مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۲ شماره ۲/ سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۸
DOI: 10.22034/FR.2022.49563.1817

اثر پوشش‌های فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس‌های مرزه و زنجبیل در عمر انبارمانی و برخی ویژگی‌های پس از برداشت خیار تازه

نوشین نوشیروانی[1*] و هادی فصیحی[2]

تاریخ دریافت: ۴۰۰/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۴۰۰/۱۱/۹

[1] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[2] پژوهشگر گروه تحقیقات مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی همدان، مرکز تحقیقات و آموزش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران؛ گروه گیاهان دارویی و معطر، دانشگاه علمی کاربردی جهاد کشاورزی، همدان، ایران
*مسئول مکاتبات: Email: n.noshirvani@basu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: تهیه پوشش‌های خوراکی یکی از راهکارهای موثر در افزایش عمر ماندگاری میوه ها تلقی می‌شود. **هدف:** هدف از این پژوهش تهیه پوشش‌های فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس‌های زنجبیل و مرزه در دو غلظت ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام به منظور نگهداری خیار تازه بود. **روش کار:** پوشش‌های فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی دو سطح ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام از اسانس‌های مرزه و زنجبیل تهیه شده و اثر پوشش دهی بر برخی ویژگی‌های خیار تازه مانند افت وزن، pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، رنگ، شمارش میکروبی و خواص حسی خیارهای پوشش دهی شده در طول دوره نگهداری ۱۶ روزه در دمای $^{\circ}C$ ۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. خیارهای تازه بدون پوشش به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. **نتایج:** بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از پوشش‌های فعال حاوی اسانس به طور معنی داری افت وزن و رشد میکروبی را در خیار کاهش داد. نتایج نشان داد که در تیمارهایی که از اسانس مرزه استفاده شد میزان فساد میکروبی میوه بیشتر کاهش یافت و موجب حفظ سفتی بافت میوه گردید. تیمارهای پوشش دهی شده بر اثر حفظ رطوبت میوه، افت وزن را بهتر کنترل نمود و موجب افزایش سفتی خیار نسبت به نمونه شاهد در هر مرحله از انبارداری گردید. میزان مواد جامد محلول، pH و اسیدیته کل در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی پوشش به دلیل بالا بودن سرعت فعالیت‌های متابولیک دستخوش تغییرات بیشتری شد. **نتیجه گیری نهایی:** بر اساس نتایج بدست آمده استفاده از پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس مرزه در هر دو سطح ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام به دلیل خواص ضد میکروبی بالا، باعث حفظ رنگ خیار و بهبود کیفیت میکروبی آن شده و ضمن کاهش میزان افت وزن، سفتی و خواص حسی مطلوب نمونه را نشان داد.

واژگان کلیدی: خیار، پوشش ضد میکروبی، کربوکسی متیل سلولز، اسانس مرزه، اسانس زنجبیل

مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) یکی از صیفی جات مهم اقتصادی در دنیا به ویژه در ایران می‌باشد. به طوری که ایران با میزان تولید ۱۵۳۲۸۶۰ تن در سال ۲۰۱۱ پس از چین و ترکیه سومین تولید کننده خیار در دنیا به شمار رفته و بیش از ۲۵۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی در ایران به کشت خیار اختصاص دارد. عمر ماندگاری خیار به دلیل از دست دادن رطوبت، کاهش سفتی و همچنین پوسیدگی قارچی و زرد شدگی بسیار کوتاه بوده و کمتر از ۱٤ روز می‌باشد (محمدی و همکاران ۲۰۱۵؛ سارکر و همکاران ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر کنترل فساد کپکی در میوه‌ها و سبزیجات با استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی صورت می‌پذیرد. در حالیکه نیاز مصرف کنندگان به غذاهای سالم، تولید کنندگان را ملزم به استفاده از جایگزین‌های سالم و تولید مواد غذایی عاری از مواد شیمیایی ساخته است (کامبرینک و همکاران ۲۰۱۱).

کاربرد پوشش‌های خوراکی می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای موثر در افزایش عمر ماندگاری میوه ها تلقی شود (هاشمی و همکاران ۲۰۱۷). فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی شامل بستر پیوسته ای از پروتئین، پلی ساکارید یا لیپید می‌باشند (کاگری و همکاران ۲۰۰٤). استفاده از پوشش‌های خوراکی با تغییر اتمسفر داخل بسته بندی، کاهش بار میکروبی و تاخیر در افت وزن و واکنش‌های تنفس و همچنین محافظت در برابر ضربات فیزیکی بر ماندگاری محصول اثر میگذارند (نوشیروانی و همکاران ۱۳۹۰). کربوکسی متیل سلولز (CMC[1]) به عنوان یک ترکیب مشتق شده از سلولز، بیوپلیمری است که از قابلیت ژله‌ای شدن حرارتی برخوردار بوده و ویژگی‌های برجسته‌ای در تشکیل فیلم نشان می‌دهد. همچنین ویژگی‌های دیگری مانند حلالیت در آب، شفافیت، بی بو و بی مزه بودن، ویسکوزیته بالا، غیر سمی بودن و انعطاف پذیری همراه با استحکام و نفوذ پذیری متوسط در برابر رطوبت و گازها آن را به گزینه مناسبی برای تهیه پوشش‌های خوراکی بدل ساخته است (فصیحی و همکاران ۲۰۱۷). در نتیجه پوشش‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز گزینه مناسبی برای افزایش مدت زمان ماندگاری میوه‌های تازه به شمار می‌روند. کاربرد پوشش‌های خوراکی در نگهداری میوه از طریق کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی و میکروبی در طول دوره نگهداری، باعث افزایش مدت زمان ماندگاری آن می-شوند. هرچند فراهم کردن این شرایط برای محصول، بدون استفاده از یک نگهدارنده مناسب مقدور نخواهد بود. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد پوشش‌های خوراکی بدون مواد ضد میکروبی نمیتواند عمر ماندگاری محصول را افزایش دهد (فصیحی و همکاران ۲۰۱۹).

یک روش جایگزین نگهدارنده‌های شیمیایی، استفاده از فیلم‌های بسته بندی حاوی ترکیبات ضد میکروبی با کنترل مهاجرت ترکیب فعال از ماده بسته بندی به سطح محصول بوده که به حفظ غلظت‌های بالای ترکیبات ضد میکروبی در محصول کمک می‌نماید. بسته بندی فعال شامل افزودن ترکیبات مشخص به فیلم یا پوشش بسته بندی یا داخل ظروف بسته بندی با هدف حفظ و افزایش مدت زمان ماندگاری محصول می‌باشد. مهمترین فایده افزودن ترکیبات فعال به فیلم و پوشش‌های بسته بندی، آزاد سازی آهسته ترکیبات ضد میکروبی از ماده بسته بندی بوده که در نتیجه غلظت‌های بالایی از ترکیب فعال در سطح محصول برای مدت زمان طولانی حفظ می‌شود. این روش کارایی بیشتری نسبت به افزودن مستقیم ماده ضد میکروبی از طریق پاشیدن محلول آن به سطح محصول را دارد (نوشیروانی و همکاران ۲۰۱۷a). ادویه-ها و چاشنی‌ها به طور گسترده در صنعت غذا به عنوان طعم دهنده مورد استفاده قرار می‌گیرند. اخیرا تعداد زیادی از ادویه‌ها یا روغن‌های اسانسی به عنوان ترکیبات ضد میکروب و آنتی اکسیدان شناخته شده‌اند. بسیاری از ترکیبات طبیعی نظیر روغن‌های اسانسی و

1. Carboxymethyl cellulose

اجزاء آنها توسط سازمان غذا و دارو ایالت متحده در گروه مواد سالم (GRAS) به رسمیت شناخته شده اند. گیاهان به دلیل ایمن بودن، قیمت ارزان و موثر بودن بر روی طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها برای مقابله با فساد میکروبی غذا، گزینه مهمی برای تولید کنندگان بسته بندی و مصرف کنندگان به شمار می‌روند (برت ۲۰۰٤). افزودن ترکیبات طبیعی با دارا بودن ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی به فیلم‌ها و پوشش‌های بسته بندی، راهکاری جدید در جهت افزایش مدت زمان ماندگاری و ایمنی محصولات غذایی به شمار می‌رود.

