سبب ایجاد خسارت‌های قابل توجهی در مرحله‌ی پس از برداشت می‌شود (Aday and Caner, 2011). در حال حاضر یکی از راه‌ها جهت کنترل پوسیدگی و کاهش ضایعات این میوه استفاده از ترکیبات و سموم شیمیایی می‌باشد که با توجه به اثرات منفی این ترکیبات در سلامت انسان و محیط زیست نگرانی‌های زیادی را در پی داشته است. در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در مورد تیمارهای مؤثر پیش و پس از برداشت، با هدف حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری توت‌فرنگی انجام شده است که در این بین پوشش‌های خوراکی به عنوان یک گزینه‌ی ایمن و امیدوار کننده مطرح می باشند (Yousuf *et al.*, 2018; Sogvar *et al.*, 2016). پوشش‌های خوراکی لایه‌ی نازکی از مواد قابل تجزیه هستند، که به‌صورت مستقیم روی سطح محصول قرار گرفته و از محصول در برابر تبادلات گازی (اکسیژن و دی‌اکسیدکربن) و رطوبتی، بین محصول و محیط اطراف محافظت می‌کند و از این طریق سبب تأخیر در کاهش ویژگی‌های کیفی، خصوصیات حسی و در نهایت کاهش سرعت رشد عوامل میکروبی موثر در فساد محصول می‌گردند (Gol *et al.*, 2013). ژل آلوئه‌ورا ماده‌ای شفاف، بی‌بو، سالم و سازگار با محیط زیست است که توانایی تغییر اتمسفر درونی میوه را داشته و شرایطی مشابه با اتمسفر کنترل شده برای میوه ایجاد می‌کند. همچنین قابلیت استفاده به‌عنوان یک حامل، برای موادی نظیر ویتامین‌ها را دارد (Valverd *et al.*, 2005). درگزارشی کاربرد ژل آلوئه‌ورا در ترکیب با آسکوربیک اسید روی میوه‌ی توت‌فرنگی، سبب حفظ بهتر صفات فیزیکو شیمیایی میوه و کاهش بار میکروبی میوه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد گردید (Sogvar *et al.*, 2016). پروبیوتیک‌ها ریزسازوارهای زنده‌ای هستند که افزون براثرات سلامت‌بخش

در میزبان، در حفظ ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی در طی دوره‌ی انبارمانی موثر می‌باشند. نتایج یک بررسی نشان داده است که کاربرد کربوکسی‌متیل‌سلولز (CMC) به‌عنوان حاملی برای *Lactobacillus. plantarum* PTCC1058 روی میوه‌ی توت‌فرنگی، سبب کاهش وزن و پوسیدگی کمتر، حفظ بهتر اسید آسکوربیک و ترکیبات فنلی در طی دوره‌ی ذخیره‌سازی در مقایسه با شاهد شده است. همچنین رشد کپک و مخمر در سطح میوه به دلیل خاصیت ضد میکروبی پروبیوتیک در مقایسه با نمونه‌ی شاهد کمتر بود (khodaei , 2019 and Hamidi-Esfahani). با توجه به این‌که کاهش تلفات پس از برداشت محصولات، یکی از مهمترین نیازها در حوزه‌ی کشاورزی است، این پژوهش با هدف ارزیابی توانایی پوشش خوراکی زیست فعال آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک *L.Plantarum A7* در حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی‌های پس از برداشت توت‌فرنگی، در طی ۱۶ روز ذخیره‌سازی در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش

تهیه‌ی میوه توت‌فرنگی: میوه‌ی تازه‌ی توت‌فرنگی، از رقم پاروس در مرحله‌ی بلوغ تجاری (با ۸۰ درصد رنگ قرمز در سطح)، در اواسط آبان ماه سال ۱۳۹۹ از مزعه‌ای واقع در روستای چناره‌ی شهرستان سنندج برداشت شد و در ظروف کوچک به عمق ۱۰ سانتیمتر به آزمایشگاه منتقل شد.

