نشریه علمی «علوم و فنون بسته بندی»
سال سیزدهم، شماره ۴۹، بهار ۱۴۰۱؛ ص ۳۴- ۱۹

علمی – پژوهشی

تأثیر پوشش خوراکی بر پایه‌ی ژل آلوئه‌ورا حاوی نانوذرات اکسید مس بر قطعات تازه بریده‌شده‌ی کیوی در دمای یخچال

صابر امیری[۱]، لعیا رضا زاد باری[۲*]، غزاله احمدی پرتوی[۳]

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

۲- دکتری تخصصی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده محقق اردبیلی، اردبیل، ایران،

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

(دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱ ، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵)

چکیده

برش‌های تازه‌ی میوه‌ی کیوی به دلیل نداشتن پوست و شرایط نامناسب نگهداری، مستعد آلودگی‌های باکتریایی و قارچی هستند. بنابراین استفاده از پوشش‌های محافظ برای رفع این مشکلات پیشنهاد شده است. هدف از این پژوهش افزایش ماندگاری برش‌های تازه‌ی کیوی در شرایط سرد بود. در این پژوهش نمونه‌ها در پوشش‌هایی شامل نانوذرات اکسید مس (۰، ۰/۲ و ۰/۴٪) و ژل آلوئه‌ورا (۵، ۷/۵ و ۱۰٪) که بر اساس طرح آماری مرکب مرکزی به دست آمد، غوطه ور شدند و برای مدت چهار، نه و چهارده روز در یخچال نگهداری شدند؛ سپس ویژگی‌های نمونه‌ها با آزمون‌های کیفی شامل pH، اسیدیته، آنتی‌اکسیدان، فنل کل، رنگ و پذیرش کلی بررسی شدند. در ادامه شرایط بهینه بر اساس نتایج همه‌ی آزمایش‌ها بر روی هر ۱۷ نمونه آنالیز و تعین گردید و دو نمونه‌ی بهینه برای آزمون‌های تأییدی انتخاب شدند. نمونه‌ی بهینه با پوششی شامل ژل آلوئه‌ورا ۱٪ و نانوذرات اکسید مس ۱/۸۸٪ تیمار شد و نمونه‌ی دوم به‌عنوان نمونه‌ی شاهد در نظر گرفته شد و به مدت ۱۰ روز در یخچال نگهداری شدند. بررسی نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بین نتایج آزمایش‌های نمونه‌ی شاهد و بهینه اختلاف معناداری وجود داشت. پوشش‌ها از افزایش pH که باعث پیری در میوه‌ی کیوی می‌شوند و از کاهش بیش از حد آن که باعث فساد قارچی می‌شوند و همچنین از افزایش اسیدیته که منجر به تخمیر می‌شود، جلوگیری کردند؛ سایر پارامترهای مهم نمونه‌های پوشش داده شده هم بهتر حفظ شده بودند.

کلیدواژه‌ها: پوشش خوراکی، برش‌های تازه‌ی کیوی، ژل آلوئه‌ورا، نانوذرات اکسید مس، شرایط نگهداری سرد

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، بازار میوه‌های کم‌فرآوری‌شده افزایش یافته است. محصولات غذایی آماده‌ی خوردن، بیشترین تقاضا را در سال‌های اخیر در بازار دارند. میوه‌های تازه‌برش‌خورده به دلیل مراحل فرآوری که دوره‌ی رسیدن را تسریع می‌کنند، دارای ماندگاری کوتاهی هستند [۱]. فرایند پوست کندن و برش دادن آسیب جدی به بافت‌های گیاهی وارد می‌کند. رویدادهای جداسازی اجزای سلولی باعث واکنش بیوشیمیایی مرتبط با تغییر رنگ (قهوه‌ای شدن و تخریب کلروفیل)، از دست دادن بافت و تخریب بافت، اکسیداسیون ویتامین و/یا تسریع متابولیسم می‌شود. علاوه‌براین، نشت آب‌میوه رشد میکروبی را تحریک می‌کند، که ممکن است منجر به ایجاد خطرات و فساد در مواد غذایی شود. به این دلایل، ماندگاری میوه‌هایی که کمتر فرآوری شده اند، کوتاه است و افزایش آن، حتی برای چند روز مزیت قابل توجهی است [۲]. این میوه فرازگرا در مناطق گرمسیری پرورش می‌یابد، به اتیلن بسیار حساس است و از ماندگاری پس از برداشت کمی برخوردار است و وقفه‌ی زیاد بین برداشت تا عرضه، محصول را دچار فسادهای قارچی و باکتریایی می‌کند [۵]. عمل پوست گیری و ورقه ورقه کردن، میزان تنفس و تولید اتیلن درکیوی را افزایش می‌دهد و عمر مفید کیوی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین استفاده از فرآیندهای نگهداری به منظور افزایش زمان ماندگاری آن ضروری به نظر می‌رسد [۶].

امروزه استفاده از پوشش‌های خوراکی به دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی در حال افزایش است [۷]. استفاده از پوشش‌ها برای میوه‌ها موجب کاهش از دست رفتن رطوبت، محدود کردن جذب رطوبت، کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و حفظ طعم در فرآورده‌های معطر، جلوگیری از تغییرات رنگ و بهبود ظاهر محصول می گردد و به طور کلی

* نویسنده مسئول: l.rezazad@uma.ac.ir

باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت محصولات تازه می‌شود [۸]. پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد هستند که سدی محافظ در مقابل انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل‌شده در غذا ایجاد می‌کنند و مصرف‌کننده می‌تواند آن‌ها را خورده باشد[۹]. در فیلم‌ها و پوشش‌ها خوراکی از پروتئین‌ها، لیپیدها و پلی‌ساکاریدها برای حفظ تازگی، جلوگیری از ازدست‌دهی رطوبت، کاهش سرعت واکنش اکسیداسیون ، تغیر رنگ، مهاجرت املاح، کنترل رشد میکروبی، افزایش جنبه های کیفی و افزایش عمر ماندگاری محصول استفاده شده است [۷]. متداول‌ترین نوع از این پوشش‌ها، پوشش‌های پلی‌ساکاریدی هستند [۱۰]. پوشش‌های خوراکی بر پایه‌ی پلی ساکارید به طور مؤثری برای افزایش ماندگاری برخی از میوه‌های فرازگرا استفاده می‌شوند. این پوشش‌ها با ایجاد یک لایه‌ی نازک روی محصول از عبور میکروارگانیسم‌ها و اکسیژن جلوگیری می‌کنند. در نتیجه مشکل خشک و چروکیده شدن میوه‌های تازه‌برش‌خورده و هم چنین فساد باکتریایی را برطرف می‌کنند [۱۱].

در حال حاضر، یکی از ماتریس‌های طبیعی پوشش‌های خوراکی مورد مطالعه، ژل استخراج‌شده از برگ‌های آلوئه‌ورا است. مزایای فراوان ژل آلوئه‌ورا، مانند فعالیت ضد میکروبی و سهولت آماده سازی آن، آن را برای استفاده به عنوان یک پوشش خوراکی مورد توجه قرار می‌دهد. ژل آلوئه‌ورا، یک ژل بی‌رنگ است که در قسمت‌های درون برگ‌های گیاه آلوئه‌ورا (*vera Aloe*) قرار گرفته و شامل آب (بیش از ۹۸٪)، و ۰/۵ درصد مواد جامد شامل انواع ترکیبات مغذی نظیر پلی‌ساکاریدهایی نظیر پکتین، سلولز، همی سلولز، گلوکومانوز، ویتامین ها، مواد معدنی و ترکیبات فنلی، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، استرول‌های گیاهی است [۱]. ژل این گیاه اثرات ارتقا و بهبود سلامت بسیاری مانند ویژگی آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد التهابی، آنتی آلرژیک و ضد سرطانی دارد [۷]. به علت وجود دو ترکیب ساپونین و اسید سالیسیلیک در ژل که خاصیت ضد قارچی دارند، این پوشش می‌تواند باعث جلوگیری از رشد و تکثیر قارچها نیز شود [۱۲]. این پوشش عملگرا می‌تواند با کاهش هدررفت و از دست دادن آب و رطوبت، مقدار گاز در تماس با پوست میوه، و تولید اتیلن در میوه‌ی تازه، از نرم شدن میوه‌ها، جلوگیری کند [۷].

امروزه، انواع مختلف ترکیبات ضد میکروبی در طراحی بسته‌بندی‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نانوذراتی که خاصیت ضد میکروبی دارند یک دسته‌ی مهم از آن‌ها محسوب می‌شوند. این نانو ذرات در ترکیب فیلم بسته‌بندی و یا به عنوان پوشش در سطح داخلی آن مورد استفاده قرار می‌گیرند و بدون مهاجرت به داخل ماده‌ی غذایی، اثر میکروب‌کشی را در سطح محصول نشان می‌دهند. نانوذرات فلزی مانند نانو ذرات نقره و اکسید مس است [۱۳]. مس از جمله ترکیبات ضد میکروبی است که از صدها سال پیش مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از نانوذرات مهمی که از مس مشتق می‌شود، اکسید مس (CuO) است. بر خلاف سایر نانوذرات فلزی از جمله نقره و TiO_2، فلز مس و ترکیبات آن از دسته‌ی ترکیبات ایمن است و حضور آن‌ها در مقادیر مجاز برای سلامتی خطرناک نیست. نانوذرات اکسید مس، دارای خاصیت ضد میکروبی قابل توجهی بوده و هم چنین از ویژگی های فتوکاتالیستی نیز برخوردار هستند [۱۴]. اثرات ضد میکروبی نانوذرات اکسید مس بر روی طیف وسیعی از میکروارگانیسم ها از جمله باکتری‌های گرم‌مثبت و منفی به اثبات رسیده است. اندازه‌ی نانوذرات و ریز ساختار آن‌ها از جمله عوامل تأثیرگذار روی خاصیت ضد میکروبی این نانوذرات محسوب می‌شود. با کاهش اندازه‌ی نانوذرات ، به دلیل افزایش سطح آزاد، خاصیت ضد میکروبی بیشتر می‌شود. همچنین نانوذرات کروی اکسید مس نسبت به نانوذرات مکعبی، صفحه‌ای یا دارای شکل نامنظم، خاصیت میکروب‌کشی بیشتری از خود نشان می‌دهند و از پتانسیل بالاتری جهت استفاده در پوشش‌های خوراکی برخوردار هستند [۱۵].