زنجبیل (*Zingiber officinale* Roscoe) گیاه متعلق به خانواده زینگبریاسه[۲] بوده و در نواحی شرق آسیا و مناطق گرمسیری استرالیا یافت می‌شود. زنجبیل به طور گسترده در صنایع غذایی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طوری که ریزوم‌های آن در پزشکی سنتی و مدرن کاربرد داشته و مطالعات بسیاری اثرات آن در درمان بسیاری از بیماری‌ها را نشان داده اند (برت، ۲۰۰٤). مرزه (*Salvia officinalis* L.) گیاهی یک ساله از خانواده نعناعیان بوده که به صورت سنتی در درمان بسیاری از بیماری‌ها کاربرد دارد. همچنین به دلیل عطر خاص خود از دیرباز در عمل آوری گوشت به عنوان طعم دهنده کاربرد داشته است. مطالعات مختلفی اثرات ضد میکروبی و ضد اکسایشی اسانس و عصاره مرزه و زنجبیل را گزارش نموده اند (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۷؛ نوشیروانی و همکاران، ۲۰۱۷). از این رو استفاده از اسانس مرزه و زنجبیل در ساختار فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌تواند راهکار موثری در جهت افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی به شمار آید.

در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در حوزه استفاده از پوشش‌های فعال برای نگهداری میوه‌ها و سبزیجات صورت پذیرفته است. به عنوان مثال سانچز گونزالس (۲۰۱۱) برای نگهداری انگور از پوشش‌های زیست تخریب پذیر بر پایه هیدروکسی پروپیل متیل سلولز یا کیتوزان حاوی اسانس ترنج استفاده نمودند. نتایج نشان داد که پوشش کیتوزان حاوی اسانس، موثرتر از کیتوزان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز خالص بود. مطالعاتی بر روی استفاده از پوشش‌های خوراکی برای افزایش ماندگاری خیار تازه انجام شده است. به عنوان مثال سارکر و همکاران (۲۰۲۱) افزایش مدت زمان ماندگاری خیار تازه در دمای $^{\circ}C$ ۲۰ توسط پوشش کربوکسی متیل سلولز- آلوورا به مدت ۲۰ روز را نشان دادند. در مطالعه‌ای دیگر ملکی و همکاران (۲۰۱۸) اثر پوشش‌های بر پایه کیتوزان-لیمونن در ترکیب با اتمسفر اصلاح شده را بر ویژگی‌های پس از برداشت خیار تازه مورد بررسی قرار دادند. از آنجایی که تاکنون هیچ مطالعه‌ای بر روی اثر پوشش‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس‌های زنجبیل و مرزه در نگهداری خیار تازه انجام نشده است هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های پس از برداشت خیار تازه نگهداری شده با این نوع پوشش می‌باشد.

مواد و روش ها

مواد مورد استفاده

خیار تازه از یک گلخانه در شهر همدان تهیه شد. خیارها در روز آزمایش چیده و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از حذف میوه‌های آلوده، زخمی و بیش از حد کوچک یا بزرگ، خیارها توسط محلول کلر (۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) به مدت ۵ دقیقه شسته و سپس توسط آب استریل برای حذف هر گونه باقی مانده کلر شسته و سپس خشک شدند. کربوکسی متیل سلولز از شرکت کاراگام پارسیان (تهران، ایران) تهیه شد. گلیسرول و توئین ۸۰ از نماینده شرکت مرک در ایران خریداری شد. محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار (PDA)[۳] از نماینده شرکت مرک (آلمان) خریداری شد.

1 . Generally recognized as safe
2 . Zingiberaceae

2. Potato Dextrose Agar

تهیه اسانس ها

گیاه زنجبیل و مرزه از بازار محلی در شهر همدان تهیه شدند. اسانس‌های زنجبیل و مرزه به روش تقطیر آبی و توسط دستگاه کلونجر تهیه شد (نوشیروانی و فصیحی، ۲۰۱۸). برای این منظور گیاهان مورد نظر در دمای ٤٠°C به مدت ۳ روز خشک و سپس آسیاب شدند. ۵۰۰ گرم از پودر هر گیاه داخل مخزن دستگاه همراه با ۱ لیتر آب قرار گرفت و به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰°C حرارت داده شد. روغن‌های اسانسی جمع آوری و تحت سولفات سدیم بی آب خشک شده و تا زمان مصرف در یخچال (٤°C) نگهداری شدند. راندمان اسانس‌های بدست آمده زنجبیل و مرزه به ترتیب ۰/۳٦٪ و ۰/٥٤٪ بود.

تهیه پوشش‌های فعال

به منظور تهیه پوشش، کربوکسی متیل سلولز با دو غلظت ۱ و ۱/٥٪ (وزنی/حجمی) در آب مقطر با دمای ٦٥°C حل شده و توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر (۲٥٪ وزنی اسانس) به آن اضافه شد. سپس سطوح مختلف اسانس‌های مرزه و زنجبیل (۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) که بر اساس آزمون‌های اولیه بدست آمده بودند پس از عبور از سرنگ فیلتردار به آن اضافه شد. خیارها در محلول به مدت ۳ دقیقه غوطه ور شده و سپس به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲٥°C خشک شدند. نمونه‌ها داخل کیسه‌های زیپ کیپ پلی اتیلنی قرار گرفته و به مدت ۱٦ روز در دمای ۱۰°C نگهداری شدند. برای تهیه نمونه شاهد خیارهای تازه به مدت ۳ دقیقه داخل آب مقطر قرار داده شدند. نام گذاری نمونه‌های مختلف بر اساس مخفف نام دو اسانس زنجبیل (JEO) و مرزه (SEO) صورت پذیرفت.

آزمون‌های صورت گرفته بر روی خیارها

افت وزن[1]

به منظور محاسبه درصد افت وزن، وزن تیمارهای مختلف قبل از نگهداری ثبت و در روزهای چهارم، هشتم، دوازدهم و شانزدهم نمونه‌ها توزین و درصد افت وزن نسبت به وزن اولیه بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید (ون و همکاران ۲۰۱٦).

$$\text{درصد افت وزن} = \frac{(\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

سفتی[2] بافت

برای تعیین سفتی گوشت میوه از دستگاه نفوذ سنج دستی مدل Step System (آلمان) دارای پیستون به قطر ۸ میلی متر استفاده گردید. برای این منظور پوست میوه در دو نقطه در منطقه استوایی به اندازه ۱ سانتی متر مربع برداشته شد و میانگین دو عدد به عنوان سفتی گوشت میوه بر حسب نیوتن یادداشت گردید.

اندازه گیری pH، اسیدیته کل[3] و ماده جامد محلول[4]

برای این منظور نمونه‌های مختلف خیار توسط مخلوط کن کاملا آسیاب شده و پس از صاف نمودن توسط پارچه تنظیف (پارچه پنیرسازی) محلول بدست آمده برای اندازه گیری پارامترهای مذکور مورد استفاده قرار گرفت. اندازه گیری pH توسط pH متر Metrohm 713 (سوئیس) صورت پذیرفت. محتوای مواد جامد محلول توسط رفراکتومتر دستی Huxia مدل RHB (چین) اندازه‌گیری و نتایج بصورت درجه بریکس بیان شد. به منظور اندازه گیری اسیدیته کل، به ۱۰ میلی لیتر عصاره تهیه شده از خیار، ۹۰ میلی لیتر آب مقطر و چند قطره فنول فتالئین ۱٪ به عنوان معرف اضافه شده و سپس تیتراسیون توسط سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی انجام شد. همه آزمون ها در ۳ تکرار انجام شده و نتایج به صورت میانگین داده ها گزارش شد.

