نشریه علمی «علوم و فنون بسته‌بندی»
سال سیزدهم، شماره ۵۰، تابستان ۱۴۰۱؛ ص ۳۴- ۲۹

علمی – ترویجی

مروری بر درون‌پوشانی زداینده‌های اتیلن به‌منظور افزایش انبارمانی محصولات فرازگرا

رکسانه فرهادی[۱]، علیرضا مهرگان نیکو[*۲]، امیر پورفرزاد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

۲ و ۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹ ، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹)

چکیده

رسیدن و فساد پس از برداشت محصولات فرازگرا نظیر سیب، موز، کیوی و گوجه‌فرنگی، تحت تأثیر اتیلن، سرعت بیشتری پیدا می‌نماید و به‌منظور افزایش زمان ماندگاری این فرآورده‌ها، زدودن این گاز از فضای نگهداری آن‌ها، امری ضروری می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، از زداینده‌های اتیلن، بسته به نوع، عملکرد و یا هدف خاص، در حالت آزاد و یا درون‌پوشانی شده بهره‌برداری می‌شود. زداینده‌های اتیلن بر مبنای مکانیسم‌های مختلف نظیر اکسیداسیون، بازدارندگی و جذب عمل می‌نمایند که به‌عنوان مثال، در هر مکانیسم می‌توان پرمنگنات پتاسیم، ۱- متیل سیکلوپروپن و زئولیت را نام برد. به‌طورکلی هر نوع درون‌پوشانی، عملکرد و مزایای خاص خود را به همراه دارد؛ از میان این روش‌ها می‌توان به تثبیت ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روی بسترهای غیرآلی و بی‌اثر نظیر شیشه بوروسیلیکات و کوارتز، آغشته‌سازی پرمنگنات پتاسیم درون ماتریسی خنثی، نظیر آلومینا، سیلیکاژل و زئولیت، پوشش‌های فوتوکاتالیستی دی‌اکسید تیتانیوم تثبیت‌شده در شبکه‌های فوم پلی‌اتیلنِ منبسط‌شده و استفاده از ژلاتین و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به‌عنوان ماتریس‌های آب‌گریز و آب‌دوست برای ادغام دی‌اکسید تیتانیوم اشاره نمود. در این مطالعه به بررسی روش‌های مختلف زدودن اتیلن و نحوه درون‌پوشانی آن‌ها پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: زدودن اتیلن، فرازگرا، درون‌پوشانی ترکیبات

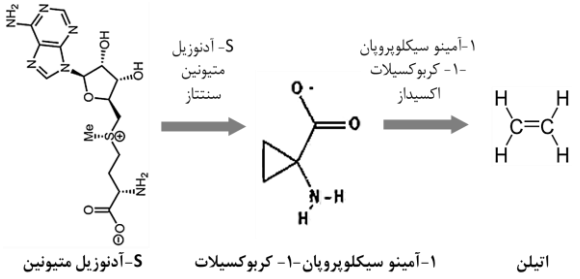
۱- مقدمه

۱-۱- فساد محصولات باغی فرازگرا

میوه‌ها با مکانسیم‌های رسیدگی متفاوت در دو دسته فرازگرا[۲] و نافرازگرا[۳] قرار می‌گیرند. رسیدگی میوه‌های فرازگرا با به اوج رسیدن تنفس و افزایش چشمگیر اتیلن همراه است درحالی‌که در میوه‌های نافرازگرا، تنفس تغییر چندانی نکرده و اتیلن به مقدار ناچیز تولید می‌شود. از جمله میوه‌های فرازگرا می‌توان به سیب، موز، گلابی، آووکادو، گوجه‌فرنگی اشاره نمود که در آن‌ها روند تدریجی تولید اتیلن هنگام رسیدن از ۳۰ تا ۵۰۰ پی پی ام بر کیلوگرم در ساعت متغیر است؛ درصورتی‌که در میوه‌های نافرازگرا نظیر پرتقال، لیمو، توت‌فرنگی و آناناس این مقدار از ۰/۱ تا ۰/۵ پی پی ام بر کیلوگرم در ساعت می‌باشد [۱ و ۲]. بررسی‌ها نشان داده‌اند که اتیلن بر رونویسی و ترجمه ژن‌های مربوط به رسیدگی میوه تأثیرگذار است [۳]. رسیدگی میوه با نرم شدن آن همراه است که عامل مهمی در کیفیت و مشتری‌پسندی تلقی می‌گردد. ترشح خود کاتالیزوری اتیلن در میوه‌های فرازگرا، میزان رسیدگی آن‌ها را سرعت می‌بخشد [۴]. اتیلن ساده‌ترین هورمون گیاهی است که شامل ۲ کربن و ۴ هیدروژن بوده و اهمیت زیادی را در تنظیم پاسخ گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارا می‌باشد. گیاه در پاسخ به بیشترِ تنش‌ها، اتیلن تولید می‌کند که اثر کاهشی بر رشد گیاه نیز دارد. در تولید اتیلن، S-آدنوزیل متیونین توسط S- آدنوزیل متیونین سنتتاز به ۱- آمینو سیکلوپروپان- ۱- کربوکسیلات تبدیل شده و متعاقباً توسط ۱- آمینو سیکلوپروپان-۱- کربوکسیلات اکسیداز به اتیلن تبدیل می‌شود (شکل (۱) [۵]. در زمان برداشت میوه کیوی سطح اتیلن در آن پایین است درحالی‌که پس از برداشت، کیوی حساسیت بسیار بالایی به این هورمون داشته و در کمینه غلظت ۰/۰۳ پی پی ام رسیدگی زودرس و نرم شدگی در آن اتفاق می‌افتد [۶]. در کیوی نرخ تولید اتیلن در دمای پایین‌تر از ۱۰ درجه سلسیوس تقریباً صفر است درحالی‌که بین ۳۰ تا ۳۴ درجه سلسیوس به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس کم می‌گردد [۷ و ۸]. ترشح اتیلن منجر به تسریع فساد میوهس می‌گردد که عوامل مختلفی از جمله گونه، دما، میزان بلوغ و آسیب‌های فیزیکی در سرعت ترشح آن دخیل می‌باشند [۶].