تهیه سوسپانسیون باکتری: سویه‌ی باکتریایی *Lactobacillus plantarum* A7 از مرکز ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه شد. جهت فعال‌شدن سلول‌ها، ۱۰۰ مایکرولیتر از کشت لیوفلیزه‌ی باکتری در محیط کشت MRS agar به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه‌ی سلسیوس کشت داده شد. جهت تهیه مایه‌ی تلقیح اولیه‌ی باکتریی، به ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط مایع MRS broth یک لوپ از کشت ۴۸ ساعته‌ی باکتری اضافه و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه‌ی سلسیوس انکوبه‌گذاری شد. پس از گذشت این مدت حجم مورد نیاز از کشت مایع باکتری، در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید سپس زیست‌توده حاصل را با آب مقطر استریل شستشو داده و در نهایت سوسپانسیون سلولی باکتری در آب مقطر تهیه و با استفاده از هموسیتومتر غلظت10^8 در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون سلولی باکتری تنظیم شد.

آماده‌سازی ژل آلوئه‌ورا: پس از شست و شوی برگ‌های تازه برداشت شده‌ی آلوئه ورا با آب مقطر استریل، قسمت وسط برگ (گوشت حاوی ژل) با استفاده از تیغه‌ی اسکاپل استریل جدا شد. پس از جداسازی بافت گوشتی به مدت ۵ دقیقه با مخلوط‌کن همگن شد. جهت تهیه‌ی ژل خالص، مخلوط حاصل را دو بار از صافی (تنظیف پارچه‌ای) عبور داده شد. ژل خالص جمع‌آوری شده به مدت ۵ دقیقه در دمای ۷۵ درجه‌ی سلسیوس پاستوریزه گردید. پس از خنک شدن با آب مقطر استریل یا سوسپانسیون باکتری حاوی ۲ درصد گلیسرول به نسبت حجمی ۳۳ درصد رسانیده شد. تیمارهای آزمایش شامل: ژل آلوئه‌ورا ۳۳ درصد + پروبیوتیک *L. Plantarum* A7 سوسپانسیون پروبیوتیک ژل آلوئه‌ورا ۳۳ درصد و شاهد (آب مقطر) می‌باشد. جهت اعمال تیمارها، میوه‌های توت‌فرنگی به مدت ۳ دقیقه در تیمارهای فوق غوطه‌ور شدند. پس از اعمال تیمار پوشش‌دهی، میوه‌ها از محلول خارج شده و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای محیط با جریان طبیعی هوا خشک شدند. سپس میوه‌های هر تیمار به‌صورت تصادفی در ظروف بسته‌بندی درب‌دار قرار گرفته و به سردخانه با دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس منتقل شدند. بررسی شاخص‌های فیزیکوشیمیایی از بسته‌های حاوی نمونه‌های شاهد و پوشش‌دارشده قبل از انتقال به سردخانه و در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از انبارمانی در ۳ تکرار، جهت انجام آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی نمونه‌برداری صورت گرفت. آزمون‌های فیزیکو شیمیایی اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه مانند کاهش وزن، اسیدیته، اسید قابل تیتر و کل مواد جامد محلول بر اساس روش‌های استاندارد (A0AC,1994) انجام شد. میزان بروز پوسیدگی تیمارهای مختلف، در طول دوره‌ی نگهداری با توجه به مقدار آسیب ایجاد شده، ناشی از رشد میکروارگانیسم‌ها، نرم‌شدگی و سیاه‌شدگی در ۴ بازه زمانی به مدت ۱۶ روز بررسی و نتایج با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه و به صورت درصد گزارش گردید.

(تعداد میوه‌های موجود در هر بسته)/(تعداد میوه‌ی آسیب دیده) × ۱۰۰= درصد بروز پوسیدگی

تجزیه و تحلیل آماری: این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل با دو عامل (تیمارها و زمان نگهداری)، بر پایه‌ی طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. نتایج بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها با نرافزار SPSS و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در سطح احتمال $p<۰/۰۱$ و $p<۰/۰۵$ تجزیه و تحلیل گردید. نمودارها با نرم افزار Exele رسم شد.