رنگ سنجی

رنگ نمونه‌های خیار توسط رنگ سنج دستی (CR-300Minolta Chroma Meter, Minolta Camera Co) ساخت کشور ژاپن انجام شد. پیش از انجام آزمون،

1. Weight loss
2 . Firmness
3. Total acidity
4 . Total soluble solids

دستگاه توسط یک صفحه سیاه و سفید استاندارد کالیبره شد. پارامترهای روشنایی (L)، قرمزی-سبزی (a*) و زردی-آبی (b*) مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور اندازه گیری ویژگی‌های رنگی از ۳ نقطه از پوست خیار اندازه گیری صورت گرفت و نتایج به صورت میانگین داده‌های بدست آمده گزارش شد.

آزمون‌های میکروبی

۱۰ گرم نمونه آسیاب شده خیار برای آزمون‌های میکروبیولوژیکی با ۹۰ میلی لیتر رینگر رقیق شده و سپس رقت‌های مختلف از آن تهیه شد (10^{-1} – 10^{-3}). محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار از قبل داخل پتری دیش‌ها ریخته و پس از جامد و سرد شدن در یخچال (٤°C) نگهداری شد. سپس مقدار ۱ میلی لیتر از هر رقت بر روی محیط کشت ریخته و توسط آنس استریل پخش شد. پلیت‌های مختلف به مدت ۵-۳ روز در گرمخانه با دمای ۲۵°C نگهداری شدند. پس از شمارش کلنی‌های کپک و مخمر، نتایج بر اساس تعداد کلنی در واحد گرم گزارش شد (CFU/g).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی و چشایی توسط ۲۰ نفر پانلسیت آموزش دیده از دانشجویان و کارکنان مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی همدان صورت پذیرفت. نتایج بر اساس میانگین امتیازات بدست آمده گزارش شد. به منظور ارزیابی فساد و فروپاشی میوه از آزمون هدونیک ۵ نقطه استفاده شده که شماره ۱ برای کمترین معیار و شماره ۵ برای بیشترین آن در نظر گرفته شد. معیارهای ارزشیابی شامل: رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی میوه بودند. امتیاز متوسط ۳/۵ برای حد پذیرش نمونه ها انتخاب شد. ارزیابی حسی پس از گذشت ١٦ روز نگهداری نمونه ها انجام شد.

آزمون‌های آماری

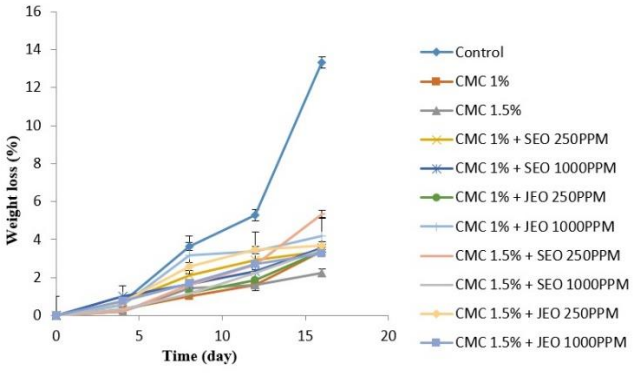
ارزیابی آماری با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS در مراحل مختلف انبارداری صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

افت وزن

خیار با دارا بودن تقریبا ۹۵٪ رطوبت، عمر ماندگاری کوتاهی داشته و در معرض افت وزن قرار دارد. افت وزن با واکنش‌های دیگری در میوه مانند قهوه ای شدن، تخریب ویتامین‌ها و فعالیت آنزیمی همراه است. همچنین ممکن است باعث افزایش سرعت رشد میکروبی شده و تغییرات بافتی و حساسیت به فساد قارچی را افزایش دهد (محمدی و همکاران ۲۰۱۵). همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است میزان افت وزن خیار در تمام تیمارها به آرامی در طول دوره نگهداری ١٦ روزه در دمای ۱۰°C افزایش یافت. هر چند مقایسه میان تیمارهای مختلف، میزان افت وزن بیشتری برای نمونه شاهد در مقایسه با نمونه‌های پوشش دهی شده نشان داد به طوری که میزان افت وزن برای نمونه شاهد پس از گذشت ١٦ روز، ۱۳/۳٪ بدست آمد. مقایسه میان خیارهای پوشش دهی شده با دو غلظت مختلف ۱ و ۱/۵٪ کربوکسی متیل سلولز، اثربخشی بیشتر کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۱/۵٪ را نشان داد به طوری که کمترین میزان افت وزن پس از ١٦ روز نگهداری، مربوط به نمونه‌های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۱/۵٪ به میزان ۲/۲۳ ٪ بدست آمد. در حالی‌که نمونه‌های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز ۱٪ افت وزنی برابر با ۳/٤٪ نشان دادند که دلیل آن احتمالا مربوط به غلظت بالای پوشش ۱٪/۵ و اثربخشی بیشتر آن به عنوان مانع در برابر عبور بخار آب از بستر پوشش در مقایسه با پوشش ۱٪ می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده افزودن اسانس‌های مرزه و زنجبیل اثر معنی داری در کاهش بیشتر افت وزن خیار نسبت به پوشش‌های کربوکسی متیل سلولز خالص نداشت. این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط عشقی و همکاران (۲۰۱٤) که نشان دادند هر دو پوشش کیتوزان

و کیتوزان حاوی نانوذرات مس اثر یکسانی در کاهش افت وزن توت فرنگی در زمان سه هفته نگهداری داشتند، مطابقت دارد. افت وزن، یکی از مهمترین تغییرات پس از برداشت میوه‌ها به شمار می‌رود که دلیل آن مربوط به مهاجرت رطوبت از سطح میوه به محیط اطراف بوده و میزان آن بستگی به اختلاف فشار بخار آب بین بافت میوه و اتمسفر اطراف آن دارد (سارکر و همکاران ۲۰۲۱). علاوه بر آن، تنفس میوه نیز کاهش وزن را در بر خواهد داشت. بکار بردن پوشش بر روی میوه، به عنوان مانعی در برابر عبور رطوبت از میوه به محیط اطراف عمل نموده و میزان افت وزن را کاهش می‌دهد. همچنین کاهش افت وزن میوه احتمالا مربوط به اثرات پوشش به عنوان یک مانع نیمه تروا در برابر گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن، رطوبت و حرکت مواد محلول بوده و در نتیجه با کاهش سرعت تنفس، افت وزن و سرعت واکنش-های اکسیداسیون همراه خواهد بود. نتایج بدست آمده در این مطالعه افت وزن کمتری برای خیار در مقایسه با مطالعه سارکر و همکاران (۲۰۲۱) برای نمونه‌های خیار پوشش دهی شده با ترکیب کربوکسی متیل سلولز – آلوورا نشان داد که دلیل آن شاید مربوط به بالاتر بودن دمای نگهداری خیار در آن مطالعه نسبت به مطالعه حاضر باشد.