[*] نویسنده مسئول: a.mehregan@guilan.ac.ir

[1] Climacteric
[2] Non-climacteric



شکل (۱). فرایند تولید اتیلن

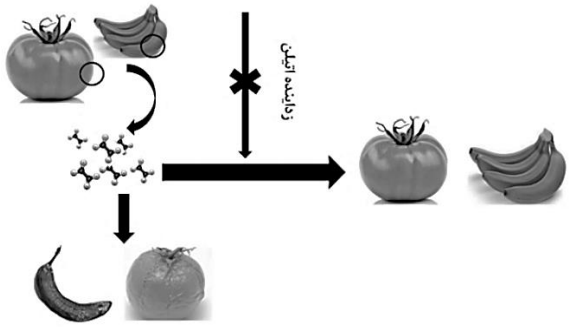
۱-۲- روش‌های جلوگیری از فساد با حذف اتیلن

برای کنترل فساد میوه‌های فرازگرا روش‌های مختلفی شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به کار گرفته می‌شود. به‌عنوان مثالی از روش‌های فیزیکی می‌توان استفاده از اتمسفر کنترل‌شده و یا اتمسفر اصلاح‌شده را برای آووکادو را نام برد که عمر انبارداری آن را به دو برابر حالت عادی افزایش می‌دهد. همچنین نگهداری گوجه‌فرنگی در اتمسفر با سطح اکسیژن پایین و دی‌اکسید کربن بالا، عملکرد اتیلن برون‌زا را که تعیین‌کننده بیشتر ویژگی‌های رسیدگی در اتمسفر کنترل شده است مهار می‌کند [۹]. از دیگر روش‌ها می‌توان به نگهداری در انبار سرد[1] اشاره نمود، که در این شرایط، عمر نگهداری میوه‌های نرسیده و کاملاً رسیده بدون کاهش کیفیت حسی و خوراکی میوه، نسبت به شرایط محیطی افزایش می‌یابد [۱۰]. قرارگیری گوجه‌فرنگی در معرض اتانول یا بخار متیل جاسمونات منجر به افزایش سفتی و فساد دیرتر میوه می‌گردد که از روش‌های شیمیایی به حساب می‌آید [۱۱]. همچنین در گوجه‌فرنگی تراریخته به‌عنوان روش بیولوژیکی با ایجاد تغییراتی در RNA می‌توان تولید اتیلن را تا ۹۷ درصد کاهش داد [۱۲]. تکنولوژی‌های گوناگونی برای کنترل اتیلن در میوه‌های فرازگرا وجود دارد؛ از جمله سرکوب اتیلن با کنترل دما یا اتمسفر، حذف اتیلن توسط تابش فرابنفش در خلأ، اکسیداسیون ازن، پرمنگنات پتاسیم یا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و یا جذب سطحی توسط موادی با اساس کربن، مواد معدنی آلومینوسیلیکات، خاک رس با اساس دی‌اکسید تیتانیوم و یا بازدارندگی توسط تیمار ۱-متیل سیکلوپروپن [۱۳].

۱-۲-۱- حذف اتیلن با ترکیبات مختلف

یکی از مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش‌های نگهداری میوه‌های فرازگرا استفاده از ترکیبات زداینده اتیلن از محیط نگهداری آن‌هاست که از طریق مکانیسم‌های مختلف که در (شکل **۲**) نمایش داده شده است سبب حذف اتیلن از محیط نگهداری میوه می‌شوند. در ادامه به معرفی این ترکیبات و مکانیسم همراهِ آن‌ها، پرداخته می‌شود.