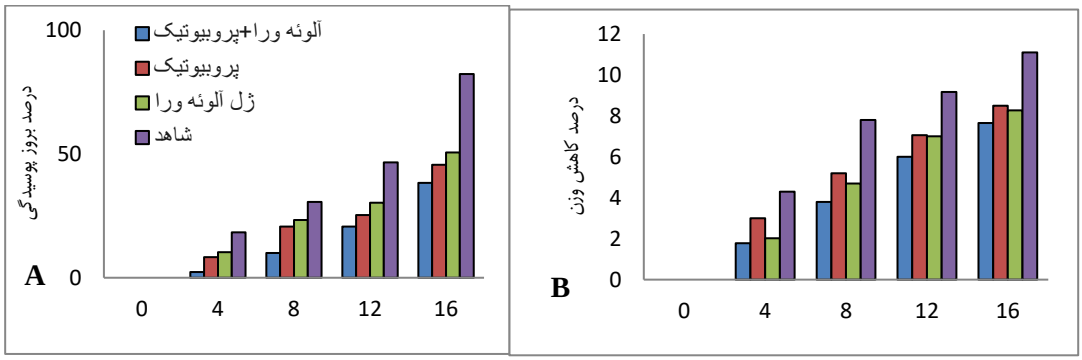
نتایج

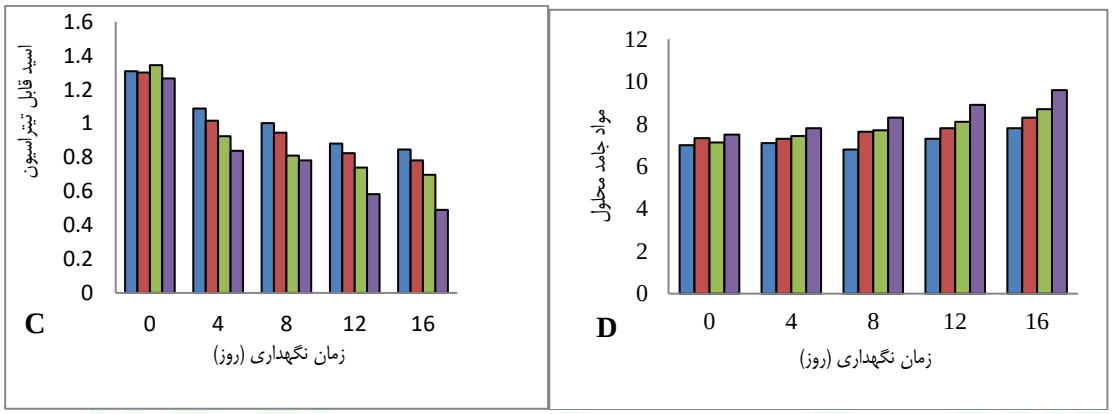
آنالیز نتایج شاخص‌های فیزیکوشیمیایی میوه پس از ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس نشان داد، که تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش، اثرات مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال $p<۰/۰۵$ داشته‌اند. در میان شاخص‌های فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده، کمترین پوسیدگی ۳۸/۳۳، کاهش وزن ۳/۵۴، مواد جامد محلول‌کل ۷/۸ و بیشترین میزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون ۰/۸۴۶ در تیمار ژل آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک *L. Plantarum* A7 مشاهده شد که در مقایسه با شاهد معنی‌دار بودند. این نتایج نشان دهنده‌ی اثر مثبت تیمار ژل آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک *L. Plantarum* A7 بر کاهش سرعت تغییرات بیوشیمیایی است که سبب حفظ بهتر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و افزایش عمر انباری توت‌فرنگی شده است.