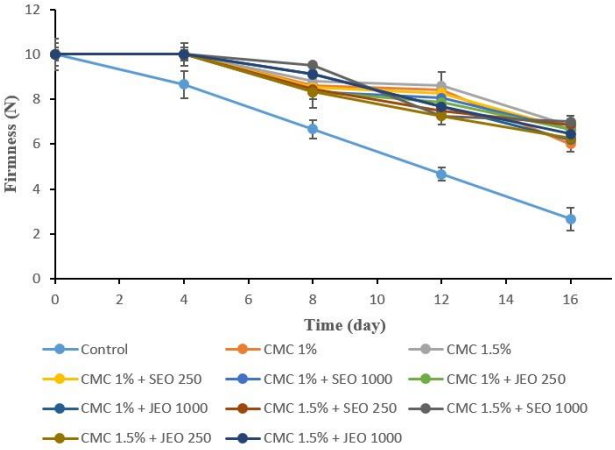
شکل ۱- اثر نوع پوشش‌های مختلف بر افت وزن خیارهای نگهداری شده در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

Figure 1- Effect of different coatings on weight loss of cucumbers stored at 10 °C and relative humidity of 85%

سفتی بافت

از دست رفتن سفتی یکی از مهمترین تغییرات فیزیولوژیکی در دوره پس از برداشت میوه به شمار رفته که منجر به از دست رفتن کیفیت محصول می شود. دلیل این پدیده مربوط به فرآیند بیوشیمیایی تخریب و شکست اجزاء دیواره سلولی (پکتین و نشاسته) توسط آنزیم‌های هیدرولاز بوده که در نتیجه نرمی بافت را بدنبال خواهد داشت (ون لانگ و همکاران ۲۰۱۶). به محض برداشت میوه، در اثر فعالیت آنزیم‌های پکتین استراز و پلی گالاکتوروناز، دپلیمریزاسیون پکتین آغاز شده که منجر به نرمی بافت خیار می‌شود. خیار به دلیل افت رطوبت و آلودگی قارچی، مستعد نرم شدن سریع می‌باشد (ملکی و همکاران ۲۰۱۸). مقادیر پائین اکسیژن و بالای دی اکسید کربن در درون اتمسفر پوشش، فعالیت آنزیمی را محدود ساخته و سفتی میوه را در طول دوره نگهداری حفظ می‌نماید (محمدی و همکاران ۲۰۱۶). مقایسه میزان سفتی نمونه‌های مختلف در طول زمان، کاهش سفتی بافت برای همه نمونه‌ها را نشان داد هر چند میزان کاهش برای نمونه شاهد با سرعت بیشتری اتفاق افتاد (شکل ۲). دپلیمریزاسیون پکتین و فعالیت آنزیم سلولاز از مهمترین دلایل از دست رفتن سفتی و نرم شدن میوه ها و سبزیجات به شمار می‌روند (سارکر و همکاران ۲۰۲۱). پوشش دهی میوه و سبزی با تاخیر سرعت تنفس، منجر به کاهش فرآیند تخریب و در نتیجه حفظ سفتی میوه در طول دوره نگهداری می شود. اثر پوشش در تاخیر نرم شدگی میوه مربوط به بازدارندگی در برابر جذب اکسیژن بوده که منجر به کاهش واکنش‌های متابولیک و در نتیجه فرآیند پیری می‌گردد (ملکی و همکاران ۲۰۱۸). نمونه‌های پوشش دهی شده به طور معنی داری میزان سفتی بیشتری نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. مقایسه بین دو اسانس مرزه و زنجبیل بافت سفت‌تری برای نمونه‌های پوشش دهی شده با اسانس مرزه نشان داد هر چند این تفاوت از نظر آماری معنی داری نبود ($P>0.05$). همچنین بر اساس نتایج بدست آمده بین دو

سطح مختلف اسانس بکار رفته در ساختار پوشش تفاوت معنی داری از نظر پارامتر سفتی مشاهده نشد. لذا به نظر می‌رسد استفاده از سطح پائین‌تر هر دو اسانس مرزه و زنجبیل (۲۵۰ پی پی ام) در کنترل سفتی بافت خیار اثربخش بوده است.

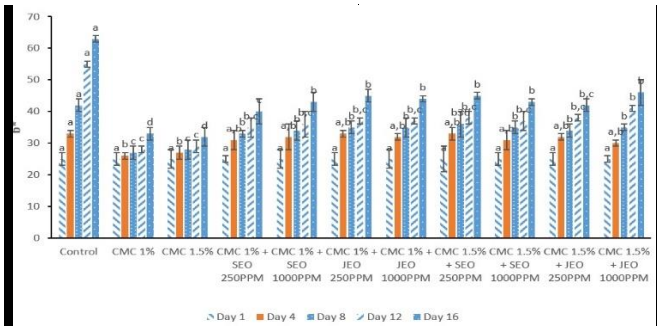


شکل ۲- اثر پوشش‌های مختلف بر سفتی خیارهای نگهداری شده در دمای ۱۰ °C و رطوبت نسبی ۸۵٪

Figure 2- Effect of different coatings on the firmness of cucumbers stored at 10 °C and relative humidity of 85%

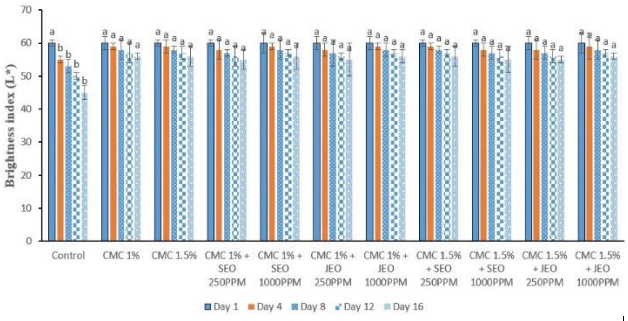
رنگ سطح خیار

رنگ، پارامتر مهمی در مورد پذیرش قرار گرفتن محصول توسط مشتریان به شمار می‌رود. در میوه‌های تازه برداشت شده، کاروتنوئیدهای زرد رنگ در کنار کلروفیل سبز رنگ حضور دارند. از آنجایی که خیار یک میوه غیر کلایماکتریک سبز رنگ است، میزان اتیلن کمی تولید می‌نماید. هر چند در طول رسیدن و پیری میوه، کلروفیل سریعا تخریب شده و میوه در معرض ظهور رنگ زرد قرار می‌گیرد. بدین ترتیب در طول چند روز نگهداری، سبزیجات سبز رنگ در معرض ناپدید شدن کلروفیل و رنگ سبز و ظهور رنگ زرد قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج بدست آمده در شکل ۳، شاخص b* در همه نمونه‌ها در طول زمان افزایش یافت که بیانگر افزایش رنگ زرد و کاهش رنگ سبز پوسته خیار می‌باشد. هر چند نمونه‌های پوشش دهی شده، رنگ زرد کمتری در مقایسه با نمونه شاهد نشان دادند. بنابراین به نظر می‌رسد حضور پوشش با به تاخیر انداختن رسیدن و پیری میوه میزان تخریب کلروفیل را کاهش داده است. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط اولاوجی و همکاران (۲۰۱۸) برای خیارهای پوشش دهی شده با کیتوزان و نگهداری شده تحت اتمسفر اصلاح شده مطابقت دارد. بیشترین شاخص b* به طور معنی داری در کلیه روزهای نگهداری مربوط به نمونه شاهد بود. نمونه‌های حاوی اسانس به طور معنی داری شاخص b* بیشتری نسبت به نمونه‌های پوشش دهی شده فاقد اسانس نشان دادند که دلیل آن احتمالا مربوط به رنگ زرد اسانس‌های مرزه و زنجبیل و اثر آن بر رنگ پوشش بوده است. هر چند بین نمونه‌های حاوی سطوح مختلف دو اسانس از نظر شاخص b* تفاوت معنی داری مشاهده نشد. شدت روشنایی نمونه‌های مختلف در شکل ٤ نشان داده شده است. نمونه شاهد به طور معنی داری در تمام روزهای نگهداری شدت روشنایی کمتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. بین نمونه‌های پوشش دهی شده و حاوی سطوح مختلف اسانس‌های مرزه و زنجبیل از نظر اندیس روشنایی تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).