[1] Cool Chamber



شکل (۲). تأثیر زدودن اتیلن در میوه‌های فرازگرا

۱-۲-۱-۱- ترکیبات اکسنده[2]

انواع بسیاری از اکسیدکننده‌های اتیلن از جمله ازن، پرمنگنات پتاسیم، دی‌اکسید تیتانیوم وجود دارند که در این میان پرمنگنات پتاسیم به علت قدرت اکسیداسیونی بالا استفاده‌ای گسترده دارد [۱۴]. مکانیسم اکسیداسیون اتیلن توسط پرمنگنات پتاسیم بر اساس مفهوم اکسیداسیون آلکن است. به‌این‌ترتیب، پرمنگنات پتاسیم از طریق پایانه‌های اکسیژن غنی از الکترون به پیوند دوگانه کربن-کربن حمله می‌کند. پرمنگنات پتاسیم قادر است طی واکنش اکسیدکننده، اتیلن را به استات اتانول تبدیل نموده که ترکیبات حاصل، اثر نامطلوبی بر محصول تازه ندارد [۱۵]. پرمنگنات پتاسیم به علت سمی بودن و تأثیر نامطلوب بر ماده غذایی در طی زمان در رطوبت بالا، نباید در تماس مستقیم با ماده غذایی استفاده شود [۱۶]. جهت این منظور و برای استفاده مؤثرتر از پرمنگنات پتاسیم، آن را بر ماتریس‌های معدنی خنثی نظیر سیلیکاژل و آلومینا تثبیت[3] می‌نمایند.

از دیگر اکسنده‌ها نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم هستند که به دلیل فعالیت سطحی بالاتر و واکنش‌پذیری قوی‌تر، می‌توانند اتیلن را به کربن دی‌اکسید و آب و اکسید کنند. نانوذرات قادرند گاز اتیلن را با استفاده از واکنش فوتوکاتالیستی اکسید نمایند [۱۷].

۱-۲-۱-۲- جاذب[4]

مواد متخلخل دارای مساحت سطحی ویژه[5] بالایی هستند که آن‌ها را می‌توان از جاذب‌های مؤثر اتیلن برشمرد. جاذب‌ها شامل زئولیت، کربن فعال، نانوگویچه‌های کربن، اکسید فلز متخلخل سیلیکاژل هستند که اتیلن آزادشده توسط میوه و سبزی را به‌طور مؤثری جذب می‌نمایند [۱۸]. کربن فعال شکلی از کربن است که از تجزیه حرارتی ماده کربنی حاصل می‌شود. این ماده ساختار متخلخل و غیرکریستالی دارد و به سه فرم گرانولی،

[2] Oxidizer
[3] Immobilize
[4] Adsorbent
[5] Specific Surface Area

فیبری و پودری مورداستفاده قرار می‌گیرد [۱۹ و ۲۰]. در مطالعه‌ای که توسط [۲۱] انجام شد، کربن فعال به دو صورت گرانولی و پودری توان خوبی در جذب اتیلن گوجه‌فرنگی نشان داد که البته کربن فعال گرانولی قادر به حذف اتیلن بیشتری بود.

از دیگر جاذب‌ها که به‌منظور حذف اتیلن در صنعت و کشاورزی بسیار موردتوجه قرار گرفته است می‌توان به زئولیت اشاره نمود؛ بنابراین، زداینده‌های اتیلن با پایه زئولیت کاربرد تجاری فراوان دارند. ویژگی که زئولیت را از دیگر جاذب‌ها متمایز می‌کند، تخلخل به همراه ساختار سه‌بعدی و همچنین خاصیت تبادل کاتیونی و خاصیت جذب سطحی و جداسازی مولکولی است. از این ماده برای تولید مواد بسته‌بندی از جمله فیلم‌ها استفاده می‌شود [۲۲ و ۲۳].

بااین‌وجود، اشکالاتی به جاذب‌ها وارد است از جمله اینکه اتیلن به سطح جاذب جذب می‌شود اما تجزیه نمی‌گردد، در جاذب‌ها امکان وقوع پدیده دفع وجود دارد، بازده جاذب به‌مرور زمان کاهش می‌یابد و در آخر، جاذب‌ها پس از اشباع شدن نیاز به جایگزینی دارند [۲۴].

۱-۲-۱-۳- بازدارنده[1]

از بازدارنده‌های اتیلن می‌توان به ۱- متیل سیکلوپروپن اشاره کرد که با رقابت با اتیلن بر گیرنده‌های اتیلن و ممانعت از اتصال اتیلن به گیرنده، منجر به تضعیف نقش اتیلن می‌گردد چراکه در مقایسه با اتیلن تأثیر قوی‌تری روی گیرنده دارد. ۱- متیل سیکلوپروپن، با مهار بیان چند فاکتور رونویسی، مانع رسیدن بیش‌ازحد میوه می‌شود. همچنین با کاهش بیان ژن مرتبط با دیواره سلولی، مانند پلی گالاکتروناز و اکسپانسین از نرم شدن کیوی جلوگیری می‌کند. اثر این گاز بازدارنده حتی پس از حذف آن از محیط پایدار است [۱۴].