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به پوسیدگی، کاهش وزن، اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول میوه‌ی توت‌فرنگی با پوشش‌های خوراکی مختلف در طول ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس

منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون٪	کاهش وزن٪	بروز پوسیدگی ٪
تیمار	۳	۳/۷۹**	۰/۱۵**	۱۹/۲**	۷۴۳۳/۷**
زمان	۴	۳/۵۹**	۰/۶۷**	۱۵۱/۱۵**	۴۴۰/۶**
تیمار* زمان	۱۲	ns۰/۲۱	ns۰/۱	۱/۴۵**	۱۹۸/۹**
خطا	۴۰	۰/۱۵	۰/۰۰۶	۰/۲۲	۱۸/۱
ضریب تغییرات		۵/۱	۸/۳	۹/۸	۱۸/۳

عدم معنی داری ns) و pو $p<۰/۰۵$ * و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ($<۰/۰۱$





شکل ۱- صفات مورد ارزیابی میوه‌ی توت‌فرنگی تیمار شده با پوشش‌های مختلف در طول ۱۶ روز نگهداری در دمایی ۴ درجه‌ی سلسیوس. A: درصد بروز پوسیدگی، B: درصد کاهش وزن، C: اسیدیته قابل تیتراسیون، D: مواد جامد محلول

بر اساس نمودارA، درصد بروز پوسیدگی در تیمارهای شاهد تا روز ۱۶ نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس به‌شدت افزایش یافته، به‌گونه‌ای که به بالاتر از ۸۰ درصد رسید ولی تیمار پوشش آلوئه‌ورا در ترکیب با *L. Plantarum* A7 درصد بروز پوسیدگی در میوه را به کمتر از ۴۰ درصد کاهش داد. با توجه به‌اینکه پوسیدگی میوه به‌تغذیه عوامل بیماری‌زای قارچی از سطح بافت هم بستگی دارد، ترکیب ژل آلوئه ورا با پروبیوتیک *L. Plantarum* A7، به‌دلیل داشتن اثر ضد قارچی آلوئه‌ورا و اثر حفاظتی پروبیوتیک در محدودکردن رشد عوامل بیماری‌زا با مکانیسم رقابت و تولید انواع مختلف از متابولیت‌های ثانویه سبب تأخیر در پوسیدگی میوه شده است. نتایج این پژوهش با نتایج آزمایشات قبلی همخوانی داشت (Sogvar *et al.*, 2016; Khodaei and Hamidi-Esfahani, 2019). نتایج کاهش وزن تیمارهای مختلف نشان داد که میزان کاهش وزن در طی دوره‌ی نگهداری افزایش داشته است. پس از ۱۶ روز نگهداری میوه‌ها در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس، برای تیمارهای پوشش ژل آلوئه‌ورا در ترکیب با پروبیوتیک، سوسپانسیون پروبیوتیک در آب مقطر، ژل آلوئه‌ورا و شاهد به ترتیب ۷/۵۶، ۸/۵، ۸/۲۷ و ۱۱/۱ است. بر اساس این نتایج، تیمار پوشش ژل آلوئه‌ورا درترکیب با پروبیوتیک کمترین کاهش وزن را در مقایسه با شاهد داشته است. از آنجاییکه تبخیر آب از سطح محصول به‌عنوان مهمترین مکانیسم کاهش وزن بیان شده است (Yaman and Bayoindiri, 2003). در این پژوهش اثر مثبت پوشش‌دهی با تیمارهای مختلف به‌دلیل تشکیل لایه‌ی محافظتی سبب کاهش تبخیر آب از بافت توت‌فرنگی شده است. بر اساس نمودارC، میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها در طول مدت نگهداری در انبار کاهش یافت، که این کاهش، به‌سرعت تنفس میوه و مصرف اسیدهای آلی در تنفس مربوط است. پس از ۱۶ روز نگهداری توت‌فرنگی در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس، میزان اسید قابل‌تیتراسیون در تیمارهای ژل آلوئه‌ورا در ترکیب با پروبیوتیک، سوسپانسیون پروبیوتیک در آب مقطر، ژل آلوئه‌ورا و شاهد به ترتیب ۰/۸۴۶، ۰/۷۸۲، ۰/۶۹۶ و ۰/۴۹۰ بود که کمترین کاهش در تیمار ترکیبی ژل آلوئه‌ورا و پروبیوتیک مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که پوشش‌دهی میوه با تیمارهای ذکرشده سبب کاهش سرعت فرآیندهای مرتبط با رسیدن شده است و در نتیجه سرعت تخریب اسیدهای آلی نیز کاهش یافته است. نمودار تغییرات مواد جامد محلول عصاره‌ی میوه، بیانگر آن است که میزان مواد جامد محلول در طول دوره‌ی نگهداری به‌صورت تابعی از زمان یک روند افزایشی را نشان می‌دهد. پس از ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس، بیشترین و کمترین افزایش مواد جامد محلول به ترتیب در تیمار شاهد و پوشش آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک مشاهد شد. در میوه‌های شاهد افزایش مواد جامد محلول می‌تواند در نتیجه‌ی کاهش وزن باشد. همچنین شکستن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آنها به ترکیبات ساده‌تر در نتیجه‌ی تنفس، سبب افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌گردد (Tanada-Palmu and Grosso, 2005). در این پژوهش افزایش کمتر مواد جامد محلول در تیمارهای پوشش ژل آلوئه‌ورا در ترکیب با پروبیوتیک، سوسپانسیون پروبیوتیک در آب مقطر و ژل آلوئه ورا، احتمالا به‌دلیل توانایی این تیمارها در جلوگیری از کاهش وزن بیشتر است.