شکل ۳-شاخص b* نمونه های مختلف در طول دوره ۱۶ روزه نگهداری در دمای ۱۰ °C

Figure 3- b* value of different samples over 16 days of storage at 10 °C and relative humidity of 85%



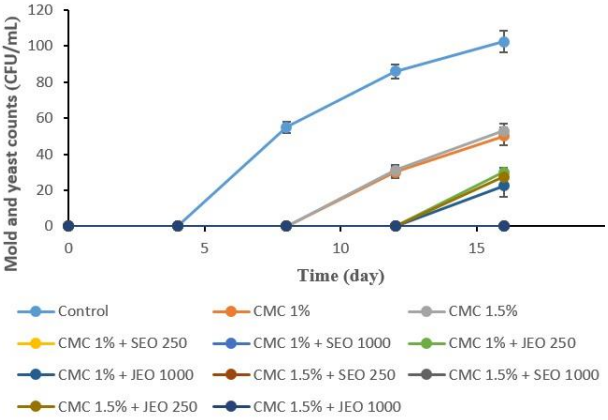
شکل ۴- شدت روشنایی (L*) نمونه های مختلف در طول دوره ۱۶ روزه نگهداری در دمای ۱۰ °C

Figure 4- Brightness (L*) of different samples over 16 days of storage at 10 °C and relative humidity of 85%

کیفیت میکروبی خیار

میوه تازه به دلیل دارا بودن محتوای بالای رطوبت و قند، محیط مطلوبی برای رشد میکروبی به ویژه در سطح می-باشد. رشد کپک و مخمر مهمترین مشخصه ظهور فساد در خیار به شمار می‌رود. در شکل ۵ نتایج مربوط به شمارش کپک و مخمر در طول دوره نگهداری در دمای ۱۰°C نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می-شود پوشش دهی روشی موثر برای کنترل رشد کپک و مخمر در خیار می‌باشد. به طوری که نمونه‌های حاوی پوشش‌های فعال بار میکروبی کمتری نسبت به نمونه‌های عاری از پوشش نشان دادند. از روز چهارم رشد کپک و مخمر برای نمونه شاهد مشاهده شد و پس از آن تا روز شانزدهم افزایش یافت. میزان کپک و مخمر در طول زمان به طور معنی داری در همه نمونه‌ها افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). هر چند این افزایش برای نمونه شاهد به طور معنی داری بیشتر بود ($P<۰/۰۵$). پس از نمونه شاهد نمونه‌های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز در دو غلظت ۱ و ۱/۵٪ بیشترین شمارش کپک و مخمر را نشان دادند. مقایسه بین نمونه‌های مختلف نشان داد که پوشش‌های حاوی اسانس مرزه بیشترین اثربخشی را در کنترل کپک و مخمر نشان دادند به طوری که در طول ۱۶ روز نگهداری هیچ گونه رشد میکروبی در این تیمارها مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد که اسانس مرزه اثرات ضد میکروبی بالاتری نسبت به اسانس زنجبیل دارد. ویژگی‌های ضد کپکی برجسته اسانس مرزه در مطالعه ای توسط نوشیروانی و فصیحی (۲۰۱۸) گزارش شد. بر اساس مطالعه اوزتورک و همکاران (۲۰۱۲) مرزه به دلیل دارا بودن محتوای بالایی از کارواکرول و تیمول، فعالیت ضد میکروبی بالایی را نشان می‌دهد. روغن‌های اسانسی به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از ترکیبات فنولی مانند کارواکرول، اوژنول و تیمول، خواص ضد میکروبی و ضد اکسایشی برجسته‌ای را بر جای می-گذارند. ترکیباتی مانند کارواکرول، تیمول و اوژنول، حاوی گروه‌های فنولی در ساختار شیمیایی خود بوده و خواص ضد میکروبی قوی علیه کپک‌های پاتوژن ایفا می-کنند. فنول‌ها همچنین به دلیل واکنش با غشاء و سایر اجزاء سلولی باعث مرگ سلولی می‌شوند. پس از پوشش‌های حاوی اسانس مرزه، پوشش‌های حاوی اسانس زنجبیل کمترین بار میکروبی را در طول زمان نشان دادند. اثرات ضد میکروبی اسانس زنجبیل به حضور آلفا زینجیبرین به عنوان ترکیبات غالب آن (۲۹٪) نسبت داده می‌شود (نوشیروانی و همکاران ۲۰۱۷b). هر چند اثرات هم افزایی سایر ترکیبات با مقادیر کم مانند آلفا پینن و ترپینئول‌ها نیز در نشان دادن ویژگی‌های ضد کپکی گزارش شده است (سیواسوتی و همکاران ۲۰۱۱؛ مسومو و همکاران ۲۰۱۳). اثربخشی پوشش‌ها در کاهش رشد میکروبی مربوط به تغییر اتمسفر میوه پوشش دهی شده از شرایط هوازی به بی هوازی می‌باشد که این شرایط برای رشد کپک و مخمر مناسب نیست. از آنجایی که کپک و مخمر نیاز به اکسیژن برای رشد دارند، این شرایط به طور موثری در کنترل رشد کپک و مخمر موثر است (ملکی و همکاران ۲۰۱۸). به علاوه اسانس‌های به کار رفته در ساختار پوشش‌های فعال به عنوان ترکیبات ضد میکروب قوی عمل نموده و از رشد میکروب‌ها جلوگیری می‌نمایند. معمولا کاربرد اسانس‌ها در مواد غذایی به دلیل مسائل اقتصادی، بوی ویژه و سمیت محدود است. هر چند کاربرد آنها در ساختار پوشش،

میزان دز مصرفی را کاهش داده و به طور موثری اثرات ضد میکروبی خواهد داشت.



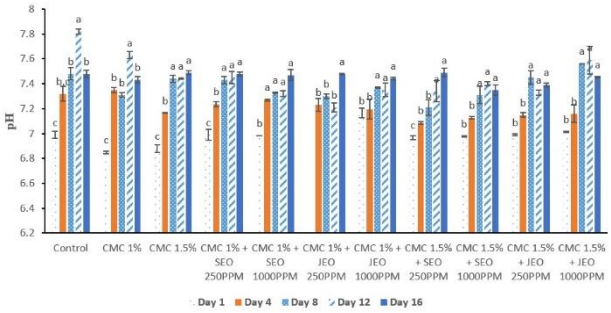
شکل ۵-شمارش کپک و مخمر برای نمونه‌های مختلف خیار در طول دوره نگهداری ۱۶ روزه در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

Figure 5- Mold and yeast counts of different samples over 16 days of storage at 10° C and relative humidity of 85%

pH، اسیدیته کل و مواد جامد محلول

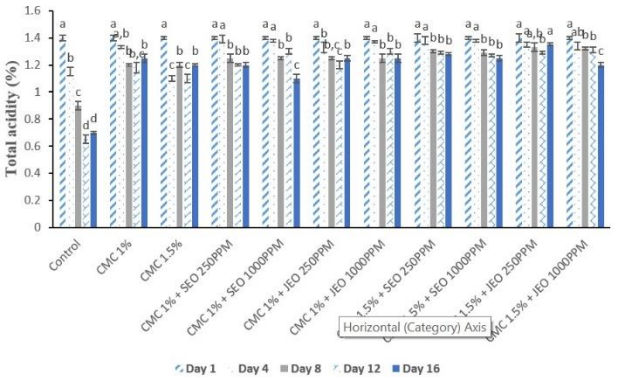
pH، یکی از مهمترین عوامل در تعیین طعم ویژه خیار است. همانطور که در شکل ٦ نشان داده شده است میزان pH در طول زمان ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. تغییرات pH مربوط به سرعت تنفس و واکنش‌های متابولیک میوه بوده که با تیمارهای پس از برداشت و فعالیت آنزیمی که منجر به تغییر ترکیب شیمیایی میوه ها و سبزی ها می‌شود مرتبط است. در روزهای آغازین شاهد افزایش تدریجی pH هستیم که دلیل آن مربوط به مصرف شدن اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای واکنش‌های تنفس می‌باشد. هر چند مجددا pH به دلیل تبدیل قند به اسیدهای آلی کاهش می‌یابد. نمونه شاهد بیشترین میزان pH را در میان نمونه‌های مختلف نشان داد به طوری که در روز دوازدهم نگهداری بالاترین میزان pH مربوط به این نمونه بود که دلیل آن می‌تواند مربوط به بالا بودن میزان تنفس در نمونه شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها باشد. نمونه‌های پوشش داده شده نیز افزایش تدریجی pH را در طول زمان نشان دادند هر چند میزان pH این نمونه‌ها کمتر از نمونه شاهد بود که دلیل آن مربوط به کاهش سرعت تنفس درون فضای پوشش به دلیل محدودیت حضور اکسیژن می‌باشد. بین نمونه های پوشش دهی شده حاوی دو اسانس مرزه و زنجبیل، همچنین سطوح مختلف آنها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در نمونه‌های پوشش داده شده تولید اسید به واکنش تخمیر میوه در حضور مقادیر کم اکسیژن درون فضای پوشش مرتبط است (سارکر و همکاران ۲۰۲۱).