۱-۲-۲- درون‌پوشانی زداینده‌های اتیلن

ازآنجاکه تنها نیروی محرکه موجود بین اتیلن و پرمنگنات پتاسیم، انتشار و همرفت طبیعی است، به‌منظور کاهش غلظت اتیلن و تأثیر فزاینده در فضا، نیاز است مساحت سطحی[2] افزایش یابد. با آغشته‌سازی[3] پرمنگنات پتاسیم درون ماتریسی خنثی، مانند آلومینا، سیلیکاژل و ورمیکولیت، سلیت، رس، زئولیت مساحت سطحی و در نتیجه حذف اتیلن افزایش [۲۵ و ۲۷]. در مطالعه دیگری [۲۸] نانوساختارهای زداینده اتیلن شامل پرمنگنات پتاسیم که با نانوذرات سیلیکا و آلومینا درون‌پوشانی شده برای حذف اتیلن در بسته‌های گوجه‌فرنگی به کار برده شد.

در پژوهشی [۲۹] محلول اشباع پرمنگنات پتاسیم به میزان ۵۰ میلی‌لیتر بر آجرهای رسی با ابعاد ۹ ×۴/۵ ×۴/۵ سانتی‌متر آغشته‌سازی شد و پس از خشک شدن در آفتاب به‌عنوان جاذب اتیلن استفاده شد. آجرها به‌منظور اجتناب از تماس مستقیم پرمنگنات پتاسیم با محصول در کیسه‌های پلی‌اتیلن با چگالی بالا پیچیده و برای جلوگیری از لکه‌دار شدن پوست میوه‌های موز استفاده شد. غلظت اتیلن درون بسته‌های حاوی جاذب اتیلن به‌طور قابل‌توجهی با نمونه‌های بسته‌بندی‌شده بدون جاذب اتیلن متفاوت بود و جاذب‌های بسته‌بندی نشده در حذف اتیلن نسبت به جاذب‌های پیچیده شده در پلی‌اتیلن موفق‌تر بودند.

در پژوهشی که سال ۲۰۶ انجام شد [۲۱] با استفاده هم‌زمان از دو روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و آغشته‌سازی کربن فعال گرانولی با پالادیوم استات به غلظت ۱ درصد از ترکیب یاد شده دست یافته و از آن برای حذف اتیلن در ساشه‌های حاوی ۵ گرم کربن فعال گرانولی، ۵ گرم ترکیب کربن فعال گرانولی به همراه پالادیوم استات استفاده کردند. ساشه‌ها در بسته‌های گوجه‌فرنگی قرار گرفتند و در کنار بسته شاهد در دمای ۸ درجه سلسیوس و رطوبت ۹۰ درصد در تاریکی نگهداری شدند. افزودن کربن فعال، به‌خصوص ترکیب کربن فعال و پالادیوم، تجمع اتیلن را به‌طور مؤثری در بسته‌های دارای اتمسفر اصلاح شده کاهش داد. ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی مانند آبدار بودن، رنگ، شیرینی و سفتی نیز در گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده نسبت به گوجه‌فرنگی شاهد، امتیاز بیشتری دریافت کردند. در مطالعه [۳۰] فیلم‌های نانوکامپوزیت با اساس الاستومر پلی الفین[4] شامل نانوذرات سلیس و رس با آغشته‌سازی با پرمنگنات پتاسیم ساخته شدند. در این نانوکامپوزیت‌ها حذف اتیلن چشمگیرتر و نفوذپذیری بخار آب کمتر مشاهده شد. نانوکامپوزیت‌های مذکور همچنین ماندگاری موز در دمای اتاق را افزایش دادند. برای استفاده از دی کسید تیتانیوم به‌منظور حذف اتیلن در بسته‌های میوه و سبزی، می‌توان آن را روی شبکه‌های فوم پلی‌اتیلنی بسط یافته[5] به کار برد. بدین منظور می‌توان دیسپرسیونی از ژلاتین و دی‌اکسید تیتانیوم تهیه نمود و روی شبکه‌های فوم پلی‌اتیلنی بسط یافته با روش غوطه‌وری پوشش داد[6] [۳۱]. فونسکا و همکاران [۳۲] برای کاهش اتیلن، فیلم‌های نانوکامپوزیت ژلاتین- دی‌اکسید تیتانیوم و هیدروکسی پروپیلن متیل سلولز- دی‌اکسید تیتانیوم را تهیه نموده و پس از ارزیابی مناسب‌ترین فرمولاسیون، آن‌ها را بر فوم‌های پلی‌اتیلنی بسط یافته پوشش دادند. ترکیبات حاصل در شرایطی مشابه شرایط

[1] Inhibitor
[2] Surface area
[3] Impregnation
[4] Polyolefin
[5] Expanded polyethylene
[6] Coating