سید و همکاران (۲۰۲۱)، به بررسی تأثیر پوشش خوراکی حاصل از ترکیب ژل آلوئه‌ورا، کیتوزان و کلسیم کلرید بر حفظ کیفیت میوه‌ی انبه در دمای محیط پرداختند. آنان دریافتند که پوشش‌دهی میوه‌ی انبه با پوشش مورد نظر، کیفیت پس از برداشت میوه‌ی انبه را به طور مناسب حفظ می‌کند؛ به‌طوری‌که در مقایسه با نمونه‌های شاهد استحکام بافت، افت وزن و شدت تنفس و درصد خرابی محصول کاهش یافت. همچنین اسید اسکوربیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر و تغییر رنگ کمتری در میوه‌های پوشش‌دهی شده با پوشش مورد بررسی در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بیشتر بود. در نهایت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که پوشش‌دهی میوه‌ی انبه با پوشش مورد بررسی می‌تواند به عنوان پوششی سالم و کارآمد در افزایش نگهداری و حفظ بهتر کیفیت میوه در شرایط سرد معرفی گردد [۱۶]. در پژوهشی دیگر، امامی‌فر (۲۰۱۳) از غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا جهت پوشش‌دهی توت‌فرنگی تازه، استفاده کرد و توانست طول عمر نگهداری توت‌فرنگی تازه را ۱۶ روز بدون تأثیر منفی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد، افزایش دهد. ایشان گزارش کردند که در تمامی تیمارها به‌جز غلظت ۷۰ درصد ژل آلوئه‌ورا، تا ۸ روز پس از انبارداری میزان اسیدیته محصول چندان تغییر نکرد ولی با افزایش زمان نگهداری تا ۱۶ روز، بیشترین افت اسیدیته به‌ویژه در نمونه‌های بدون پوشش مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی افزایش سرعت تجزیه اسیدها و ترکیبات آلی بوده و پوشش‌دهی با ژل

آلوئه‌ورا با کند کردن فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه، سرعت تخریب اسیدهای آلی و افزایش pH را کاهش دهد. محتوی بالای رطوبت توت‌فرنگی محیط مستعدی را برای رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها به وجود آورده است؛ بنابراین فناوری پوشش‌دهی، برای بهبود طعم و مزه‌ی محصولات و افزایش ماندگاری محصولات غذایی استفاده می‌شود که با نگهداری آن‌ها در بسته‌هایی با این پوشش‌ها، می‌توان یک سد در مقابل انتقال مواد (آب، گاز، مواد فرار و عطر و طعمی) از جمله اکسیژن ایجاد کرد و در نتیجه مدت نگهداری آن را بالا برد [۱۷]. همچنین منصور گرگانی و همکاران (۲۰۱۸) اثر غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا را بر کیفیت کیوی رقم هایوارد بررسی کردند . آنان دریافتند زمان نگهداری، غلظت پوشش ژل آلوئه‌ورا و نوع بسته‌بندی بر مقدار اسید اسکوربیک کیوی اثر معنی‌داری نشان دادند و مشاهده کردند که مقدار اسید اسکوربیک با گذشت زمان، کاهش یافته است. آن‌ها هم چنین گزارش کردند که بررسی اثر پوشش ژل آلوئه‌ورا، اثر مثبت ژل آلوئه‌ورا را بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ی کیوی نشان داد و با افزایش غلظت، این تأثیر نیز بیشتر شد. آنان هم چنین دریافتند که ترکیبات فنلی محصول در پایان دوره‌ی ذخیره‌سازی به علت شکست ساختار سلولی طی پدیده‌ی پیری در طول دوره‌ی ذخیره‌سازی، کاهش یافته است. [۴].

بنابراین فناوری پوشش‌دهی، برای بهبود طعم و مزه‌ی محصولات غذایی استفاده می‌شود که با نگهداری آن‌ها در بسته‌هایی با این پوشش‌ها، می‌توان یک سد در مقابل انتقال مواد (آب، گاز و چربی‌ها) از جمله اکسیژن ایجاد کرد و در نتیجه مدت نگهداری آن را بالا برد [۱۹]. برش‌های کیوی به علت نداشتن پوست و شرایط نامناسب نگهداری مستعد آلودگی‌های باکتریایی و قارچی هستند؛ بنابراین استفاده از پوشش‌های محافظ حاوی ترکیبات نگهدارنده طبیعی و ضد میکروبی برای رفع این مشکل، ضروری است [۱]. از این رو، هدف پژوهش حاضر بهینه‌سازی پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا حاوی نانوذرات اکسید مس جهت افزایش ماندگاری برش‌های تازه میوه‌ی کیوی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه‌ی مورد استفاده

میوه‌ی کیوی رقم هایوارد از بازار محلی ارومیه خریداری شد (کیوی‌ها از نظر شکل، رنگ و اندازه به‌صورت یکنواخت انتخاب شدند) و به تأیید گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه رسید. برگ‌های آلوئه‌ورا برای استفاده از ژل آن به‌صورت تازه خریداری شدند. برگ‌های تازه آلوئه‌ورا از گلخانه‌ی تولیدی در ارومیه خریداری شد. نانوذرات اکسید مس با درصد خلوص ۹۹٪ (رنگ سیاه، میانگین اندازه‌ی ذرات ۴۰ نانومتر و کروی) تولیدی شرکت US-NANO از شرکت فاین نانو تهران خریداری شد. معرف فولین سیوکالتیو و رادیکال‌های آزاد ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) از شرکت سیگما آلدریچ آمریکا تهیه گردید. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده با خلوص آزمایشگاهی و تولیدی شرکت‌های مرک آلمان و سیگما آلدریچ آمریکا بودند.

۲-۲- تهیه‌ی محلول پوشش ژل آلوئه‌ورا حاوی نانودرات اکسید مس

برگ آلوئه‌وراهای تهیه شده، با آب مقطر استریل شست‌وشو داده شدند. نوک، انتها و لبه‌ی برگ‌ها بریده و سپس با استفاده از یک چاقوی دستی قسمت میانی برگ به‌صورت طولی برش داده شد و پوست برگ‌ها از ژل وسط برگ جدا شد. ژل پس از جداسازی با یک مخلوط‌کن به‌مدت ۵ دقیقه خرد و مخلوط شدند. مخلوط حاصل پس از عبور از یک صافی پارچه‌ای، با هدف تولید ژل خالص جمع‌آوری گردید و غلظت‌های تحت بررسی (۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد وزنی/حجمی) با افزودن آب مقطر استریل به ژل خالص تهیه گردید [۱۷]. برای تهیه‌ی ژل کامپوزیت، مقادیر مختلف نانوذرات اکسید مس (۰، ۰/۲ و ۰/۴ ٪) و ژل آلوئه‌ورا آن افزوده شد. بدین منظور مقادیر مختلف این ترکیبات در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و هم‌زن به مدت ۴۵ دقیقه کاملاً حل گردید [۲۰].

۲-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها

کیوی ها با آب کلر (۲۰۰ میلی گرم در لیتر) به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۵ درجه‌ی سانتی گراد شسته و ضدعفونی شده و با آب لوله‌کشی به مدت ۵ دقیقه شسته شدند. سپس پوست آن‌ها با دست جدا شد و با دستگاه برش استیل به ورقه‌های با ضخامت ۶ میلی‌متری برش داده شد [۱۱]. کیوی‌های برش‌خورده هرکدام به مدت ۶۰ ثانیه در ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول پوشش غوطه‌ور شدند و پس از آن مدتی در دمای محیط قرار داده شدند تا پوشش بر روی آن‌ها خشک و تثبیت گردد. مرحله‌ی پوشش‌دهی در زیر هود لامینار با سطح استریل شده با الکل ۷۰٪ انجام گرفت. نمونه‌های پوشش داده شده هرکدام در ظرف‌هایی که از قبل با آب مقطر شسته شده و با آب ژاول ضدعفونی شده بودند قرار داده شدند تا پس از دوره‌های زمانی ۴، ۹ و ۱۴ روز نگهداری در دمای یخچال مورد بررسی قرار گیرند [۳].

۲-۴- آزمون‌ها

۲-۴-۱- اندازه‌گیری pH

میزان pH آب میوه با دستگاه pH متر دیجیتالی مدل (Metrohm 827) که با استفاده از بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شده بود اندازه‌گیری شد. الکترود دستگاه pH متر در دمای محیط و در ۱۰ میلی‌لیتر

آب کیوی به دست آمده از آب‌میوه‌گیری، قرار داده شد و مقدار pH اندازه‌گیری شد [۲۱].

۲-۴-۲- اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته‌ی نمونه‌ها، ابتدا ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ی میوه در داخل ارلن مایر ریخته شد و سپس ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. در ادامه با قرار دادن الکترود pH متر عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیتر) تا pH=۸/۲ صورت گرفت. در نهایت اسیدیته قابل تیتراسیون بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرفی برحسب معادل اسید سیتریک (اسید غالب کیوی) طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$TA = \left(\frac{S \times N \times F \times E}{C}\right) \times 100 \qquad (۱)$$

TA = مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره میوه ($^{g}/_{100\ ml}$)، s = مقدار NaOH مصرف شده (ml)، N = نرمالیته NaOH، F = فاکتور NaOH، E = اکی والان اسید مورد نظر (که برای اسید سیتریک ۰/۰۰۶۴ است)، C = مقدار عصاره‌ی میوه (ml)

در معادله بالا برای تعیین نوع اسید آلی باید اکی والان گرم آن اسید در معادله بالا نوشته شود که اکی والان اسید سیتریک ۰/۰۰۶۴ گرم است [۲۱].

۲-۴-۳- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

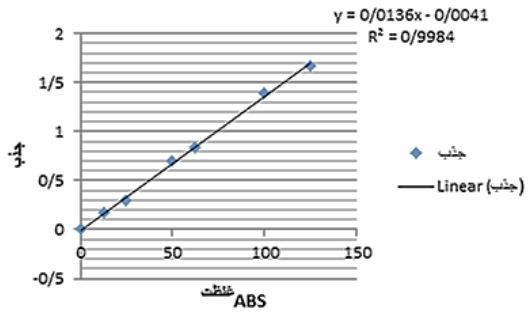
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق ارزیابی میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH انجام شد. میزان مهار رادیکال DPPH نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر (USA UNICO, PCT, 2100 UV/Vis) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه ۲ میلی‌لیتر از محلول هر نمونه با ۲ میلی‌لیتر از محلول اتانولیDPPH (۰/۲ میلی مولار) مخلوط گردید و بمدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریک و دمای محیط نگهداری شدند. سپس میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ی شاهد، ۲ میلی‌لیتر از محلول DPPH به ۲ میلی‌لیتر اتانول اضافه شد و جذب آن‌ها نیز به همان روش بالا انجام شد و مطابق رابطه‌ی (۲) درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی بر حسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH محاسبه گردید.

$$\text{درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی} = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن A_c میزان جذب شاهد و A_s میزان جذب نمونه است [۴].

۲-۴-۴- اندازه‌گیری محتوای فنلی کل

برای تعیین میزان فنل کل عصاره‌های میوه‌ی کیوی از واکنش فولین سیوکالتیو استفاده شد. اساس کار در این روش احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی‌رنگ است که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد. برای میزان جذب فنل کل، ۲۰۰ میکرولیتر عصاره میوه را با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میکرولیتر رسانده و به آن مقدار ۲۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین ۱۰ درصد حجمی/حجمی اضافه شد. سپس ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد وزنی/حجمی اضافه گردید و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی قرار داده شد. در نهایت میزان جذب عصاره در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. برای تهیه‌ی محلول‌های استاندارد ، مقدار ۰/۱ گرم اسید گالیک با متانول خالص به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس با استفاده از این محلول استاندارد غلظت‌های مختلف تهیه شد. به هر کدام از آن‌ها مقدار ۲۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین افزوده شد و ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم اضافه گردید. میزان جذب محلول‌های استاندارد پس از ۳۰ دقیقه قرارگیری در شرایط تاریکی، قرائت گردید و منحنی کالیبراسیون به دست آمد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و با استفاده از منحنی کالیبراسیون، بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت میوه محاسبه شد [۲۱].



(الف)

شکل (۱): منحنی کالیبراسیون فنل بر اساس جذب محلول استاندارد

۲-۴-۵- اندازه‌گیری ویتامین C

برای اندازه‌گیری ویتامین C از روش یدومتریک که مطابق با روش نوروزی‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۹، ابتدا محلول ۰/۰۱ نرمال ید تهیه گردید (مقدار ۱/۲۶۹ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط نموده و به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر رسانده شد). برای تعین فاکتور ید محلول فوق، پس از دو روز نگهداری، ۲۰ میلی لیتر از آن را در یک ارلن ریخته و روی آن ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد اضافه گردید این مخلوط را با محلول اسید آسکوربیک خالص تیتر نموده به طوری‌که در

نقطه‌ی پایان محلول به رنگ خاکستری کم‌رنگ تغیر رنگ داد. برای محاسبه‌ی فاکتور ید از مدل زیر استفاده شد:

$$F = \frac{A}{B \times N \times 88.1} \quad (۳)$$

که در آن F = فاکتور محلول ید، A = مقدار اسید آسکوربیک خالص (میلی‌گرم)، B = مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی‌لیتر) و N = نرمالیته محلول ید است.

بعد از تعین فاکتور ید مقدار ویتامین C در آب‌میوه اندازه‌گیری شد. برای اینکار ۱۰ میلی‌لیتر آب کیوی در ارلن مایر ریخته شد و روی آن ۲ میلی‌لیتر محلول ۱ درصد اضافه گردید. سپس مخلوط نشاسته و آب‌میوه توسط محلول ید تیتر گردید. عمل تیتراسیون تا ظهور رنگ خاکستری روشن ادامه یافت. برای محاسبه‌ی مقدار ویتامین C در آب‌میوه برحسب میلی‌گرم از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{Vitamin C} = \frac{S \times N \times F \times 88.1}{10} \times 100 \quad (۴)$$

که در آن S = مقدار محلول ید مصرف‌شده (میلی‌لیتر)، N = نرمالیته محلول مصرف‌شده و F = فاکتور محلول ید مصرف شده است [۹].