میزان اسیدیته نمونه‌های مختلف در طول دوره نگهداری در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان اسیدیته در طول زمان برای همه نمونه‌ها کاهش یافت. هر چند این کاهش برای نمونه شاهد سریع و برای نمونه‌های پوشش داده شده به صورت تدریجی بود. اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای واکنش تنفس بوده و طی رسیدن و پیری میوه مصرف می شوند بنابراین با گذشت زمان شاهد کاهش اسیدیته میوه‌های تازه هستیم. نمونه شاهد به دلیل بالاترین میزان تنفس بیشترین تغییرات اسیدیته را در میان سایر نمونه‌ها نشان داد. پس از روز دوازدهم نگهداری، میزان اسیدیته افزایش مختصری نشان داد که دلیل آن می‌تواند مربوط به تبدیل قندها به اسید باشد. نمونه‌های پوشش دهی شده تغییرات کمتری از اسیدیته در طول زمان را نشان دادند که علت آن به حضور پوشش مرتبط است که باعث کاهش سرعت پیری و اکسیداسیون اسیدهای آلی می‌شود. بین نمونه های پوشش دهی شده حاوی دو اسانس مرزه و زنجبیل تفاوت معنی داری مشاهده نشد.



شکل ۶- میزان pH برای نمونه‌های مختلف در طول دوره نگهداری ۱۶ روزه در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی ٪۸۵

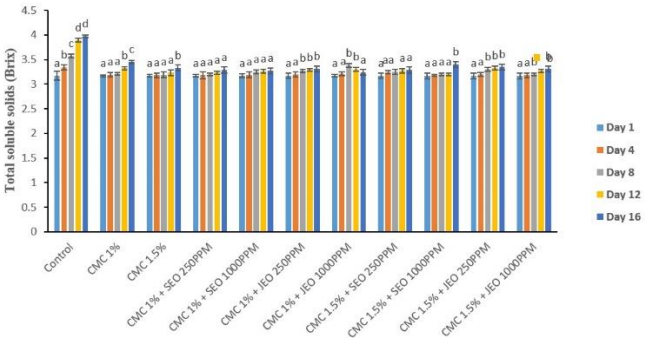
Figure 6- pH values of different samples over 16 days of storage at 10 °C and relative humidity of 85%



شکل ۷ – اسیدیته کل برای نمونه های مختلف در طول دوره نگهداری ۱۶ روزه در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی ٪۸۵

Figure 7- Total acidity of different samples over 16 days of storage at 10°C and relative humidity of 85%

میزان مواد جامد محلول نمونه‌های مختلف در طول دوره نگهداری در شکل ۸ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در طول دوره نگهداری میزان مواد جامد محلول به صورت تدریجی در همه تیمارها افزایش یافت که دلیل آن مربوط به افزایش میزان تنفس میوه می‌باشد. هر چند این افزایش برای نمونه شاهد بیشتر از نمونه‌های پوشش دهی شده بود به طوری که میزان مواد جامد محلول برای نمونه شاهد به طور معنی داری در روزهای مختلف افزایش یافت و در روز پایانی نگهداری به بیشترین میزان خود رسید. دلیل افزایش بیشتر مواد جامد محلول، بالا بودن فعالیت‌های متابولیک در نمونه شاهد در مقایسه با نمونه‌های پوشش دهی شده بود. به طوری که در این نمونه فرآیند رسیدن و پیری با سرعت بیشتری پیش رفته و میزان بیشتری از نشاسته به قند و اسید تبدیل شده که باعث افزایش بیشتر میزان مواد جامد محلول می‌شود. در حالی که در نمونه‌های پوشش دهی شده به دلیل کاهش تبادلات گازی با محیط بیرون، فرآیند رسیدن به کندی انجام شده و میزان مواد جامد محلول افزایش کمتری در مقایسه با نمونه شاهد نشان می‌دهد. بین دو سطح مختلف کربوکسی متیل سلولز از نظر فاکتور مواد جامد محلول تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین نمونه‌های مختلف دارای سطوح مختلف (۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) دو اسانس مرزه و زنجبیل از نظر فاکتور مواد جامد محلول تفاوت معنی داری نشان ندادند. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از پوشش با کاهش تبادلات گازی با محیط باعث کاهش سرعت تنفس و پیری میوه شده است و افزودن اسانس‌های مرزه و زنجبیل اثر بیشتری در این کاهش نداشته است.



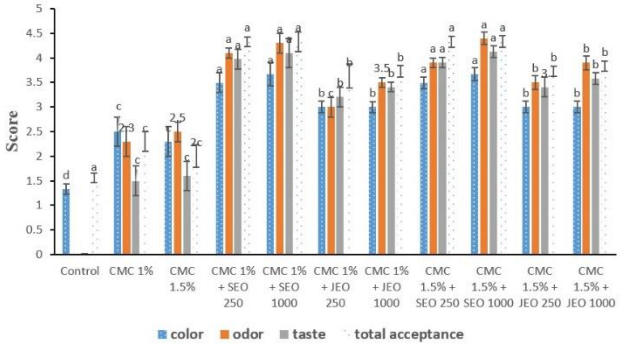
شکل ۸- میزان مواد جامد محلول برای نمونه های مختلف در طول دوره نگهداری ۱۶ روزه در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی ٪۸۵

Figure 8- Total soluble solids of different samples over 16 days of storage at 10 ° C and relative humidity of 85%

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه های مختلف در شکل ۹ نشان داده شده است. امتیازات مربوط به رنگ خیار پس از گذشت دوره نگهداری نشاندهنده تغییرات رنگی میوه