نگهداری میوه‌ها قرار داده شدند. نتایج نشان‌دهنده کاهش اتیلن بدون نیاز به اندازه‌گیری آن به‌علت مقدار بسیار ناچیز اتیلن بود. تاکنون روش‌های متعددی برای تثبیت[1] دی‌اکسید تیتانیوم در بستر[2] مناسب به‌منظور کاهش اتیلن یا میکروارگانیسم‌ها به کار گرفته شده. میان این سیستم‌ها تثبیت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در ماتریس بیوپلیمری از جمله کیتوزان، نشاسته، ژلاتین، پروتئین آب پنیر، پروتئین سویا، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز[3]، پلی لاکتیک اسید و سلولز استات نشان‌دهنده اثرات نویدبخش بوده‌اند [۳۲]. برای بهره‌گیری از دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان زداینده اتیلن می‌توان از دو سیستم استفاده نمود. دسته اول رآکتورهایی هستند که از مواد غیرآلی مانند بوروسیلیکات یا کوارتز ساخته شده و با دی‌اکسید تیتانیوم تلقیح[4] شده و یا رآکتورهایی ساخته شده از مواد غیرآلی که دی‌اکسید تیتانیوم بر آن‌ها تثبیت شده است. دسته دوم نانوکامپوزیت‌هایی مبتنی بر پلیمرها و دی‌اکسید تیتانیوم به ترتیب به‌عنوان فاز پیوسته و پراکنده هستند. این مواد عمدتاً به‌عنوان فیلم و پوشش استفاده می‌شوند و واکنش‌های فوتوکاتالیستی تجزیه اتیلن عموماً در سیستم‌های بسته[5] انجام می‌شود [۳۳].

به جهت استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم برای زدودن اتیلن و تأخیر رسیدگی میوه، می‌توان آن را به‌صورت فیلم‌ها، نانوفیبرها، پوشش‌ها یا گویچه‌های روی ماتریس‌های پلیمری تثبیت نموده و از نانوکامپوزیت‌های حاصل استفاده کرد [۳۳]. به‌منظور بهبود نگهداری گوجه‌فرنگی گیلاسی نانوفیبرهای زئین و دی‌اکسید تیتانیوم که با الکتروریسی[6] تهیه شدند، به‌عنوان زداینده اتیلن با روش درون‌پوشانی[7] مورداستفاده قرار گرفتند. زئین ۳۰ درصد وزنی حجمی، در اتانول ۷۰ درصد حجمی حل شد سپس با دی‌اکسید تیتانیوم از ۰ الی ۵ درصد ترکیب شد. اثر ترکیب حاصله به مدت ۲۲ روز بر گوجه‌فرنگی گیلاسی بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده کاهش غلظت اتیلن بود که بیان‌کننده پتانسیل معنی‌دار ترکیب به‌عنوان بسته‌بندی فعال[8] بود [۳۴].

۱-۲-۳- استفاده از زداینده‌های اتیلن در محصولات مختلف

بر اساس بررسی‌هایی که تاکنون انجام شده است، سیب میوه فرازگرایی است که بسیار حساس به اتیلن است [۳۵]. به‌منظور جلوگیری از تأثیر اتیلن بر سیب، از زداینده‌های اتیلن از جمله پرمنگنات پتاسیم با بستر آلومینا در بسته‌های پلی‌اتیلنی [۳۶] و فیلم‌های پلی وینیل کلراید[9] فعال پوشیده[10] شده با نانوزینک اکسید استفاده شد. در هر دو بررسی نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت زداینده‌ها بر کاهش میزان اتیلن و حفظ کیفیت سیب بودند.

در مطالعه‌ای دیگر، به‌منظور حذف اتیلن و افزایش عمر انبارداری، سیب با ۱-متیل سیکلو پروپیلن تیمار شد و با مکانسیم بازدارندگی اتیلن باعث کاهش میزان آن و تأخیر در نرخ رسیدگی سیب گردید همچنین میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنولیک به‌طور معنی‌داری حفظ شد [۳۷].

در مطالعه [۳۸] فیلم‌های نانوفیبری، شامل درصدهای متفاوتی از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تشکیل‌شده با روش الکتروریسی[11] برای بهبود کیفیت موز در دوره نگهداری، کاهش میزان اتیلن و کاهش سرعت رسیدگی موز به کار برده شدند. این بررسی نشان‌دهنده پتانسیل نانوفیبرهای دی‌اکسید تیتانیوم در به تأخیر انداختن تغییر رنگ و نرم‌شدگی موز بوده همچنین بیان‌کننده توانایی این نانوفیبرها در کاهش فتوکاتالیستی اتیلن است.

مطالعه دیگری با هدف بررسی تأثیر جاذب اتیلن بر موز انجام شد و در آن موز در دمای ۱۴ و ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد نگهداری شد. موزها در کنار ساشه‌هایی تجاری شامل پرمنگنات پتاسیم بر روی ماده‌ای خنثی نگهداری شدند. این جاذب‌ها توانستند تأخیر خرابی موز با کاهش میزان اتیلن در فضای نگهداری را به همراه داشته باشند به‌طوری‌که نمونه‌های حاوی جاذب در مقایسه با نمونه‌های شاهد، به میزان ۲ درصد کاهش وزن کمتری داشتند [۳۹]. در مطالعه [۴۰] که بر میزان زداینده اتیلن لازم در نگهداری گوجه‌فرنگی تمرکز دارد، زداینده‌هایی از جمله نانوزئولیت‌های توسعه‌یافته[12] با پالادیوم، نانوزئولیت‌های توسعه‌یافته با پرمنگنات پتاسیم، ۱-متیل سیکلوپروپن، کلسیم کلرید، سالیسیلیک اسید و UV-C به کار گرفته شدند. در روزهای متوالی از میوه‌ها نمونه‌برداری شد و نتایج نشان داد تأثیر زداینده‌های مذکور به ترتیب پالادیوم> پرمنگنات پتاسیم ۱>-متیل سیکلوپروپن> کلسیم کلرید= سالسیلیک اسید UV-C> می‌باشد. [۴۱] زداینده‌های اتیلنی را برای افزایش ماندگاری میوه انبه تولید کردند. در این کار از لایه وانیلین-کیتوزان با پوشش زئولیت و کربن فعال با مقادیر متفاوت بهره گرفتند و تغییرات را طی ۳۰ روز موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تغییرات کاهش وزن، سفتی، اسیدیته قابل تیتر،