۲-۴-۶- اندازه‌گیری رنگ

برای اندازه‌گیری رنگ سطحی نمونه‌های پوشش داده شده ، ابتدا دستگاه روی یک صفحه سفید استاندارد قرار داده شد و پارامترهای رنگی هانتر پوشش‌ها توسط دستگاه رنگ‌سنج MINOLTA مدل GM-3600d اندازه‌گیری شد. مشخصات مقادیر رنگ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی L^* روشنایی است و دامنه‌ی بین صفر (سیاه) تا صد (سفید)، فاکتور a^* سبز (اعداد منفی) تا قرمز (اعداد مثبت) و فاکتور b^* آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) بود. دامنه‌ی عددی a^* و b^* بین ۱۲۰+ الی ۱۲۰- است. میزان رنگ با استفاده

از پارامترهای هانتر بر حسب L و a و b بیان شد و اختلاف رنگ کل (ΔE) نیز به‌صورت زیر محاسبه گردید. داده‌ها در طی سه اندازه‌گیری از نقاط مختلف نمونه‌ها به دست آمد و از آن‌ها میانگین گرفته شد [۹].

$$\Delta E = \sqrt{(L_{sample} - L^*)^2 + (a_{sample} - a^*)^2 + (b_{sample} - b^*)^2} \quad (۵)$$

ΔE: اختلاف رنگ کل، L_{sample}: شدت روشنایی اندازه‌گیری شده ، L^*: شدت روشنایی استاندارد، a_{sample}: رنگ‌های سبز و قرمز اندازه‌گیری شده، a^*: رنگ‌های سبز و قرمز استاندارد، b_{sample}: رنگ‌های آبی و زرد اندازه‌گیری شده، b^*: رنگ‌های زرد و آبی استاندارد

۲-۴-۷- ارزیابی حسی

نمونه‌های تهیه شده به همراه پرسش‌نامه به ۱۵ ارزیاب با مشخصات زیر داده شد: هیچ‌کدام از آن‌ها سیگاری نباشند. هیچ‌یک ار آن‌ها به مواد غذایی خاصی حساسیت نداشته باشند. سن آن‌ها بین ۲۰ تا ۶۰ سال باشد. ارزیاب‌ها در پرسش‌نامه‌ی خود تیمارها را از لحاظ پذیرش کلی رنگ، طعم، عطر و بافت مورد ارزیابی قرار دادند و به آنها از ۱ (کمترین امتیاز) تا ۵ (بیشترین امتیاز) امتیاز دادند. برای تشخیص تمایز طعم نمونه‌ها از یک دیگر در فواصل ارزیابی یک لیوان آب در اختیار افراد قرار گرفت. سپس جمع امتیازات ۱۰ ارزیاب به عنوان نمره خواص حسی (پذیرش کلی) در نظر گرفته شد [۴].

۲-۴-۸- طرح و آنالیز آماری

در پژوهش حاضر از روش سطح پاسخ[۱] و طرح باکس بنکن[۲] برای بررسی اثر سه فاکتور عددی غلظت ژل آلوئه‌ورا (۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد)، نانو ذرات اکسید مس (۰، ۰/۲و ۰/۴ درصد) و مدت زمان نگهداری (۴، ۹ و ۱۴ روز) با ۱۷ نمونه آزمایشی استفاده شد (جدول ۱). جهت بررسی اثر معنی‌داری و اثرات متقابل در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای انجام طرح آزمایشی، آنالیز آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزار Expert Design نسخه ۱۲ استفاده گردید [۴].

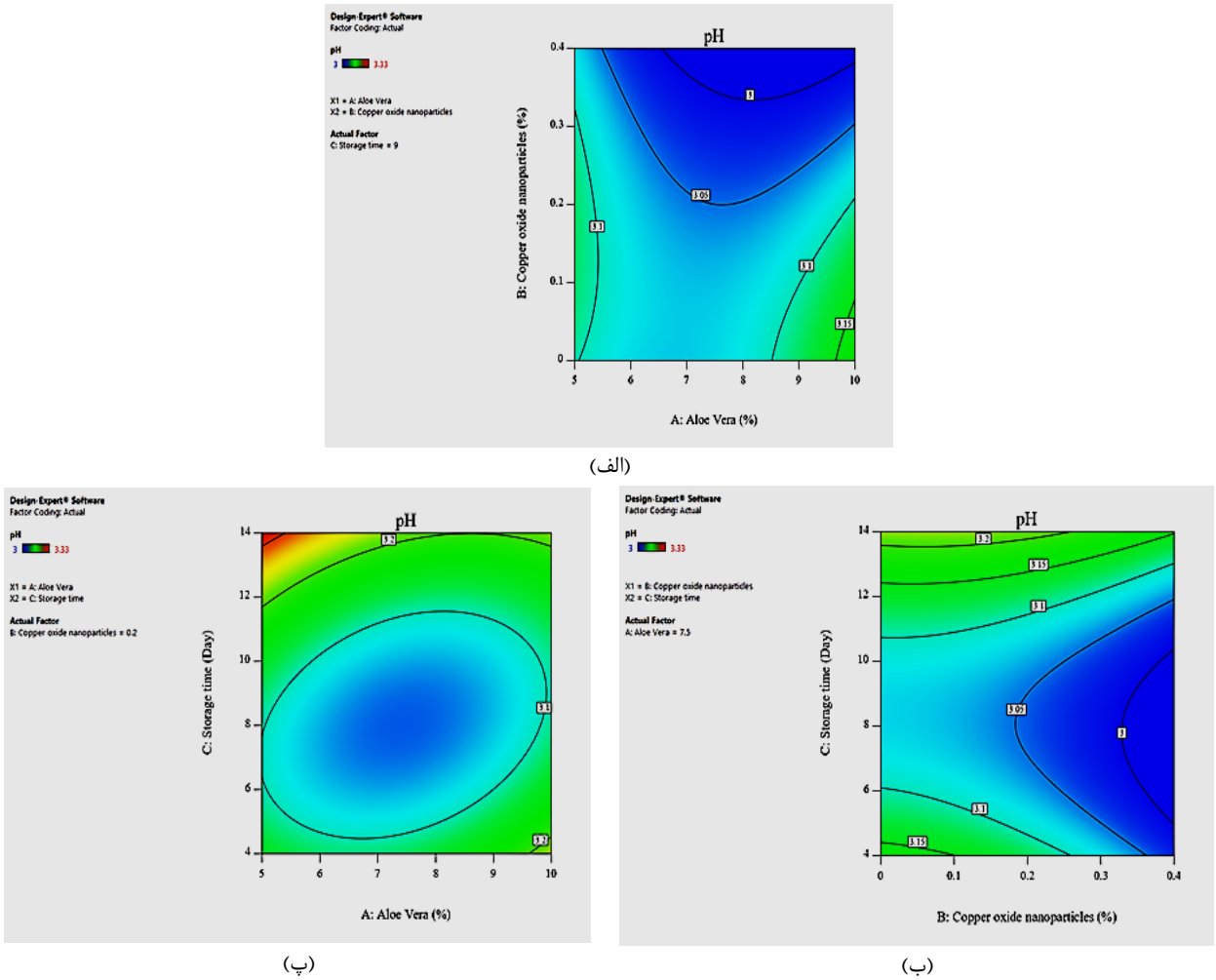
جدول (۱): طرح آماری باکس بنکن مورد استفاده

Run	Aloe vera gel (%)	Copper oxide nanoparticles(%)	Storage Time (Day)
۱	۵	۰/۲	۴
۲	۱۰	۰/۲	۴
۳	۷/۵	۰/۲	۹
۴	۷/۵	۰	۱۴
۵	۷/۵	۰/۴	۱۴
۶	۱۰	۰/۴	۹
۷	۵	۰/۴	۹
۸	۱۰	۰/۲	۱۴
۹	۱۰	۰	۹
۱۰	۷/۵	۰	۴
۱۱	۷/۵	۰/۲	۹
۱۲	۵	۰	۹
۱۳	۷/۵	۰/۲	۹
۱۴	۵	۰/۲	۱۴
۱۵	۷/۵	۰/۴	۴
۱۶	۷/۵	۰/۲	۹
۱۷	۷/۵	۰/۲	۹

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج pH

بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر pH معنی‌دار بود ($p<0.05$). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، pH نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری و بدون حضور نانو ذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا افزایش می‌یابد. مدت زمان ماندگاری مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر pH بود؛ به‌طوری‌که در روز نهم کاهش و در روز ۱۴ افزایش داشتند. وجود درصد بالای نانوذرات اکسید مس از تغییرات pH جلوگیری کرده است و پائین بودن درصد ژل آلوئه‌ورا موجب افزایش آن شده است. بیشترین مقدار pH مربوط به نمونه‌ای بود که درصد نانوذرات اکسید مس آن، ۰/۱۰ بود و pH آن معادل ۳/۲۶ بود. هم چنین نمونه‌ای که در روز نهم مقدار نانوذرات اکسید مس آن ۰/۳۲ درصد و ژل آلوئه‌ورا آن ۸ درصد بود، pH آن در محدوده‌ی حداقل و معادل ۳/۰۰ قرار داشت. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که نانوذرات اکسید مس از کاهش pH در طول زمان نگهداری، جلوگیری کرده است. در بیشتر میوه‌ها در طول انبارداری، pH میوه‌ها افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش اسیدهای آلی است ولی این افزایش در pH اکثر میوه‌ها متفاوت است، چون علاوه بر اسیدها ، سایر مواد موجود در میوه به دلیل تغییرات بیوشیمیایی میوه مانند تجزیه‌ی اسیدهای آلی به قندها و شرکت در چرخه‌ی تنفس است که پوشش مورد بررسی توانست سرعت تنفس و تجزیه‌ی اسیدهای آلی را کاهش دهد و در نتیجه باعث پایین نگه داشتن pH کیوی در طول مدت نگهداری شود. افزایش pH نشان‌دهنده‌ی این است که کیوی‌ها به سمت پیری رفته‌اند؛ اما نمونه‌هایی که pH کاهشی داشتند بیانگر این است که آن‌ها مستعد حملات قارچی بوده‌اند. نتایج به دست آمده با نتایج امیری و همکاران (۱۴۰۰)، نوروزی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) و امامی‌فر (۱۳۹۳) مطابقت داشت و تأیید کردند زمان تأثیر مستقیمی بر کاهش pH داشت.