است. رنگ سبز خیار بیشتر مربوط به حضور کلروفیل در میوه است که شامل کلروفیل a و b می‌باشد. کلروفیل a مسئول رنگ سبز میوه بوده و کلروفیل b مسئول رنگ زرد-سبز میوه است. رنگ خیار در طول زمان به دلیل تخریب کلروفیل از سبز به زرد تغییر می‌یابد (پاتل و پانیگراهی ۲۰۱۹). مقایسه میان تیمارهای مختلف از نظر فاکتور رنگ، کمترین امتیاز را برای نمونه شاهد و پس از آن نمونه‌های پوشش دهی شده با دو غلظت کربوکسی متیل سلولز را نشان داد. نمونه‌های پوشش دهی شده با اسانس مرزه بالاترین امتیاز را کسب نمودند. نتایج این مطالعه اثر مثبت پوشش دهی بر افزایش ماندگاری خیار را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به بو نمونه‌های مختلف کمترین امتیاز را برای نمونه شاهد و پس از آن نمونه های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز خالص نشان داد که علت آن مربوط به رشد کپک در این نمونه‌ها بود. افزودن مستقیم اسانس به غذا باعث کاهش سریع رشد میکروبی می‌شود هر چند ویژگی‌های حسی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (برت، ۲۰۰٤). بنابراین افزودن اسانس‌ها به پوشش‌ها یکی از راهکارهای حفظ بهتر اسانس به دلیل فراریت بالای آن و متعادل نمودن اثرات آن بر خواص حسی محصول است. همچنین با توجه به حلالیت بالای کربوکسی متیل سلولز در آب، امکان حذف کامل پوشش از سطح میوه و کاهش اثرات اسانس بر خواص حسی میوه وجود دارد. نتایج مربوط به پذیرش کلی تیمارهای مختلف نیز در شکل ۹ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود نمونه شاهد کمترین نمرات را در میان تیمارهای مختلف نشان داد به طوری که کلیه امتیازهای کسب شده برای این نمونه کمتر از ۳/۵ بدست آمد که بیانگر غیر قابل پذیرش بودن این نمونه از نظر فاکتورهای مورد بررسی می‌باشد. دلیل امتیاز کم برای نمونه شاهد مربوط به تغییرات رنگی (زردی و قهوه ای شدن)، چروکیدگی به دلیل افت زیاد رطوبت و آلودگی کپکی می‌باشد. پس از نمونه شاهد نمونه‌های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز خالص در هر دو غلظت بکار رفته (۱ و ۱/۵٪) امتیاز کمتری را کسب نمودند که دلیل آن می‌تواند مربوط به رشد میکروبی بیشتر در این دو نمونه با گذشت دوره نگهداری باشد. مقایسه نمونه‌های حاوی پوشش کربوکسی متیل سلولز خالص و حاوی اسانس‌های مرزه و زنجبیل میزان امتیاز بالاتری برای نمونه‌های حاوی اسانس را نشان داد. وجود اسانس‌های زنجبیل و مرزه در پوشش به دلیل اثرات ضد میکروبی اسانس‌های بکار رفته در فرمولاسیون پوشش، جلوی فعالیت میکروارگانیسم‌ها را گرفته که منجر به حفظ کیفیت خیار در طول دوره نگهداری می‌شود. مقایسه نمونه‌های با پوشش‌های حاوی دو اسانس مرزه و زنجبیل امتیاز بالاتری برای پوشش‌های حاوی اسانس مرزه در مقایسه با اسانس زنجبیل را نشان داد که می-تواند مربوط به اثرات ضد میکروبی قوی تر اسانس مرزه نسبت به زنجبیل باشد. این نتایج با نتایج آزمون‌های میکروبی که اثربخشی بالای پوشش‌های حاوی اسانس مرزه در حفظ کیفیت خیار را نشان دادند مطابقت دارد. همچنین بین نمونه‌های حاوی پوشش با دو سطح بکار رفته از دو اسانس مختلف، از نظر فاکتورهای مورد بررسی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بر اساس نتایج بدست آمده پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس مرزه به عنوان یک پوشش مناسب برای نگهداری خیار پیشنهاد می‌شود.



شکل ۹- نتایج ارزیابی حسی برای نمونه‌های مختلف

Figure 9- Results of sensory evaluation for different samples

نتیجه گیری

در این مطالعه اثرات پوشش‌های فعال برپایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس‌های زنجبیل و مرزه بر برخی ویژگی‌های خیار تازه در طول دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. امروزه استفاده از پوشش‌های ضد میکروبی مورد توجه زیادی قرار دارد زیرا آنها با ترکیبات طبیعی فرموله می‌شوند که تغییری در ظاهر محصول ایجاد نکرده و با تشکیل یک مانع فیزیکی در برابر عوامل خارجی و آزاد سازی کنترل شده ترکیبات ضد میکروبی از درون بستر پوشش، باعث افزایش مدت زمان ماندگاری محصول می‌شوند. در میان پوشش‌های مختلف بکار رفته در این مطالعه، پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس مرزه در هر دو سطح ۲۵۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام، اثربخشی بالاتری در حفظ کیفیت خیار نشان داد. با توجه به اینکه کربوکسی متیل سلولز یک بیوپلیمر محلول در آب می‌باشد لذا به راحتی قبل از مصرف شسته شده و هیچ گونه اثری از پوشش در سطح میوه باقی نخواهد ماند. نتایج این مطالعه به وضوح نشان می دهد که استفاده از پوشش‌های کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس مرزه اثر مثبتی بر حفظ کیفیت خیار داشته و با کاهش سرعت فرآیند رسیدن و پیری میوه، افزایش عمر ماندگاری خیار را موجب می‌شود.

منابع مورد استفاده

نوشیروانی ن، قنبرزاده ب، انتظامی ع ا، ۱۳۹۰. مورفولوژی، زاویه تماس و ویژگی های رنگی فیلم های بیونانوکامپوزیت نشاسته- پلی وینیل الکل- نانوکریستال سلولز. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۱(۲)، ۱۴۱-۱۵۴.

Burt S, 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods – a review. International Journal of Food Microbiology 94: 223-253.

Cagri A, Ustunol Z and Ryser ET, 2004. Antimicrobial edible films and coatings. Journal of Food Protection 67(4): 833-848.

Combrinck S, Regnier T and Kamatou GPP, 2011. In vitro activity of eighteen essential oils and some major components against common postharvest fungal pathogens of fruit. Industrial Crops and Products 33: 344–349.

Ebrahimi N, Ketabchi S and Rowshan V, 2017. Antibacterial effect and chemical composition of *Satureja bachtiarica*. Plant Protection Journal 8(2): 117-127.

Eshghi S, Hashemi M, Mohammadi A, Badii F, Mohammadhoseini Z and Ahmadi K, 2014. Effect of nanochitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (Fragaria × ananassa Duchesne) during storage. Food and Bioprocess Technology: 1-13.

Fasihi H, Fazilati M, Hashemi M and Noshirvani N, 2017. Novel carboxymethyl cellulose-polyvinyl alcohol blend films stabilized by Pickering emulsion incorporation method. Carbohydrate polymers 167: 79-89.

Fasihi H, Noshirvani N, Hashemi M, Fazilati M, Salavati, H and Coma, V, 2019. Antioxidant and antimicrobial properties of carbohydrate-based films enriched with cinnamon essential oil by Pickering emulsion method. Food Packaging and Shelf Life 19: 147-154.

Hashemi SMB, Khaneghah AM, Ghahfarrokhi MG and Eş I, 2017. Basil-seed gum containing *Origanum vulgare* subsp. viride essential oil as edible coating for fresh cut apricots. Postharvest Biology and Technology 125: 26-34.

Maleki G, Sedaghat N, Woltering EJ, Farhoodi M and Mohebbi M, 2018. Chitosan-limonene coating in combination with modified atmosphere packaging preserve postharvest quality of cucumber during storage. Journal of Food Measurement and Characterization 12(3): 1610-1621

Mesomo MC, Corazza ML, Ndiaye PM, Dalla Santa OR, Cardozo L and Scheer AdP, 2013. Supercritical CO_2 extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R): Chemical composition and antibacterial activity. The Journal of Supercrtitical Fluids 80: 44-49.

Mohammadi A, Hashemi M and Hosseini SM, 2015. Chitosan nanoparticles loaded with Cinnamomum zeylanicum essential oil enhance the shelf life of cucumber during cold storage. Postharvest Biology and Technology 110: 203–213.

Noshirvani N, Ghanbarzadeh B, Mokarram RR and Hashemi, 2017a. Novel active packaging based on carboxymethyl cellulose-chitosan-ZnO NPs nanocomposite for increasing the shelf life of bread. Food Packaging and Shelf Life 11: 106-114.

Noshirvani N, Ghanbarzadeh B, Gardrat C, Rezaei MR, Hashemi M, Le Coz C and Coma, V, 2017b. Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films. Food Hydrocolloids 70: 36-45.

Noshirvani N, and Fasihi H, 2018. Control of *Aspergilus niger* in vitro and in vivo by three Iranian essential oils. International Food Research Journal *25*(4): 1745-1752.