نتیجه‌گیری کلی: این پژوهش نشان داد که استفاده از پوشش آلوئه‌ورا غنی شده با پروبیوتیک *L. Plantarum* A7 افزون بر کاهش بروز پوسیدگی‌های طبیعی و میکروبی، پتانسیل افزایش عمر انباری توت‌فرنگی، بدون داشتن اثر منفی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس به مدت ۱۶ روز را دارد.

منابع:

Aday, M.S. Caner, C. 2011. The Applications of 'active packaging and chlorine dioxide' for extended shelf life of fresh strawberries. Packag. Technology Scince, 24: 123-136.

AOAC, 1994. Official methods of analysis, 16th. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.

Gol, N.B., Patel, P.R., Rao, T.R. 2013. Improvement of quality and shelf life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85:185–195.

Khodaei, D., Hamidi-Esfahani, Z. 2019. Influence of bioactive edible coatings loaded with Lactobacillus plantarum on physicochemical properties of fresh strawberries. Postharvest Biology and Technology, 156: 110944.

Sogvar, O.B., Koushesh Saba, M., Emamifar, A. 2016. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 114: 29–35.

Tanada-Palmu, P.S., Grosso, C.R. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality. Postharvest biology and technology, 36(2): 199-208.

Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Serrano, M. 2005. Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain tablegrape quality and safety. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(20): 7807-7813.

Yousuf, B., Qadri, O.S., Srivastava, A.K. 2018. Recent developments in shelf-life exten- sion of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: a 9 review. Lwt: Food Science.Technology, 89:198–209.

Yaman, Ö., Bayoindirli, L. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. LWT - Food Scince. Technology, 35:146–150.

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., González-Mar- tínez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coating. Posthar vest Biology and Technology,41:164-171.

The effect of bioactive coating of *Aloe vera* on decay and some postharvest quality characteristics of strawberries

Franak Karimi[1*], Mahmoud Koushesh Saba[2]
[1]Master student of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan,
[2]Associate professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract
Strawberry is perishable crop and has short postharvest life because of its special structure and texture, high metabolic activity and susceptibility to fungal agents. In this study, the effect of edible coatings of *Aloe vera* gel (AV) enriched with probiotic *L. plantarum* A7, probiotic suspension in distilled water and AV gel were studied during 16 days of storage at 4 ◦C. After applying the treatments, decay and physicochemical indices of different treatments were evaluated at 4 time intervals of 16 days storage compared to the control. Treatment of AV gel enriched with probiotic *L. plantarum* A7 in comparison with probiotic suspension in distilled water and solely AV gel was more effective in reducing decay and maintaining the quality traits of strawberries. The percentage of decay, weight loss and increase in total soluble solids during 16 days of storage were reduced by 44%, 3.54% and 1.8 ° Brix, respectively, compared to the control treatment. Based on the results of this study, AV gel treatment in combination with *L. Plantarum* A7 probiotic has the potential to maintain quality and increase the shelf life of strawberries and can be promising for the production and expansion of new probiotic products.

Keywords: Bio protection, Coating, Functional foods, Postharvest losses