(الف)

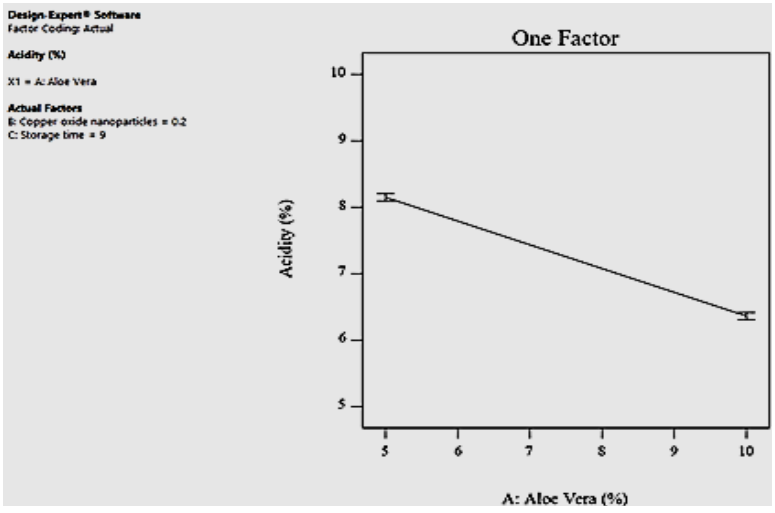
(ب)

(پ)

شکل (۲): عوامل مؤثر بر pH برش‌های میوه‌ی کیوی، (الف) اثر نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا بر pH برش‌های میوه‌ی کیوی، (ب) اثر نانوذرات اکسید مس و مدت زمان انبارداری بر pH برش‌های میوه‌ی کیوی، (پ) اثر ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان انبارداری بر pH برش‌های میوه‌ی کیوی

۳-۲- نتایج اسیدیته

شکل (۳)، تأثیر متغیرهای نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه ورا و زمان ماندگاری را بر روی اسیدیته نشان می‌دهند. بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر اسیدیته نمونه‌ها بر حسب اسید سیتریک معنی‌دار نبود ($p>0.05$). هم چنین مدت زمان ماندگاری بر مقدار اسیدیته از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p>0.05$). احتمالاً به‌دلیل فعالیت‌های میکروبی و تولید سایر اسیدهای آلی، اسیدیته با افزایش مدت زمان نگهداری و بدون حضور پوشش خوراکی زیست فعال، افزایش داشت [۲۲]. علت افزایش اسیدیته ممکن است به‌دلیل انجام فرایند تخمیر در نمونه‌ها باشد [۱۱]. با گذشت زمان نگهداری، اسیدیته کاهش می‌یابد و بر مقدار قند افزوده می‌شود [۲۳]. میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط است و موجب طعم ترش در میوه‌ها می‌گردند. با رسیدن میوه میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد [۱۶]. کیوی جزو میوه‌های فرازگرا است و پس از برداشت قابلیت رسیدن در میوه‌ها وجود دارد. در زمان رسیدن میزان اتیلن افزایش می‌یابد که منجر به افزایش شدت تنفس نیز می‌گردد. قبل از رسیدن میوه اسیدهای آلی به میزان بیشتری در میوه‌ها حضور دارند و باعث ایجاد طعم ترش می‌شوند اما در هنگام رسیدن با توجه به افزایش شدت تنفس، بخشی از این اسیدها تجزیه شده و از میزان آن‌ها کاسته می‌شود [۳]. امیری و همکاران (۱۴۰۰)، گزارش نمودند که دلیل کاهش اسیدهای آلی در پایان انبارمانی ممکن است ناشی از تغییرات متابولیکی در میوه و یا مصرف اسیدهای آلی در فرایند تنفس باشد. در واقع اسیدها به عنوان یک منبع انرژی اندوخته در میوه هستند که هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند. طبق مطالعات انجام شده میوه‌هایی که دارای ترکیبات اسید و قند هستند ، اسیدیته قابل تیتراسیون آن‌ها طی انبارداری میوه‌ها کاهش می‌یابد و منجر به شکستن اسیدها به قند طی تنفس می‌شود. کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون طی انبارداری مربوط به مصرف اسیدهای آلی، موجب افزایش در اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌ی کیوی گردیدند. در هنگام رسیدن و افزایش فعالیت‌های سوخت و ساز ، اسیدهای آلی میوه کاهش پیدا می‌کنند. پوشش‌های خوراکی با تغیر اتمسفر درونی و کاهش سرعت تنفس میوه باعث حفظ بهتر اسیدهای آلی می‌شوند [۲۱]. روند مشابهی برای اسیدیته کل در مورد برش‌های تازه‌ی کیوی توسط Benitez و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد. امامی‌فر (۱۳۹۳) گزارش دادند که در حین رسیدن، اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا در متابولیسم تنفس استفاده می‌شوند و در نتیجه اسیدیته کل کاهش می‌یابد [۱۷]. همان‌طور که مشخص است اسیدیته نمونه‌ها در روز نهم روند افزایشی و در روز چهاردهم با کاهش روبه‌رو شدند. افزایش مقدار نانوذرات اکسید مس و کاهش مقدار ژل آلوئه ورا در پوشش‌ها موجب کاهش اسیدیته در طول دوره نگهداری شد.

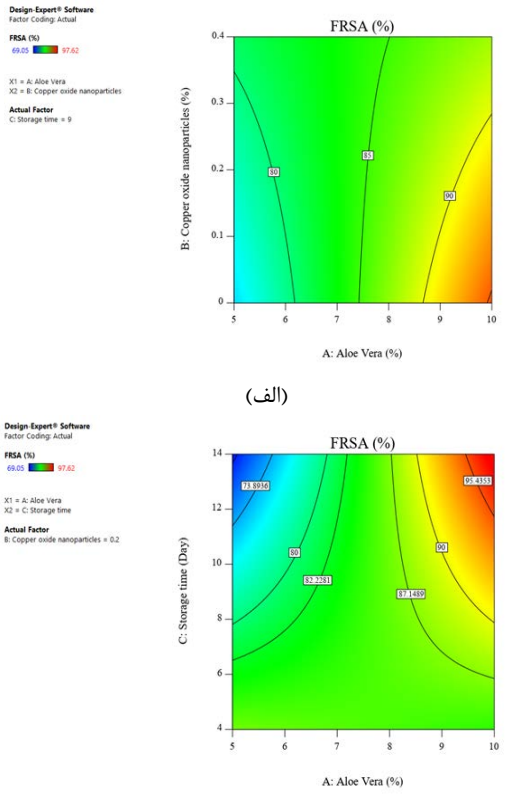


شکل (۳): اثر ژل آلوئه‌ورا بر اسیدیته برش‌های میوه‌ی کیوی

۳-۳- نتایج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا و هم چنین نانو ذرات اکسید مس و زمان ماندگاری بر مقدار آنتی‌اکسیدان از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). همان‌طور که در شکل ۴ (الف) مشخص است، با افزایش درصد ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان نگهداری، درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH افزایش یافت. هم چنین نتایج بررسی اثر پوشش ژل آلوئه‌ورا ، اثر مثبت ژل آلوئه‌ورا را بر بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برش‌های تازه‌ی کیوی نشان داد و با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا این تأثیر بیشتر شد. کمترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌ی فاقد پوشش و بیشترین مقدار

در نمونه‌ی دارای پوشش ژل آلوئه‌ورا با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد. همان‌طور که مشخص است، نمونه‌هایی که جذب کمتر در طول موج مشخص داشتند، درصد مهار DPPH آن‌ها بالا، در نتیجه‌ی خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشتند. درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با گذشت زمان، نه تنها کاهش نداشتند بلکه در برخی نمونه‌ها با افزایش روبه‌رو شدند. این افزایش بر خلاف انتظار مربوط به درصد ژل آلوئه‌ورا نبود، اما درصد بالای نانوذرات اکسید مس به علت جلوگیری از اکسیداسیون ، موجب افزایش این خاصیت در نمونه‌ها شد. بررسی مطالعات گذشته نشان داد که بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی کل همبستگی وجود دارد [۲۴]. بنابراین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا را می‌توان به محتوای فنل کل بالا نسبت داد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه به طور خاص به محتوای فتوشیمیایی آن مربوط است [۲۵]. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌ها احتمالاً به‌دلیل پیری در زمان نگهداری است. همچنین مصرف پوشش خوراکی آلوئه‌ورا بدلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بسیار مؤثر بوده است. منصور گرگانی و همکاران (۲۰۱۸) افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را مرتبط با مقدار فنل ثبت شده در مرحله‌ی اول دخیره‌سازی می‌دانند [۴]. حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که میوه‌ی انگور با پوشش آلوئه‌ورا در مقایسه با انگور بدون پوشش دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری است [۲۶]. سرانو و همکاران (۲۰۰۶) به نتایج مشابه در مورد ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌ی آلو دست یافتند[۲۷]. اندازه‌گیری میزان مهار رادیکال آزاد DPPH یکی از روش‌های معتبر، دقیق و آسان است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی را مورد بررسی قرار می‌دهد. طی زمان نگهداری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها کاهش می‌یابد که این روند به‌دلیل حفاظت سلول در برابر حفاظت‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد است [۲۱]. بررسی مطالعات گذشته نشان داده است که بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کل محتوای فنلی همبستگی مثبت وجود دارد. بنابراین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا را می‌توان به محتوای فنل کل بالا نسبت داد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه به‌طور خاص به محتوای فتوشیمیایی آن مربوط است. کیوی میوه‌ای فرازگرا است و تنفس آن در طول رسیدن به طور قابل ملاحظه ای بالا است که فعالیت متابولیکی سلولی میوه را افزایش می‌دهد. علاوه‌براین، برای حفظ این فعالیت‌های متابولیکی مقدار انرژی کافی مورد نیاز است. ازاین‌رو تنفس بالا به زنجیره‌ی انتقال الکترون برای تولید انرژی سیگنال می‌دهد، که منجر به تولید گونه‌های اکسیژن واکنشی (ROS) می‌شود. بنابراین میوه اغلب مکانیسم دفاع را برای مبارزه با ROS فعال می‌کند و ترکیبات آنتی اکسیدانی پس از آن با فعال شدن مسیر فنیل پروپانوئید سنتز می‌شوند. این نشان می‌دهد که افزایش میزان تنفس در هنگام رسیدن باعث تحریک فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. علاوه‌براین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بستگی به وضعیت فیزیولوژیکی میوه دارد و در طول پیری میوه کاهش می‌یابد که با پوشش‌های مذکور پیری میوه به تأخیر افتاد. ازاین‌رو، این پوشش ممکن است فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالارا بدون هیچ‌گونه کاهش در طول ذخیره‌سازی حفظ کند [۲۰].

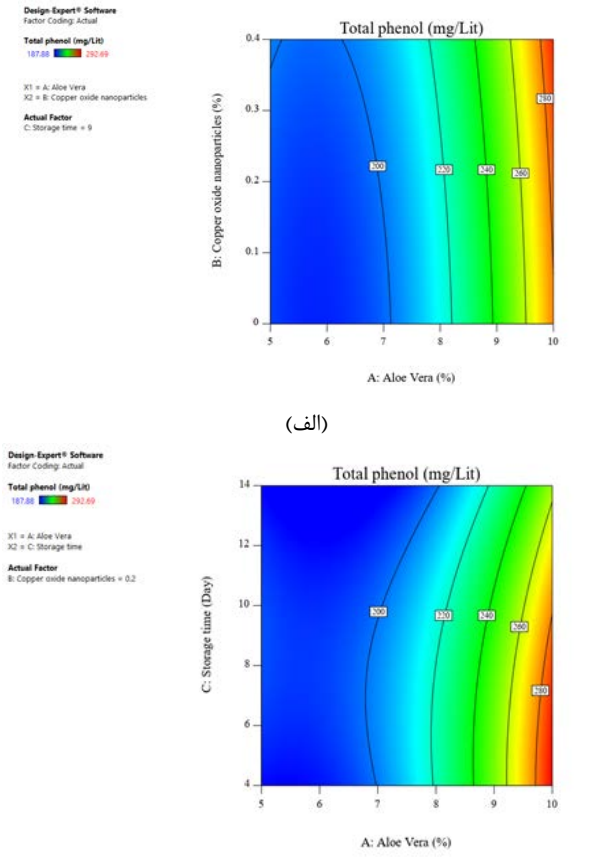


شکل (۴): عوامل مؤثر بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی برش‌های میوه‌ی کیوی، (الف) اثر ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی برش‌های میوه‌ی کیوی، (ب) اثر ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان انبارداری بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی برش‌های میوه‌ی کیوی.