Olawuyi IF, Park JJ, Lee JJ and Lee, WY, 2019. Combined effect of chitosan coating and modified atmosphere packaging on fresh-cut cucumber. Food science & nutrition *7*(3): 1043-1052.

Ozturk M, 2012. Anticholinesterase and antioxidant activities of Savoury (*Satureja thymbra L*.) with identified major terpenes of the essential oil. Food Chemistry 134: 48-54

Patel C, and Panigrahi J, 2019. Starch glucose coating-induced postharvest shelf-life extension of cucumber. Food chemistry 288: 208-214.

Sanchez-Gonzalez L, Pastor C, Vargas M, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C, and Chafer M, 2011. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. Postharvest Biology and Technology 60: 57–63.

Sarker A, Deltsidis A, and Grift TE, 2021. Effect of aloe vera gel-carboxymethyl cellulose composite coating on the degradation kinetics of cucumber. Journal of Biosystems Engineering: 1-17.

Sivasothy Y, Chnog WK, Hamid A, Eldeem IM, Sulainam SF, and Awang K, 2011. Essential oils of Zingiber officinale var. rubrum Theilade and their antibacterial activities. Food Chemistry 124: 514–517.

Van Long NN, Joly C, and Dantigny P, 2016. Active packaging with antifungal activities. International Journal of Food Microbiology 220: 73–90.

Wen P, Zhu DH, Wu H, Zong MH, Jing YR, and Han SY, 2016. Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging. Food Control 59: 366-376.

Journal of Food Research, 2022,32(2):123-138
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: 10.22034/FR.2022.47564.1802

Effect of carboxymethyl cellulose based active coatings containing savory and ginger essential oils on shelf life and some postharvest properties of fresh cucumber

N Noshirvani[1*] and H Fasihi[2]

Received: December 23, 2021 Accepted: January 29, 2022

[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Tuyserkan Faculty of Engineering & Natural Resources, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2] Researcher of Hamedan Agricultural Engineering and Natural Resources Research Group, Research & Training Center, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Hamedan, Iran; Department of Medicinal and Aromatic Plants, University of Applied Science & Technology of Jihad-E Agriculture, Hamedan, Iran

Introduction: Preparation of edible coatings is considered as one of the effective ways to increase the shelf life of fresh fruits (Hashemi et al 2017). Edible films or coatings contain a continuous matrix of protein, polysaccharide or lipid (Cagri et al 2004). The use of edible coatings has an effect on the product by changing the atmosphere inside the package, reducing the microbial load and delaying weight loss and respiratory reactions, as well as protection against physical damages. CMC, as a cellulose-derived compound, is a biopolymer that has the ability to form gel and shows outstanding film-forming properties. Also other properties such as water solubility, transparency, odorless, tasteless, high viscosity, non-toxicity and flexibility with medium strength and permeability to moisture and gases make it a suitable option for coating preparation (Fasihi et al 2017). Active packaging involves the addition of specific compounds to the film or packaging coating or inside packaging containers in order to increase the shelf life of the product. The most important benefit of adding active compounds to films and packaging coatings is the slow release of antimicrobial compounds from the packaging material, which results in high concentrations of the active compound at the product surface for a long time. This method is more effective than adding antimicrobial agent directly by spraying its solution on the surface of the product (Noshirvani et al 2017a). Spices and herbs are widely used in the food industry as flavorings. Recently, a large number of spices or essential oils have been identified as antimicrobial and antioxidant compounds. Many natural compounds, such as essential oils and their constituents, are recognized by the US Food and Drug Administration (GRAS) as healthy ingredients. Ginger and savory have outstanding antimicrobial and antioxidant properties and many studies have been done on these properties. The use of savory and ginger essential oils as strong antimicrobial compounds in the structure of active coatings can improve the quality properties of fresh cucumber. The aim of this study was to prepare active coatings based on CMC containing ginger and savory essential oils in two concentrations of 250 and 1000 ppm in order to preserve fresh cucumber.
Material and methods: CMC based active coatings containing two levels (250 and 1000 ppm) of ginger and savory essential oils were prepared. In order to prepare coatings, CMC with two

concentrations of 1 and 1.5% (w / v) was dissolved in distilled water and Tween 80 was added as emulsifier (25% w/w essential oil). Then different concentrations of savory and ginger essential oils (250 and 1000 ppm) were added after passing through the filtered syringe. Cucumbers were immersed in the solution for 3 minutes and then dried for 12 hours at 25°C. The samples were placed in polyethylene bags and stored at 10°C. To prepare the control sample, fresh cucumbers were placed in distilled water for one minute. The effect of coating on some properties of fresh cucumber such as weight loss, pH, acidity, total soluble solids, color, microbial count and sensory properties of coated cucumbers were examined during a 16-day storage period at 10°C. Fresh uncoated cucumbers were considered as control sample.

Results and discussion: Based on the results, the use of active coatings containing ginger and savory essential oils significantly reduced weight loss and microbial growth in cucumber. The content of weight loss for the control sample was 13.6% after 16 days, while the samples containing the coating showed less weight loss. Weight loss is one of the most important changes after fruit harvest due to the migration of moisture from the surface of the fruit to the environment and its extent depends on the difference in water vapor pressure between the fruit tissue and the surrounding atmosphere (Sarker and Partners 2021). In addition, fruit respiration may lead to weight loss. Applying the coating on the fruit surface acts as a barrier against the passage of moisture from the fruit to the environment and reduces weight loss. Also, the reduction in fruit weight loss is probably related to the effects of the coating as a semi-permeable barrier against oxygen, carbon dioxide, moisture and solids, and thus will be associated with reduced respiration rate, weight loss and rate of oxidation reactions. The results indicated that in the treatments that used savory essential oil, the microbial spoilage of the fruit was reduced and the firmness of the fruit tissue was maintained. The treatment containing CMC coating was better controlled weight loss due to fruit moisture retention and increased the firmness of cucumber compared to the control sample at each stage of storage time. According to the results, the yellow color in all samples increased over time, which indicates a decrease in the green color of cucumber peel. However, the coated samples showed less yellow color than the control sample. Therefore, the presence of coating seems to reduce chlorophyll degradation by delaying fruit ripening and aging. The amount of total soluble solids, pH and acidity in the control sample changed more than the samples containing the coating due to the high rate of metabolic activities. The results of sensory evaluation indicated the lowest scores for control among the different samples, so that all scores obtained for this sample were below 3.5, which indicates that this sample is unacceptable in terms of the factors under study. The reason for the low score for the control sample is related to color changes (yellowing and browning), shrinkage due to high moisture loss and mold contamination. After the control sample, the samples coated with pure CMC in both concentrations used scored lower because of the microbial growth in these two samples after the storage period. Comparison of samples containing pure CMC coating and containing savory and ginger essential oils showed a higher score for samples containing essential oil. The presence of ginger and savory essential oils in the coating due to the antimicrobial effects of the essential oils used in the coating formulation prevents the activity of microorganisms, which leads to maintaining the quality of cucumber during storage. Comparison of samples with savory and ginger essential oils showed a higher score for savory compared to ginger essential oil, which is related to the stronger antimicrobial effects of savory essential oil than ginger.

Conclusion: Among the different coatings used in this study, the coating of CMC containing savory essential oil at both 250 and 1000 ppm concentrations showed a higher effectiveness in maintaining the quality of fresh cucumber. Due to the fact that CMC is a water-soluble biopolymer, so it is easily washed before consumption and no trace of coating will remain on the surface of the fruit. Based on the results, the use of CMC coating containing savory essential oil at both 250 and 1000 ppm concentrations indicated lower weight loss, desirable stiffness, better preservation of color, good

microbial quality and sensory properties which is associated to strong antimicrobial properties of savory essential oil along with the presence of CMC coating.

Keywords: Cucumber, Antimicrobial coating, Carboxymethyl cellulose, Savory essential oil, Ginger essential oil