[1] Immobilizing
[2] Matrix
[3] HPMC
[4] Impregnation
[5] Batch
[6] Electrospinning
[7] Encapsulation
[8] Active packaging
[9] PVC
[10] Coat
[11] Electrospinning
[12] Promoted

مواد جامد محلول و رنگ در انبه‌هایی که توسط لایه‌های زداینده اتیلن پوشانیده شده بودند، در مقایسه با نمونه‌های شاهد کمتر بود.

۲- نتیجه‌گیری

فیتوهورمون اتیلن اثرات مفید و مضر متعددی بر کیفیت پس از برداشت و عمر انباری میوه و سبزیجات دارد. با توجه به چالش جهانی کنونی کاهش تلفات پس از برداشت و ضایعات میوه و سبزیجات، اهمیت مدیریت اتیلن در زنجیره تأمین بسیار مهم است. استفاده از مهارکننده‌های اتیلن در بسته‌بندی از هر شکلی، در افزایش عمر مفید میوه و نیز کیفیت فیزیکی محصولات تازه تائید شده است. بهره‌گیری از زداینده‌های اتیلن به‌منظور افزایش ماندگاری میوه‌ها، نیاز به بستری مناسب برای درون‌پوشانی آن‌ها دارد. از اهداف کلی درون‌پوشانی ذرات زداینده اتیلن، می‌توان به ایجاد ممانعت در برابر مهاجرت این ذرات به ماده غذایی اشاره کرد. روش‌های مختلف درون‌پوشانی و بستر مناسب آن‌ها، بسته به مکانیسم عمل، برای هر یک از زداینده‌ها متفاوت است. بنابراین درون‌پوشانی این ذرات با اهداف مختلف و منحصربه‌فرد انجام می‌گردد. روش‌های درون‌پوشانی در نحوه عملکرد و میزان حذف اتیلن مؤثر است. به‌عنوان مثال ضخامت کامپوزیت‌ها در فعالیت فوتوکاتالیستی دی‌اکسید تیتانیوم تأثیر بسزایی دارد. همچنین تجمع دی‌اکسید تیتانیوم بدون بهره‌گیری از روش مناسب درون‌پوشانی، باعث پراکندگی اشعه فرابنفش شده و اثر فوتوکاتالیستی را کاهش می‌دهد. به‌منظور افزایش عملکرد زداینده‌های اتیلن، پراکندگی آن‌ها در بستر به کمک روش‌های مختلف از جمله پراش پرتو ایکس[1] و میکروسکوپ الکترونی[2] بررسی می‌گردد. بنابر مطالعات انجام شده استفاده از زداینده‌ها و درون‌پوشانی مناسب آن‌ها به حفظ ویژگی‌های کیفی، مشتری‌پسندی میوه و ماندگاری طولانی‌تر آن کمک می‌کند.

۳- مراجع

[1] A. Payasi & G. Sanwal, “Ripening of climacteric fruits and their control,” J. Food Biochem., vol. 34, no. 4, pp. 679–710, Aug. 2010.

[2] G. Paliyath, D. Murr, A. Handa, & S. Lurie, "Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers," John Wiley & Sons. Rep. 99-03, 2009.

[3] J. Deikman, “Molecular mechanisms of ethylene regulation of gene transcription,” Physiol. Plant., vol. 100, no. 3, pp. 561-566, Jul. 1997.

[4] L. Alexander & D. Grierson, “Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening,” J. Exp. Bot., vol. 53, no. 377, pp. 2039-2055, 2002.

[5] H. Klee & J. Giovannoni, “Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes,” Annu. Rev. Genet., vol. 45, pp. 41-59, 2011.

[6] N. K. Meena, M. Baghel, S. K. Jain, & R. Asrey, “Postharvest Biology and Technology of Kiwifruit,” Postharvest Biol. Technol. Temp. Fruits, pp. 299-329, 2018.

[7] M. D. C. Antunes, I. Pateraki, A. K. Kanellis, & E. M. Sfakiotakis, “Differential effects of low-temperature inhibition on the propylene induced autocatalysis of ethylene production, respiration and ripening of ‘Hayward’ kiwifruit,” J. Hortic. Sci. Biotechnol., vol. 75, no. 5, pp. 575-580, 2000.