۳-۴- اندازه‌گیری محتوای فنلی کل

شکل (۵)، تأثیر متغیرهای نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا و زمان ماندگاری را بر روی فنل‌کل نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، اثر متقابل نانوذرات اکسید مس و مدت زمان نگهداری بر میزان فنل کل از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). بررسی نتایج نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا و همچنین مدت زمان نگهداری بر مقدار فنل از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). ازدیاد مقادیر فنل در مقیاس میلی‌گرم بر لیتر نشان‌دهنده‌ی زیاد بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن است. درصدهای بالای نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا

باعث افزایش مقدار فنل‌کل در طول دوره‌ی نگهداری شدند. مقادیر فنل با گذشت زمان در نمونه‌ها روند افزایشی داشت. نمونه‌هایی که فنل آن‌ها کاهش داشته است به علت نزدیک شدن به فرآیند پیری است [۶]. دما و زمان نگهداری بیشترین اثر را بر مقدار فنل دارند؛ به طوری که نگهداری شش ماهه در دمای پایین، میزان فنل میوه‌ی کیوی را ۱۰ الی ۲۰ درصد کاهش می‌دهد [۴]. اعتقاد بر این است که کاهش اسیدیته و اسیدهای آلی از طریق تبدیل شدن به کربوهیدرات‌ها، اسکلت کربنی برای سنتز فنل را مهیا می‌کنند [۱۱]. ژل آلوئه‌ورا یک پوشش هیدروکلوئیدی است که موجب افزایش موانع در برابر اکسیژن و آب می‌شود. هم چنین آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (PDO) نمی‌توانند ترکیبات فنلی را هیدرولیز کنند [۲۴]. ترکیبات فنلی متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که از مسیرهایی در گیاهان مشتق می‌شوند. این ترکیبات نقش مهمی را بر ویژگی‌های رنگ و حساسیت میوه‌ها و سبزی‌ها بر عهده دارند. ترکیبات فنلی موجود در گیاهان، بخش قابل توجهی از رژیم غذایی انسان هستند و به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی توجه قابل ملاحظه‌ای به آن‌ها شده است. تغیرات ترکیبات فنلی در محصولات باغبانی متفاوت است. اکثر ترکیبات فنلی در آغاز رشد و نمو میوه‌ها و سبزی‌ها افزایش یافته اما در خلال رسیدن محصول مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد؛ زیرا این مواد در فعالیت‌های متابولیکی شرکت می‌کنند. ترکیبات فنلی در حضور اکسیژن توسط آنزیم فنلاز تجزیه و به ملانین قهوه‌ای‌رنگ تبدیل می‌شوند. فنل‌ها در دوره‌ی پس از برداشت اثرات متعددی دارند و مهم‌ترین نقش آن‌ها در رنگ و طعم محصول است [۱۹]. اعتقاد بر این است که کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون و اسیدهای آلی از طریق تبدیل شدن به کربوهیدرات، اسکلت کربنی برای سنتز فنل را مهیا می‌کنند. ژل آلوئه‌ورا یک پوشش هیدروکلوئیدی است که که موجب افزایش موانع در برابر اکسیژن و آب می‌شود و همین طور آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (PDO) نمی‌توانند ترکیبات فنلی را هیدرولیز کنند [۲۸]. افزایش ترکیبات فنلی کل مشاهده شده در تمام نمونه‌ها ممکن است توسط فعالیت فنیل آمونیالیز (PAL) تحریک شود [۱۶]. فنل‌ها ترکیبات ضد میکروبی هستند که به عنوان پاسخ دفاعی اولِ گیاهان در برابر میکروارگانیسم‌های مهاجم مورد توجه قرار می‌گیرند. با حمله‌ی پاتوژن، تجمع فنل‌ها در گیاهان افزایش می‌یابد. محتوای فنلی نمونه‌های شاهد در پایان ذخیره‌سازی ممکن است به این دلیل باشد که در طول پیری محتوای فنلی میوه کاهش می‌یابد[۲۰]. این یافتهها با لیو و همکاران (۲۰۰۷) که مشاهده کردند محتوای فنلی به حداکثر مقدار رسیده و تا انتها در گوجه‌فرنگی تیمارشده با کیتوزان حفظ شده بود، مطابقت داشت [۲۹].



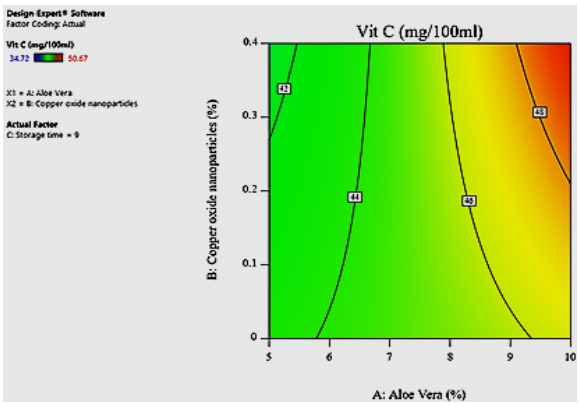
شکل (۵): عوامل مؤثر بر فنل کل برش‌های میوه‌ی کیوی، (الف) اثر ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس بر فنل کل برش‌های میوه‌ی کیوی، (ب) اثر ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان انبارداری بر فنل کل برش‌های میوه‌ی کیوی

۳-۵- نتایج ویتامین C

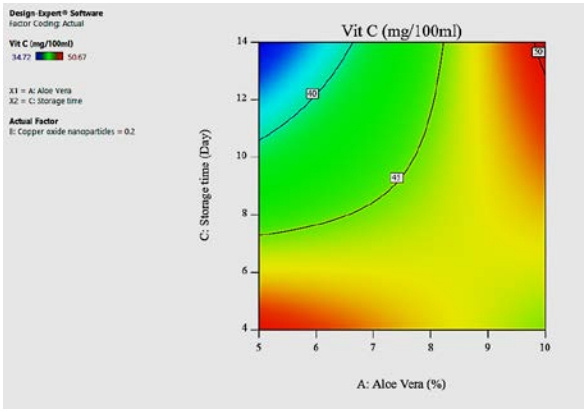
بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر میزان ویتامین c نمونه‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). اثر غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا و زمان ماندگاری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر مقدار ویتامین c، داشت ($p<0.05$). مقدار این ویتامین با گذشت زمان کاهش چشمگیری نداشته است و در برخی نمونه‌ها افزایش اندکی هم داشتند. وجود مقادیر بالای نانوذرات اکسید مس از اکسیداسیون و کاهش ویتامین C در نمونه‌ها جلوگیری کرده است. افزایش یا تغییر در میزان ویتامین C می‌تواند ناشی از سنتز آن یا از دست دادن آب باشد. اگرچه اسید اسکوربیک برای سلامتی حیاتی است، اما باید توجه داشت که به فرآوری حساس است و در طول نگهداری، ناپایدار است. بنابراین، این ویتامین اغلب به عنوان شاخص کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها در زنجیره‌ی توزیع استفاده می‌شود. نتایج نشان داد که پوشش خوراکی بر پایه‌ی ژل آلوئه‌ورا و نانو ذرات اکسید مس در طول مدت نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تاثیر معنی داری بر محتوای اسید اسکوربیک داشت، به طوری که در میزان اسید اسکوربیک نمونه‌های پوشش داده شده و نمونه شاهد تفاوت

معنی‌داری مشاهده شد. این نتایج با نتایج گزارش شده از سوی سایر محققان مطابقت داشت [۳۰]. در این رابطه پلازا و همکاران (۲۰۱۱) کاهش قابل توجهی در محتوای اسید اسکوربیک ۱۹-۲۴٪ برای اسید اسکوربیک و ۱۵-۲۳٪ برای ویتامین C میوه‌ی پرتقال کامل، پوست‌کنده و برش‌داده شده در طول ۱۲ روز نگهداری در شرایط سرد نشان دادند. با این حال تفاوت معنی‌داری بین میوه‌ی کامل، پوست‌کنده و برش داده شده در پایان دوره‌ی نگهداری در یخچال وجود نداشت[۳۱]. دل کارو و همکاران (۲۰۰۴)، همچنین کاهش قابل توجهی در محتوای اسید اسکوربیک مرکبات در برش‌های مرکبات در طول دوره‌ی نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ روز گزارش کردند [۳۲]. لازم به ذکراست که اسید اسکوربیک به تجزیه توسط آنزیم‌ها (اسکوربات اکسیداز یا پراکسیداز)، نور، اکسیژن، گرما و پراکسیدها حساس است[۱۹]. اسید اسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان موجود در میوه‌ها و سبزیجات است و معمولاً پس از فرآوری از بین می‌رود. برش دادن میوه‌ها و سبزیجات باعث ایجاد استرس و تنش اکسیداتیو می‌شود که به نقش اسید اسکوربیک به عنوان آنتی‌اکسیدان دلالت دارد. L-اسکوربیک اسید محصول اکسیداسیون آن، ال-دهیدرو-اسکوربیک اسید از نظر بیولوژیکی فعال هستند. اکسیداسیون اسکوربیک اسید به دهیدرو اکوربیک اسید می‌تواند از طریق گونه‌های اکسیژن فعال رخ دهد. در مطالعه‌ی ما، سطوح بالاتر اسکوربیک اسید در نمونه‌ی پوشش‌دهی‌شده نسبت به نمونه‌ی شاهد را می‌توان به ویژگی‌های مانعی خوب ژل آلوئه‌ورا در برابر اکسیژن و در نتیجه‌ی کاهش سطح اکسیژن به‌دلیل تنفس نسبت داد. با وجود عصاره‌ی چای سبز، افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا اثر محافظتی بر محتوای اسید اسکوربیک نشان داد. این را می‌توان به نفوذپذیری گازی کم‌پوشش ژل آلوئه‌ورا نسبت داد که سرعت تنفس را مهار می‌کند. اما افزایش غلظت چای سبز تأثیر معنی‌داری بر محتوای اسید اسکوربیک نداشت[۳۰]. اسید اسکوربیک آنتی‌اکسیدان موجود در میوه‌ها و سبزیجات است و نسبت به فرآوری حساس است و در طول دوره‌ی نگهداری ناپایدار است و معمولاً پس از فرآیند و پردازش از بین می‌رود؛ بنابراین این ویتامین اغلب به عنوان شاخص کیفیت میوه‌ها و سبزیجات در زنجیره‌ی توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۳]. برش‌های میوه و سبزیجات باعث ایجاد استرس اکسیداتیو می‌شود، که نشان‌دهنده‌ی نقش اسید اسکوربیک به عنوان آنتی‌اکسیدان است. L-اسید اسکوربیک و محصول اکسیدان آن، L-دهیدرواسکوربیک اسید، از نظر بیولوژیکی فعال هستند. اکسیداسیون اسید اسکوربیک به اسید دهیدرواسکوربیک می‌تواند توسط گونه‌های فعال اکسیژن رخ می‌دهد [۳۰]. در مطالعه‌ی ما، سطوح بالاتر اسید اسکوربیک در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به گروه کنترل (شاهد) را می‌توان به ویژگی‌های خوب سد ژل آلوئه‌ورا در برابر اکسیژن نسبت داد [۲۴]. در این مطالعه محتوای اولیه‌ی اسید اسکوربیک در برش‌های آنالیز شده تازه‌ی کیوی، با مقادیر گزارش‌شده برای میوه‌های رسیده کیوی هایوارد موافق است[۱]. اسکوربیک اسید در مقایسه با سایر مواد مغذی در طول فرآیند، انبارداری و مصرف به اکسیداسیون و تجزیه حساس‌تر است و دلیل احتمالی اسکوربیک اسید در طول انبارداری، اکسیداسیون خود به خودی آن است که به‌صورت خود به خودی در مجاورت اکسیژن هوا رخ می‌دهد. کاهش میزان اسکوربیک اسید طی مدت نگهداری انبارمانی ممکن است ناشی از افزایش اکسیداسیون حاصل از کاهش آب باشد. با توجه به اینکه کاهش اسکوربیک اسید از نظر ارزش غذایی نامطلوب است، بنابراین جلوگیری از کاهش آن که احتمالاً با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با اکسیداسیون آن صورت می‌گیرد، در حفظ ارزش تغذیه‌ای میوه‌ها بسیار مفید است [۲۱]. میزان اسکوربیک اسید یکی از مهم‌ترین فاکتورهای سنجش کیفیت کیوی تازه است. مقدار ویتامین سی به طور معمول در کیوی ۹۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم است. این مقدار با افزایش زمان انبارداری و نگهداری افزایش می‌یابد. امامی‌فر (۱۳۹۳) فرایندهای اکسیداتیو را عامل اصلی انهدام اسید اسکوربیک در بافت میوه‌ها بیان داشتند و دریافتند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده تسریع می‌گردد [۱۷]. با پوشش‌دهی برش‌های تازه کیوی با ژل آلوئه‌ورا، میزان نفوذ اکسیژن به درون بافت میوه کاهش می‌یابد که در نتیجه، کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده اسکوربیک اسید و در نهایت کاهش میزان نابودی اسید اسکوربیک در برش‌های تازه کیوی پوشش‌دهی شده با ژل آلوئه‌ورا و نانو ذرات اکسید مس را به دنبال خواهد داشت. بنیتز و همکاران (۲۰۱۲) با به کارگیری ژل آلوئه‌ورا به عنوان پوشش برای میوه‌ی کیوی، کاهش نفوذپذیری به اکسیژن را عامل مهمی در افزایش ماندگاری اسید اسکوربیک بیان داشتند [۳۴]. بارت و همکاران (۲۰۱۰) نیز مهم‌ترین عامل ماندگاری اسید اسکوربیک در میوه‌جات تازه‌پوشش‌دارشده را کاهش میزان نفوذپذیری به اکسیژن اعلام نمودند [۳۵]. پلازا و همکاران (۲۰۱۱) به نتایج مشابهی در بررسی خود روی آب پرتقال رسیدند. مهم‌ترین دلیل ماندگاری اسید اسکوربیک در میوه‌های تازه‌پوشش داده شده، کاهش میزان نفوذپذیری به اکسیژن است [۳۱]. صداقت و همکاران (۲۰۱۸) در میوه کیوی و امامی‌فر (۲۰۱۳) با بررسی میوه توت‌فرنگی به نتایج مشابهی دست یافتند [۴ و۱۷]. اسید اسکوربیک بخشی از یک مجموعه آنتی‌اکسیدانی در کلروپلاست است که ممکن است کلروفیل در میوه‌های درون بسته با کاهش اکسیداسیون اجزای کلروپلاست و اسید اسکوربیک کاهش یابد [۴]. تخریب و تجزیه‌ی اسید اسکوربیک با فرآیند رسیدن میوه‌ها همراه است؛ درحالی‌که پوشش‌ها رسیدن میوه‌ها را به تعویق می‌اندازند [۲۹]. به طور مشابه، پوشش باعث کاهش تخریب اسید اسکوربیک در گوجه‌فرنگی شد. علاوه‌براین اسید اسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان است و پس از واکنش با اکسیژن تجزیه می‌شود.

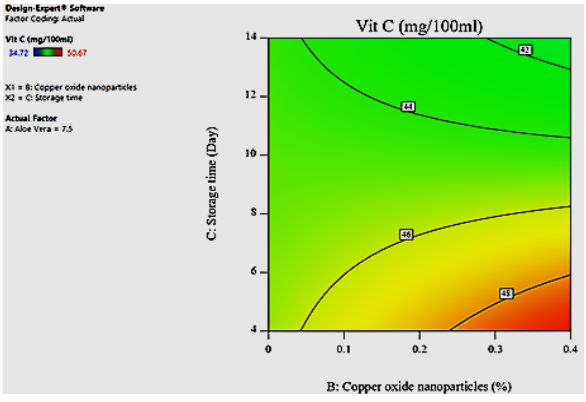
بنابراین اجتناب از تماس اکسیژن با غذا می‌تواند تجزیه‌ی اکسیداتیو را به تأخیر بیندازد. در نتیجه پوشش، تماس با اکسیژن را محدود می‌کند و اکسیژن را از میوه‌ها دور نگه می‌دارد. علاوه بر این افزودن ژل آلوئه‌ورا مانع تبادل گازها می‌شود. پوشش، فرآیند رسیدن را به تأخیر می‌اندازد و از تماس اکسیژن با میوه جلوگیری می‌کند . افزودن ژل آلوئه‌ورا این قابلیت را بیشتر افزایش داد و در نتیجه باعث سطوح بالاتر اسید اسکوربیک در میوه انبه شد [۲۰].



(الف)



(ب)



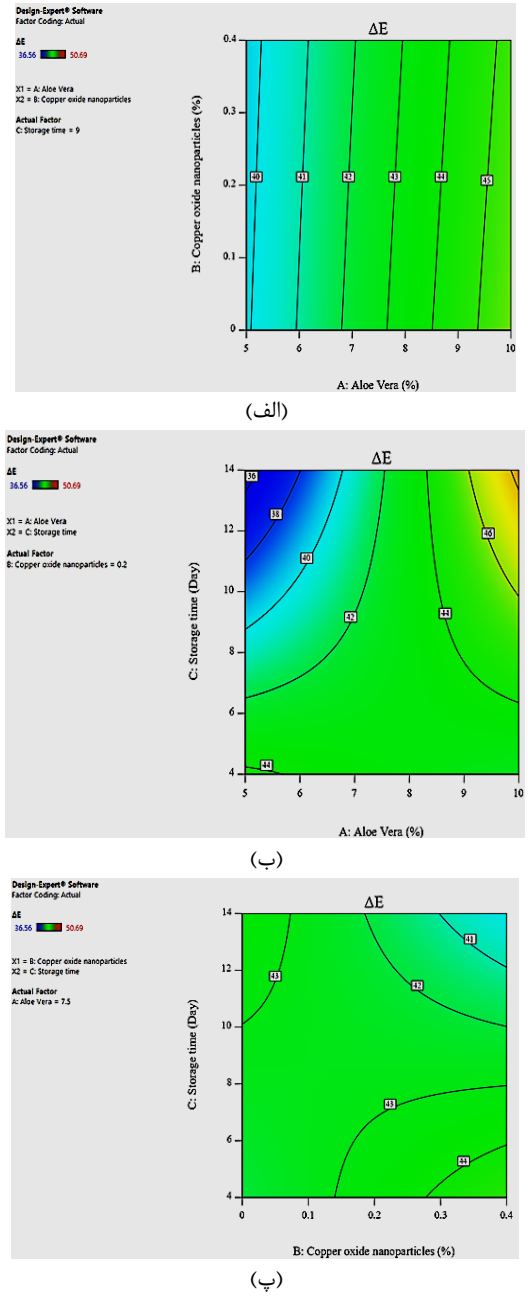
(پ)

شکل (۶): عوامل مؤثر بر اسکوربیک اسید برش‌های میوه‌ی کیوی، (الف) اثر ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس بر میزان اسکوربیک اسید برش‌های میوه‌ی کیوی، (ب) اثر ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان انبارداری بر میزان اسکوربیک اسید برش‌های میوه‌ی کیوی، (پ) اثر نانوذرات اکسید مس و مدت زمان انبارداری بر میزان اسکوربیک اسید برش‌های میوه‌ی کیوی.

۳-۶- نتایج رنگ

نتایج نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا بر مقدار تغیر رنگ کل، از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p>0.05$). ولی مدت زمان ماندگاری بر مقدار آن معنی‌دار بود ($p<0.05$). بررسی نتایج نشان داد که اثر متقابل میزان ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان نگهداری و هم چنین درصد نانوذرات اکسید مس و مدت زمان نگهداری بر اختلاف رنگ نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری ، میزان ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس، رابطه‌ی مستقیم داشته است. به طوری‌که با افزایش مدت زمان نگهداری، اختلاف رنگ در نمونه‌ها کاهش داشت و با افزایش مقدار ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس، میزان اختلاف رنگ افزایش یافت که افزایش مقادیر ژل آلوئه‌ورا بیشترین تأثیر را بر تغییرات رنگ و افزایش آن داشت. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، اثر مدت زمان نگهداری و مقدار نانوذرات اکسید مس بر تغیرات رنگ مشابه بود و باهم رابطه‌ی مستقیمی داشت. رنگ از ویژگی‌های مهم کیفی مؤثر در پذیرش از سوی مصرف‌کننده و نشان‌دهنده‌ی مواردی چون واکنش‌های شیمیایی، آنزیمی و رشد میکروبی است. استفاده از دمای پائین فعالیت آنزیمی را کند می‌کند؛ درحالی‌که پوشش‌ها از قرار گرفتن در معرض اکسیژن بیش از حد محافظت می‌کنند. پارامتر L^* معادل روشنایی، بین صفر (سیاه) تا صد (سفید، انعکاس نور کامل) است. میزان a^* شاخص تغییر رنگ از سبز به قرمز است. افزایش رنگ زرد نمونه‌های حاوی پوشش خوراکی نسبت به نمونه‌ی شاهد، را می‌توان به‌دلیل رنگ زرد و قهوه‌ای ناشی از واکنش مایلارد و حضور پروتئین و قند در مجاورت یکدیگر دانست. میزان روشنایی (L) نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش داشته است که با میزان نانو ذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا رابطه‌ی مستقیمی داشته است. مقدار (a) در نمونه‌ها در مقادیر منفی قرار داشت (سبز) و وجود درصد بالای نانوذرات اکسید مس موجب کاهش مقدار a و نزدیک شدن به رنگ سبز در نمونه‌ها شد. مقدار b در نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش داشت که به علت نزدیک شدن به رنگ زرد است. اندیس سفیدی با گذشت زمان در نمونه‌ها افزایش داشته است و اندیس زردی نیز کاهش یافته است. علت کدر بودن برخی نمونه‌ها وجود نانوذرات و ژل آلوئه‌ورا بوده است. تغیر رنگ، یکی از عوامل تأثیرگذار در تشخیص کیفیت میوه‌ی کیوی تازه در طول نگهداری است. علت تغیرات رنگ در برش میوه‌های تازه، انجام واکنش‌های مربوط به فنل و قهوه‌ای شدن آنزیمی است. یکی از عوامل تأثیرگذار در تغیر رنگ برش‌های میوه‌ها، وجود اکسیژن و نور است که با کاهش اسید اسکوربیک و تخریب

کاروتنوئید موجب کاهش مقدار شاخص (b) و کاهش رنگ زرد و نارنجی در میوه می‌شود. رنگ یکی از ویژگی‌های کیفی مهم میوه‌های تازه‌برش‌خورده است؛ زیرا برش دادن میوه‌ها اغلب ممکن است منجر به قهوه‌ای شدن آنزیمی توسط پلی‌فنل‌اکسیدازها و پراکسیدازها شود که ترکیبات فنلی واکنش می‌دهند و باعث قهوه‌ای شدن سطح می‌شوند. رنگ برش‌های کیوی و آب میوه می‌تواند تحت تأثیر مکانیسم‌های مختلف قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مانند تجزیه‌ی اسید اسکوربیک اسید، تجزیه‌ی قندها توسط اسید و واکنش‌های مایلارد بین قندهای احیاکننده و اسیدهای آمینه قرار بگیرد. هم چنین اکسیژن و نور بر سرعت تخریب کاروتنوئید و اسید اسکوربیک تأثیر می‌گذارند. تخریب اسید اسکوربیک عمدتاً می‌تواند به اکسیژن نسبت داده شود که باعث افزایش واکنش‌های اکسیداتیو و در نتیجه‌ی ایجاد رنگدانه‌های قهوه‌ای می‌شود. متعاقباً، تغیرات رنگ ممکن است در نتیجه تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای و همچنین تخریب کاروتنوئید ها رخ دهد. گزارش شده است که استفاده از پوشش ژل آلوئه‌ورا روشی مؤثر برای حفظ رنگ برش‌های تازه‌ی سیب شده است، زیرا پوشش ژل آلوئه‌ورا می‌تواند به عنوان یک لایه‌ی مانع در برابر اکسیژن عمل کند و قهوه‌ای شدن آنزیمی را به تأخیر بیندازد. با این حال پوشش به طور کامل از قهوه‌ای شدن اکسیداتیو جلوگیری نمی‌کند. تجزیه‌ی اکسیداتیو اسید اسکوربیک و قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی به عنوان واکنش‌های تخریبی عمده‌ای که در طول نگهداری و ذخیره‌سازی رخ می‌دهد، تا کنون گزارش شده است. پوشش‌های ژل آلوئه‌ورا، کاهش پارامترهای رنگ L^* را به‌طور قابل توجهی به تأخیر انداختند که تأثیر واضحی بر حفظ ویژگی‌های رنگ نشان می‌دهد. بین تمامی تیمارها در طول مدت نگهداری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در این راستا افزایش معنی‌داری در مقادیر a^* و کاهش معنی دار b^* در تمامی تیمارها در طول مدت نگهداری مشاهده شد [۱]. همه‌ی نمونه‌های پوشش داده شده با ژل آلوئه‌ورا تغیر رنگ کمتری نسبت به نمونه‌ی شاهد داشتند. شاخص a^* با گذشت زمان افزایش و دو شاخص b^* و L^* با گذشت زمان کاهش یافتند. اتیلن باعث افزایش فعالیت کلروفیلاز می‌شود، که با از بین رفتن کلروفیل و تبدیل آن به فئوفوربید زیتونی ویژگی‌های میوه‌ها و سبزی‌ها را تغیر می‌دهد. کاهش L^* در تمام نمونه‌های کیوی را می‌توان به‌دلیل تجزیه‌ی کلروفیل دانست. اسدی و همکاران (۲۰۱۰) و گرگانی و همکاران (۲۰۱۸) هم در بررسی‌های خود روی میوه‌ی کیوی به نتایج مشابهی دست یافتند [۳ و ۴]. می‌توان گفت پوشش با حفظ رنگ سبز با جلوگیری از اکسیداسیون و یا قهوه‌ای شدن آنزیمی مقادیر کمتری از a^* را نشان می‌دهد. شاخص b^* با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا پوشش، روند افزایشی نشان داده است. این ممکن است به‌دلیل اثر پوشش بر مهار تجزیه‌ی کروفیل II و یا کاهش سنتز آنتوسیانین و کاروتنوئیدها باشد[۳۶]. بینتز و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی‌های خود روی میوه‌ی کیوی و گرگانی و همکاران (۲۰۱۸) به نتایج مشابهی دست یافتند [۳۷ و ۴]. رنگ از ویژگی‌های مهم کیفی مؤثر در پذیرش از سوی مصرف‌کننده و نشان‌دهنده‌ی مواردی چون واکنش‌های آنزیمی و رشد میکروبی است. استفاده از دمای پائین فعالیت آنزیمی را کند می‌کند؛ در حالی‌که پوشش از قرار گرفتن در معرض اکسیژن بیش از حد، محافظت می‌کند[۳].