[8] M. Antunes & E. Sfakiotakis, “Chilling induced ethylene biosynthesis in ’Hayward’ kiwifruit following storage,” Sci. Hortic. (Amsterdam)., vol. 92, no. 1, pp. 29–39, 2002.

[9] M. Bourne, “Principles of objective texture measurement,” Food texture viscosity. Concept Meas., pp. 107–188, 2002.

[10] A. Noomhorm & N. Tiasuwan, “Controlled atmosphere storage of mango fruit, MANGIFERA INDICA L. cv. RAD,” J. Food Process. Preserv., vol. 19, no. 4, pp. 271-281, Aug. 1995.

[11] N. G. Tzortzakis & C. D. Economakis, “Maintaining postharvest quality of the tomato fruit by employing methyl jasmonate and ethanol vapor treatment,” J. Food Qual., vol. 30, no. 5, pp. 567-580, Oct. 2007.

[12] A. Hamilton, G. Lycett, & D. Grierson, “Antisense gene that inhibits synthesis of the hormone ethylene in transgenic plants,” Nature, vol. 346, no. 6281, pp. 248-287, 1990.

[13] B. Hu, D. Sun, H. Pu, & Q. Wei, “Recent advances in detecting and regulating ethylene concentrations for shelf-life extension and maturity control of fruit: A review,” Trends food Sci. Technol., vol. 91, pp. 66-82, 2019.

[14] H. Wei, F. Seidi, T. Zhang, Y. Jin, & H. Xiao, “Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: A review,” Food Chem., vol. 337, p. 127750, 2021.

[15] K. Sadeghi, Y. Lee, & J. Seo, “Ethylene scavenging systems in packaging of fresh produce: A review,” Food Rev. Int., vol. 37, no. 2, pp. 155-176, 2019.

[16] S. Yildirim et al., “Active packaging applications for food,” Food Sci. Food Saf., vol. 17, no. 1, pp. 165-199, Jan. 2018.

[17] M. Hussain, S. Bensaid, F. Geobaldo, G. Saracco, & N. Russo, “Photocatalytic degradation of ethylene emitted by fruits with TiO 2 nanoparticles,” Ind. Eng. Chem. Res., vol. 50, no. 5, pp. 2536-2543, Mar. 2011.

[18] T. Janjarasskul & P. Suppakul, “Active and intelligent packaging: The indication of quality and safety,” Crit. Rev. Food Sci. Nutr., vol. 58, no. 5, pp. 808-831, Mar. 2018.

[19] G. Sneddon, A. Greenaway, & H. H. P. Yiu,

[1] XRD
[2] SEM

"The potential applications of nanoporous materials for the adsorption, separation, and catalytic conversion of carbon dioxide," Adv. Energy Mater., vol. 4, no. 10, Jul. 2014.

[20] D. Martínez-Romero et al., "Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: A review," Crit. Rev. Food Sci. Nutr., vol. 47, no. 6, pp. 543-560, Aug. 2007.

[21] G. Bailén, F. Guillén, S. Castillo, M. Serrano, D. Valero, & D. Martínez-Romero, "Use of activated carbon inside modified atmosphere packages to maintain tomato fruit quality during cold storage," J. Agric. Food Chem., vol. 54, no. 6, pp. 2229-2235, Mar. 2006.

[22] S. Dirim, H. Özden, A. Bayındırlı, and A. Esin, "Modification of water vapour transfer rate of low density polyethylene films for food packaging," J. Food Eng., vol. 63, no. 1, pp. 9–13, 2004.

[23] K. Yam, "The Wiley encyclopedia of packaging technology," 2010.

[24] S. Kim, G. H. Jeong, & S. W. Kim, "Ethylene Gas Decomposition Using ZSM-5/WO3-Pt-Nanorod Composites for Fruit Freshness," ACS Sustain. Chem. Eng., vol. 7, no. 13, pp. 11250-11257, Jul. 2019.

[25] A. Ebrahimi et al., "Novel strategies to control ethylene in fruit and vegetables for extending their shelf life: A review," Int. J. Environ. Sci. Technol., Jun. 2021.

[26] K. Gaikwad, S. Singh, Y. N.-E. C. Letters, & U., "Ethylene scavengers for active packaging of fresh food produce," Springer, vol. 18, no. 2, pp. 269-284, 2020.

[27] D. Zagory, "Ethylene-removing packaging," Act. Food Packag., pp. 38-54, 1995.

[28] P. C. Spricigo, M. M. Foschini, C. Ribeiro, D. S. Corrêa, & M. D. Ferreira, "Nanoscaled Platforms Based on SiO2 and Al2O3 Impregnated with Potassium Permanganate Use Color Changes to Indicate Ethylene Removal," Food Bioprocess Technol., vol. 10, no. 9, pp. 1622-1630, Sep. 2017.

[29] D. Chamara, C. Illeperuma, & P. Galappatty, "Effect of modified atmosphere and ethylene absorbers on extension of storage life of'Kolikuttu'banana at ambient temperature," revues.cirad.fr, vol. 55, no. 6, pp. 381-388, 2000.