(الف)

(ب)

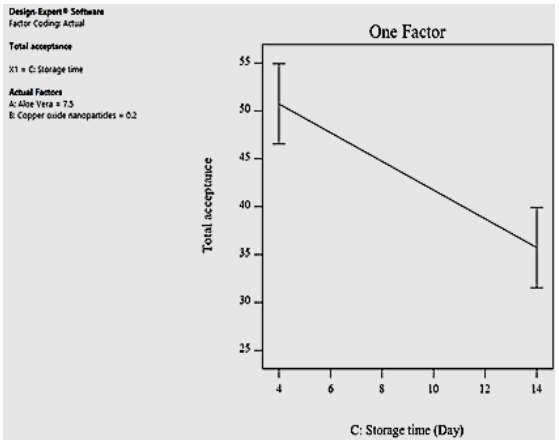
(پ)

شکل (۷) : عوامل مؤثر بر پارامترهای رنگ برش‌های میوه‌ی کیوی، (الف) اثر غلظت ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس بر پارامترهای رنگ برش‌های میوه‌ی کیوی، (ب) اثر غلظت ژل آلوئه‌ورا و مدت زمان

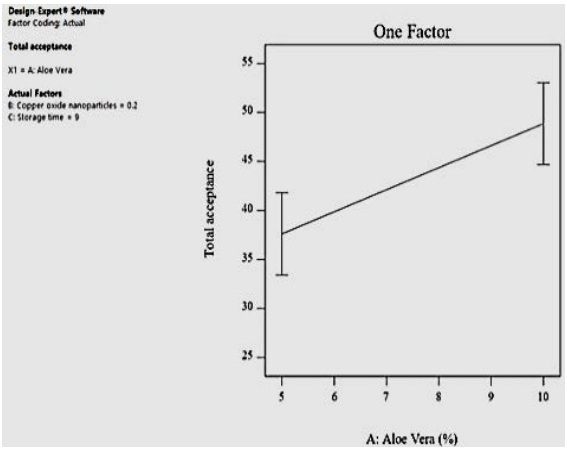
انبارداری بر پارامترهای رنگ برش‌های میوه‌ی کیوی، (پ) اثر غلظت نانو ذرات اکسید مس و مدت زمان انبارداری بر پارامترهای رنگ برش‌های میوه‌ی کیوی.

۳-۷- نتایج ارزیابی حسی

شکل ۸ تأثیر متغیرهای نانوذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا را بر روی پذیرش کلی نشان می‌دهند. نتایج نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف نانو ذرات اکسید مس و ژل آلوئه‌ورا بر مقدار پذیرش کلی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p>0.05$). اما مدت زمان ماندگاری بر مقدار پذیرش کلی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). پذیرش کلی نمونه‌ها از لحاظ رنگ، طعم، عطر و بافت نمونه‌ها در طول دوره‌ی نگهداری حتی تا روز چهاردهم نیز حفظ شده بود. همچنین طعم نمونه‌ها در طول دوره‌ی نگهداری تغیر محسوسی نداشتند. می‌توان گفت که مدت زمان ماندگاری بیشترین تأثیر را بر پذیرش کلی نمونه‌ها دارا بود. از نظر ارزیاب‌ها پذیرش کلی در نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری کاهش داشت؛ این کاهش به علت نرم شدن و سست شدن بافت نمونه‌ها بوده است، اما عطر و طعم و رنگ نمونه‌ها پس از گذشت چهارده روز تغیری نکرده بود. مسترو متیو و همکاران (۲۰۱۱) و گرگانی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی‌های خود روی میوه‌ی کیوی به نتایج مشابهی دست یافتند [۳۸ و ۴]. مشاهده شد که میوه‌های دارای پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا دارای شاخص طعم بالاتری هستند. در مورد شاخص حسی پذیرش کلی محصول نیز دیده شد که دارای اثر معنی‌داری است ($p<0.05$). شاخص حسی پذیرش کلی در ابتدا بهبود یافته است و سپس کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار آن مربوط به ۴ روز اول نگهداری و کمترین مقدار مربوط به چهاردهمین روز نگهداری بود. حسنی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در بررسی‌های خود روی میوه‌ی کیوی به نتایج مشابهی دست یافتند [۳۹]. اتیلن به وجود آمده حین رسیدگی میوه باعث افزایش کلرفیلاز می‌شود، که از بین رفتن کلروفیل و تبدیل آن به فئوفوربید زیتونی، ویژگی‌های رنگی میوه‌ها و سبزی‌ها را تغیر می‌دهد. به‌دلیل اثر پوشش بر مهار تجزیه کلروفیل II و یا کاهش سنتز آنتوسیانین و کاروتنوئیدها میوه‌های دارای پوشش امتیاز شاخص رنگ بالاتری دریافت کردند. رسیدن، شامل کوتاه شدن طول زنجیره‌ی مواد پکتیکی است که با افزایش فعالیت پکتین استراز و پلی گالاکتوروناز رخ می‌دهد. به‌طورکلی مصرف‌کنندگان و آزمون‌کنندگان حسی به تغییرات کوچک بافت حساس‌تر از تغییرات عطر و طعم هستند. کاهش مبادله‌ی گاز در کیوی پوشش داده شده، دلیل تأخیر در رسیدن است که باعث حفظ استحکام میوه در طول ذخیره‌سازی می‌شود؛ چراکه افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در میوه به‌دلیل تنفس، باعث پیر شدن میوه‌ها می‌شود. نشاسته‌ی موجود در کیوی در حد بالایی است که این نشاسته در طول رسیدن و انبارداری به قندهای محلول تبدیل می‌شود و همچنین نرم شدن بافت به سرعت از همان اوایل انبارداری آغاز می شود. از دست رفتن سفتی بافت به طور شدیدی به تبدیل نشاسته به قندهای محلول مرتبط است [۴].



(الف)



(ب)

شکل (۸): عوامل مؤثر بر آزمون حسی برش‌های تازه میوه کیوی، (الف) اثر مدت زمان انبارداری بر پذیرش کلی برش‌های تازه‌ی میوه‌ی کیوی، (ب) اثر غلظت ژل آلوئه‌ورا بر پذیرش کلی برش‌های تازه‌ی میوه‌ی کیوی.

۳-۸- بهینه‌سازی به روش تابع مطلوبیت

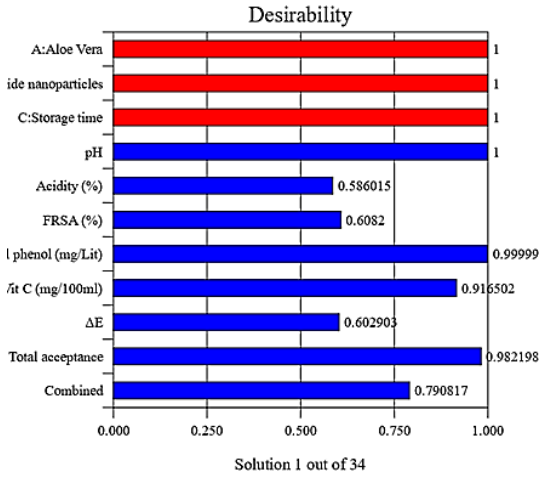
برای این منظور با استفاده از تابع مطلوبیت، بهترین ترکیب از پوشش خوراکی بر پایه ژل آلوئه‌ورا و نانوذرات اکسید مس بر اساس کمینه مقدار pH و بیشینه‌ی اسیدیته، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، ویتامین C، اختلاف رنگ و ارزیابی حسی انتخاب شدند. برش‌های تازه‌ی میوه‌ی کیوی پوشش‌دهی‌شده پس از ۴، ۹، و ۱۴ روز نگهداری در شرایط سرد در مقایسه با نمونه‌ی کنترل با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس و آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ارزیابی گردید. از روش تابع مطلوبیت، با استفاده از آنالیز پاسخ‌های آماری، شرایط بهینه پوشش به دست آمد. جدول ۲ شرایط مختلف بهینه‌ها را نشان می‌دهد. از بین شرایط مختلف، یکی از شرایط که بیشترین

عملکرد را داشته انتخاب شد. بهینه‌سازی بر اساس کمترین مقدار pH و بیشترین مقدار اسیدیته، خاصیت ضداکسیدانی، فنل کل، ویتامین C، اختلاف رنگ و ارزیابی حسی انجام شد.

جدول (۲): مشخصات نمونه‌های بهینه

نمونه	ژل آلوئه‌ورا (٪)	درصد اکسید مس (٪)	مدت زمان نگهداری (روز)
بهینه	۱۰	۰/۴	۸

در شرایط فوق pH، اسیدیته، خاصیت ضداکسیدانی، فنل کل، ویتامین C، اختلاف رنگ و ارزیابی حسی به ترتیب به شرح زیر خواهد بود: ۳، ۷/۶ درصد، ۸۶/۴۳ درصد، ۲۹۲/۶۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برحسب اسید گالیک، ۴۹/۳۴ درصد، ۴۵/۰۸ و ۴۹/۵۵ خواهد بود.



شکل (۹): مشخصات نمونه بهینه (میزان مطلوبیت متغیرهای مستقل و وابسته تحت شرایط بهینه شده)

۴- نتیجه‌گیری

میوه‌ها پس از برداشت به علت فعالیت متابولیکی و آنزیمی خود مستعد آلودگی‌های میکروبی هستند و همین امر موجب کاهش مدت زمان ماندگاری آن‌ها می‌شود. از طرفی برش‌های تازه‌ی کیوی به علت نداشتن پوست به راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها به‌خصوص میکروارگانیسم‌های سرمادوست و قارچ‌ها آلوده می‌شوند. همچنین برش‌های تازه با از دست دادن سریع آب، خشک و چروکیده می‌شوند. در این خصوص استفاده از پوشش‌های خوراکی بر روی برش‌های تازه مزایایی از قبیل افزایش ماندگاری، کاهش افت وزن، کاهش از دست دادن آب، کاهش فرار مواد عطری، جلوگیری از جذب بوهای اطراف را موجب می‌شوند. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که وجود پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا حاوی نانوذرات اکسید مس باعث حفظ پارامترهای کیفی مهم کیوی برش‌خورده شده بود. وجود ژل آلوئه‌ورا از اکسیداسیون ویتامین C جلوگیری کرد. پذیرش کلی نمونه‌ها با گذشت ده روز به‌خوبی حفظ شده بود و هیچ‌کدام از نمونه‌ها دچار تغیرات ظاهری ناشی از فساد باکتریایی و کپک نشده بودند. نتایج نشان داد که بین نتایج pH، اسیدیته، آنتی‌اکسیدان و اختلاف رنگ نمونه‌ی شاهد و بهینه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بین نتایج فنل کل، ویتامین C و پذیرش کلی این دو نمونه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این پوشش‌ها از افزایش pH که باعث پیری در میوه‌ی کیوی می‌شود و از کاهش بیش از حد آن که باعث فساد قارچی می‌شود، جلوگیری کردند و برش‌های کیوی تا مدت ۱۵-۲۰ روز هیچ افت کیفیتی نداشتند. پوشش‌ها از افزایش اسیدیته که موجب تخمیر می‌گردد و نیز از کاهش آن که با افت میزان قند رابطه‌ی مستقیم دارد جلوگیری کردند و نمونه‌ها تا مدت نه روز، تغییر اسیدیته محسوسی نداشتند. خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی نمونه‌ها با وجود پوشش ۰/۴٪ نانوذرات اکسید مس و ۷/۵٪ ژل آلوئه‌ورا به بیشترین مقدار (۹۴٪) بود.

۵- مراجع

[1] S. Amiri, Z. Sadeghnezhad, M. Rezazadeh Bari, and H. Almasi, "The effect of composite edible film of sodium caseinate/pectin/zedo gum with Hedgenettles extract on shelf life of chicken fillet," Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 12, no. 47, pp. 31-41, 2021. (in persian)

[2] R. Suhag, N. Kumar, A.T. Petkoska, A. Upadhyay, "Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review," Food Research International, vol. 136, 109582. 2020.

[3] S.Z. Asadi, Z. Beigmohammadi, A. Mirmajidi Hashtjin, "The Effect of Edible Coating Containing Spirulina platensis, Chitosan and Gelatin on Physicochemical, Sensory and Nutritional Properties of Dried Kiwifruit," Food Science and Technology , vol. 17 no. 102 pp. 53-67. 2020. (in persian)

[4] N. Sedaghat, F. Hosseini, "Effects of edible coating (Aloevera gel) and type of packaging on the quality of Hayward kiwi fruit," Journal of food science and technology, vol. 15 no. 82 pp. 437-450. 2018. (in persian)

[5] T. Pinto, A. Vilela, "Kiwifruit, a botany, chemical and sensory approach a review," Advances in Plants & Agriculture Research , vol. 8 no. 1. 2018.

[6] M.A. Elabd, M.M. Gomma, "The Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Fresh Cut Kiwi Fruits (Ready to Eat)," Egyptian Journal of Food Science no. 46 pp. 113-123. 2018.

[7] S. Amiri, L. Rezazad Bari, S. Malekzadeh, S. Amiri, P. Mostashari, P. Ahmadi Gheshlagh, "Effect of Aloe vera gel-based active coating incorporated with catechin nanoemulsion and

calcium chloride on postharvest quality of fresh strawberry fruit," Journal of Food Processing and Preservation. e15960. 2021.

[8] S. Galus, E.A. Arik Kibar, M. Gniewosz, K. Kraśniewska, "Novel materials in the preparation of edible films and coatings—A review," Coatings, vol. 10, no. 7, pp. 674. 2020.

[9] M. ZADEH, S. PIRSA, S. AMIRI, L. BARI, "Application of the Edible Coating of Carboxy Methyl Cellulose, Pectin Composite Containing Humulus lupulus Extract on the Shelf Life of Fresh Cute Oranges at Cold Conditions," Iraninan Journal of Biosystem Engeeniering, no. 51. 2020.

[10] M.S. Nair, M. Tomar, S. Punia, W. Kukula-Koch, M. Kumar, "Enhancing the functionality of chitosan-and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review," International Journal of Biological Macromolecules, vol. 64, pp. 303-320. 2020.

[11] S. Benítez, I. Achaerandio, M. Pujolà, F. Sepulcre, "Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh-cut fruits: A case of study with kiwifruit slices," LWT-Food Science and Technology, vol. 61, no. 1, pp. 184-193. 2015.

[12] L. Suriati, I.M.S. Utama, B.A. Harsojuwono, I.B.W. Gunam, "Incorporating additives for stability of aloe gel potentially as an edible coating," AIMS Agriculture & Food, vol. 5 no. 3, pp. 327-336. 2020.

[13] H. Almasi, S. Azizi, "Antimicrobial Properties of Nanoparticles and Their Application in Active Food Packaging: A Review," Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 10, no. 39 , pp. 28-43. 2019. (in persian).

[14] Y. Xing, W. Li, Q. Wang, X. Li, Q. Xu, X. Guo, X. Bi, X. Liu, Y. Shui, H. Lin, "Antimicrobial nanoparticles incorporated in edible coatings and films for the preservation of fruits and vegetables," Molecules , vol. 24, no. 9, pp. 1695. 2019.

[15] E.O. Ogunsona, R. Muthuraj, E. Ojogbo, O. Valerio, T.H. Mekonnen, "Engineered nanomaterials for antimicrobial applications: A review," Applied Materials Today , vol. 18, 100473. 2020.

[16] R.H. Seyed, S. Rastegar, S. Faramarzi, "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, vo;. 15, no. 4, pp. 2932-2942. 2021.

[17] A. Emamifar, "Evaluation of Aloe vera gel effect as an edible coating on microbial, physicochemical and sensorial characteristics of fresh strawberry during storage," Innovative Food Technologies, vol. 2, no. 2, pp. 15-29. 2015. (in persian).

[18] J.P. Arrubla Vélez, G.E. Guerrero Álvarez, M.C. Vargas Soto, N. Cardona Hurtado, M.I. Pinzón, C.C. Villa, "Aloe Vera Gel Edible Coating for Shelf Life and Antioxidant Proprieties Preservation of Andean Blackberry," Processes vol. 9, no. 6, pp. 999. 2021.

[19] S. Shah, M.S. Hashmi, "Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit," Horticulture, Environment, and Biotechnology, vol. 61, no. 2, pp. 279-289. 2020.

[20] S. Amiri, L.R. Bari, M.R. Bari., "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," Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 12, no. 46, pp. 19-31. 2021. (in persian)

[21] M.I. Pinzon, L.T. Sanchez, O.R. Garcia, R. Gutierrez, J.C. Luna, C.C. Villa, "Increasing shelf life of strawberries (Fragaria ssp) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating," International Journal of Food Science & Technology , vol. 55, no. 1, pp. 92-98. 2020.

[22] S. Hazrati, A.B. Kashkooli, F. Habibzadeh, Z. Tahmasebi-Sarvestani, A.R. Sadeghi, "Evaluation of Aloe vera gel as an alternative edible coating for peach fruits during cold storage period," Gesunde Pflanzen , vol. 69, no. 3, pp. 131-137. 2017.

[23] J. Misir, F.H. Brishti, M. Hoque,"Aloe vera gel as a novel edible coating for fresh fruits: A review," American Journal of Food Science and Technology 2(3) 93-97. 2014. (in persian).

[24] D. Martínez-Romero, S. Castillo, F. Guillén, H.M. Díaz-Mula, P.J. Zapata, D. Valero, M. Serrano, "Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils," Postharvest Biology and Technology, vol. 86 pp. 107-112. 2013.

[25] H. Hassanpour, "Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit", LWT-Food Science and Technology, vol. 60, no. 1, pp. 495-501. 2015. (in persian)

[26] M. Serrano, J.M. Valverde, F. Guillén, S. Castillo, D. Martínez-Romero, D. Valero, "Use of Aloe vera gel coating preserves the functional

properties of table grapes," Journal of agricultural and food chemistry, vol. 54, no.11,pp. 3882-3886. 2006.

[27] L. Suriati, S.N.M.A. Suardani, W.H. Bria, "Edible Coating of Aloe Gel for Maintain Quality of Strawberry Fruit During Storage," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, p. 012029. 2021

[28] J. Liu, S. Tian, X. Meng, Y. Xu, "Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit," Postharvest Biology and Technology, vol. 44, no.3, pp. 300-306. 2007.

[29] M. Radi, E. Firouzi, H. Akhavan, S. Amiri, "Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges," Journal of Food Quality, 1-11. 2017.

[30] L. Plaza, I. Crespo, S. de Pascual-Teresa, B. de Ancos, C. Sánchez-Moreno, M. Muñoz, M.P. Cano, "Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage," Food Chemistry, vol. 124, no. 2, pp. 646-651. 2011.

[31] A. Del Caro, A. Piga, V. Vacca, M. Agabbio, "Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage," Food chemistry , vol. 84, no. 1, pp. 99-105. 2004.

[32] A.B. Martín-Diana, D. Rico, C. Barry-Ryan, "Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce," Innovative Food Science & Emerging Technologies, vol. 9, no. 4, pp. 593-603. 2008.

[33] S. Benítez, M.I. Achaerandio Puente, M. Pujolà Cunill, "Effect on quality and shelf-life of an aloe vera edible coating in fresh-cut kiwi," 2012 EFFosT Conference, Elsevier, pp. 4-15. 2012.

[34] D.M. Barrett, J.C. Beaulieu, R. Shewfelt, "Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing," Critical reviews in food science and nutrition 50(5) 369-389. 2010.

[35] J.M. Valverde, D. Valero, D. Martínez-Romero, F. Guillén, S. Castillo, M. Serrano, "Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety," Journal of agricultural and food chemistry 53(20) 7807-7813. 2005.

[36] S. Benítez, I. Achaerandio, F. Sepulcre, M. Pujolà, "Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward'kiwifruit," Postharvest Biology and Technology, 81 29-36. 2013.

[37] M. Mastromatteo, M. Mastromatteo, A. Conte, M.A. Del Nobile, "Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (Actinidia deliciosa cv. Hayward)," Food Research International, 44(5) 1224-1230. 2011.

[38] F. Hasany, M. Javanmard, F. Garosy, "Shelf life of kiwifruit coated with whey protein concentrate and rice bran oil," Research in Science and Technology of Food magazine, 7 158-167. 2010.

Journal of Packaging Science and Technology

Vol. 13, No. 1, Spring, 2022

The Effect of Edible Coating Based on Aloevera Gel Containing Copper Oxide Nanoparticles on Freshly Cut Pieces of Kiwi in Refrigerator Temperature

Saber Amiri, Laya Rezazad Bari [*], Ghazaleh Ahmadi Partovi

*Professor Food Industry, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: 31/01/2022; Accepted: 15/05/2022)

Abstract

Fresh slices of kiwi fruit are susceptible to bacterial and fungal contamination due to their lack of skin and improper storage conditions. Therefore, the use of protective coatings is suggested to solve these problems. The aim of this research was to increase the shelf life of fresh kiwi slices in cold conditions. In this research, the samples were immersed in coatings including copper oxide nanoparticles (0, 0.2 and 0.4%) and aloe vera gel (5, 7.5 and 10%) which were obtained based on the central composite statistical design, and They were kept in the refrigerator for four, nine and fourteen days; Then the characteristics of the samples were checked with qualitative tests including pH, acidity, antioxidant, total phenol, color and overall acceptance. Next, the optimal conditions were analyzed and determined based on the results of all the tests on all 17 samples, and two optimal samples were selected for verification tests. The optimal sample was treated with a coating containing 1% aloe vera gel and 1.88% copper oxide nanoparticles, and the second sample was considered as a control sample and was kept in the refrigerator for 10 days. Examining the results of the tests showed that there was a significant difference between the test results of the control and optimal samples. The coatings prevented an increase in pH that causes aging in kiwifruit, and an excessive decrease in pH that causes fungal spoilage, as well as an increase in acidity that leads to fermentation; Other important parameters of coated samples were better preserved.

Keywords : Edible Coating, Fresh Kiwi Slices, Aloevera Gel, Copper Oxide Nanoparticles, Cold Storage Conditions

[*]Corresponding Author E-mail: l.rezazad@uma.ac.ir