[30] A. Ebrahimi, M. Khajavi, and A. Mortazavian, "Preparation of novel nano–based films impregnated by potassium permanganate as ethylene scavengers: an optimization study," Polym. Test., vol. 93, p. 106934, 2021.

[31] M. Z. Barão, Embalagens para produtos alimentícios. 2011.

[32] J. de M. Fonseca, N. Pabón, & G. Valencia, "Ethylene scavenging properties from hydroxypropyl methylcellulose-TiO2 and gelatin-TiO2 nanocomposites on polyethylene supports for fruit application," Int. J. Biol. Macromol., vol. 178, pp. 154-169, 2021.

[33] J. de Matos Fonseca, M. J. dos Santos Alves, L. S. Soares, R. D. F. P. M. Moreira, G. A. Valencia, & A. R. Monteiro, "A review on TiO2-based photocatalytic systems applied in fruit postharvest: Set-ups and perspectives," Food Res. Int., vol. 144, p. 110378, 2021.

[34] B. W. Böhmer-Maas, L. M. Fonseca, D. M. Otero, E. da Rosa Zavareze, & R. C. Zambiazi, "Photocatalytic zein-TiO2 nanofibers as ethylene absorbers for storage of cherry tomatoes," Food Packag. Shelf Life, vol. 24, p. 100508, Jun. 2020.

[35] R. Soliva-Fortuny & O. Martín-Belloso, "New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review," Trends Food Sci. Technol., vol. 14, no. 9, pp. 341-353, 2003.

[36] A. Shorter, K. Scott, G. Ward, & D. Best, "Effect of ethylene absorption on the storage of Granny Smith apples held in polyethylene bags," Postharvest Biol. Technol., vol. 1, no. 3, pp. 189-194, 1992.

[37] Y. Ma, Q. Ban, J. Shi, T. Dong, & C. Jiang, "1-Methylcyclopropene (1-MCP), storage time, and shelf life and temperature affect phenolic compounds and antioxidant activity of 'Jonagold'apple," Postharvest Biol. Technol., vol. 150, pp. 71-79, 2019.

[38] Z. Zhu, Y. Zhang, Y. Shang, & Y. Wen, "Electrospun Nanofibers Containing TiO2 for the Photocatalytic Degradation of Ethylene and Delaying Postharvest Ripening of Bananas," Food Bioprocess Technol., vol. 12, no. 2, pp. 281-287, 2019.

[39] L. Nguyen, G. Szabó, G. Hitka, & T. Zsom, "Effect of ethylene absorber on banana during storage," VI Int. Symp. Trop. Subtrop. Fruits, vol. 1216, pp. 55-58, 2016.

[40] S. Mansourbahmani, B. Ghareyazie, & V. Zarinnia, "Study on the efficiency of ethylene scavengers on the maintenance of postharvest quality of tomato fruit," J. Food Meas. Charact., vol. 12, no. 2, pp. 691-701, Jun. 2018.

[41] R. Jaimun & J. Sangsuwan, "Efficacy of chitosan-coated paper incorporated with vanillin and ethylene adsorbents on the control of anthracnose and the quality of Nam Dok Mai mango fruit," Packag. Technol. Sci., vol. 32, no. 8, pp. 383-394, Aug. 2019.

Journal of Packaging Science and Technology

Vol. 13, No. 2, Summer, 2022

Encapsulation of Ethylene Scavengers to Increase Climacteric Fruits Shelf Life: A Review

Roxaneh Farhadi, Alireza Mehregan Nikoo*, Amir Pourfarzad

* Assistant Professor, Science Department, Agriculture Faculty, University of Guilan, Guilan, Iran

(Received: 18/04/2022; Accepted: 11/10/2022)

Abstract

After harvesting, the ripening and spoilage of climacteric crops such as apples, bananas, kiwifruits, and tomatoes accelerate in the presence of ethylene. To increase the shelf life of these products, removing ethylene from their atmosphere is crucial. To achieve this aim, ethylene scavengers are utilized in free or encapsulated form, depending on their type, function, or specific purpose. The functions of the ethylene scavengers are different depending on their mechanisms, including oxidation, inhibition, and adsorption, which can be exemplified as potassium permanganate, 1-methyl cyclopropane, and zeolite respectively. In general, each encapsulation mechanism has its own function and characteristics. These methods include the stabilization of titanium dioxide particles on an inorganic and inert matrix such as borosilicate glass and quartz, the impregnation of potassium permanganate in a neutral matrix such as alumina, silica gel, and zeolite, photocatalytic coatings stabilization of titanium oxide in expanded polyethylene foam networks, and the use of gelatin and hydroxypropyl methylcellulose as hydrophobic and hydrophilic matrixes for the integration of titanium dioxide. In this study, different methods of ethylene scavenging and impregnation have been investigated.

Keywords : Ethylene scavenging, Climacteric, Compounds Encapsulation

*Corresponding Author E-mail: a.mehregan@guilan.ac.ir