وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی :

کاربرد روش هوای اصلاح شده (MAP) برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها

بهجت تاج‌الدین

سال انتشار: ۱۳۹۸

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵ -۳۱۵۸۵، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی موسسه: www.aeri.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی
کاربرد روش هوای اصلاح شده (MAP) برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها

تهیه و تدوین:
بهجت تاج‌الدین

سال انتشار:
۱۳۹۸

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	کاربرد روش هوای اصلاح شده (MAP) برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها
نگارنده:	بهجت تاج‌الدین
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
سال انتشار:	۱۳۹۸
ویراستار:	ابوالفضل گلشن تفتی
صفحه‌آرا:	سمیه وطن‌دوست

مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.
نشریه فنی حاضر با شماره ثبت ۵۵٤٤۵ طی نامه مورخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸٤۵-۳۱۵۸۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲٤۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲٦)، دورنگار: ۳۲۷۰٦۲۷۷ (۰۲٦)

مخاطبان نشریه:

تمـامی کارشناسـان، مروجـان، کشـاورزان، تعـاونی‌هـای زنـان روسـتایی، و واحـدهای کوچک بسته‌بندی میوه و سبزی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- تعریف روش بسته‌بندی با هوای اصلاح شده (MAP)
- انواع روش‌های MAP
- چگونگی کار در روش MAP
- شرایط MAP
- کاربرد MAP برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
تعریف و ماهیت MAP	۱
عوامل موثر بر MAP	٦
نفوذپذیری و انتخاب‌پذیری مورد نیاز فیلم‌ها	۱۲
نتیجه‌گیری	۱٤
منابع مورد استفاده	۱۵

مقدمه

روش بسته‌بندی با هوای اصلاح شده (MAP[1]) شامل بسته‌بندی محصول فسادپذیر در بسته‌ای است که هوای داخل آن هوای اطراف ما نیست و تغییر یافته است. برای استفاده بهینه از این روش، بایستی مسائل مهمی مانند ضخامت فیلمی که محصول قرار است داخل آن بسته‌بندی شود، خواص نفوذپذیری فیلم، و همچنین میزان تنفس محصولات تازه را در نظر گرفت. عمل بسته‌بندی با روش فوق، ممکن است به صورت فعال یا غیر فعال انجام شود. در این روش، میزان تنفس داخل بسته بایستی با میزان تنفس محصولات تازه داخل بسته همسان باشد که با کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت دی‌اکسید کربن داخل بسته به وجود می‌آید. هدف از بسته‌بندی با MAP، کاهش میزان تنفس محصول است اما نه به طور کامل که منجر به ایجاد تنفس بی‌هوازی شود. اگر میزان تنفس در داخل بسته‌ها بیش از حد بالا باشد، عمر ماندگاری محصولات طولانی نخواهد بود. اگر میزان تنفس بسته‌ها بیش از حد کم باشد، ممکن است شرایط تنفس بی‌هوازی ایجاد شود و رشد سریع باکتریایی رخ دهد. بنابراین، نوشتار حاضر، مراحل مختلف طراحی روش MAP برای محصولات تازه‌ای چون میوه‌ها و سبزی‌ها را به بیانی ساده، نشان می‌دهد.

تعریف و ماهیت MAP

به دلیل ادامه تنفس محصولات تازه پس از برداشت، آنها بیشتر در معرض عوامل فساد قرار می‌گیرند. تنفس میوه‌ها و سبزی‌های تازه را

1- Modified Atmosphere Packaging

می‌توان با برخی از روش‌ها از جمله بسته‌بندی مناسب، کاهش داد. بسته‌بندی با هوای اصلاح شده (MAP)، فناوری است که عمدتا برای میوه‌ها و سبزی‌های تازه -حداقل فرآیند شده- و سبزی‌های "آماده برای استفاده" به کار می‌رود.

هوای معمولی دارای ۲۱ درصد اکسیژن، ۰/۰۳ درصد دی‌اکسید کربن، ۷۸ درصد نیتروژن، و گازهای دیگر است. میوه‌ها و سبزی‌های تازه پس از برداشت، به تنفس خود ادامه می‌دهند. در روش هوای اصلاح شده (MAP)، هوای معمولی اطراف محصول در داخل یک فیلم پلاستیکی (یا هر نوع ماده بسته‌بندی دیگر)، به گونه‌ای تغییر داده می‌شود که میزان تنفس میوه‌ها و سبزی‌ها کند شود یا به تعادل برسد. به طور کلی، هوای اصلاح شده داخل بسته‌های پلیمری به دو صورت فعال[1] و غیرفعال[2] یا ترکیبی از هر دو ایجاد می‌شود.

در روش غیر فعال، به دلیل تنفس محصول در داخل بسته، هوایی جدید به وجود می‌آید که ایجاد آن به خصوصیات محصول، ضخامت و جنس فیلم پلیمری بستگی دارد.

در روش فعال، غلظت مناسبی از گازهای اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن، جایگزین هوای معمولی می‌شود. ایجاد چنین هوایی، به یکی از سه روش زیر انجام می‌شود (استیلز، ۱۳۸۰؛ اورای‌کول، ۱۳۸۰؛ پایان و حامدی، ۱۳۹۲):

1- Active Modification
2- Passive Modification

۱- پرکردن یا گاز زدن سریع:

در این روش، قبل از دربندی، هوای داخل بسته با جریان مداومی از مخلوط گازی مورد نظر بیرون فرستاده می‌شود و گاز یا گازهای مورد نظر جایگزین می‌شود و سپس دربندی انجام می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، محصول در قسمت جلویی دستگاه، داخل بسته‌ها قرار می‌گیرد و سپس در قسمت عقبی دستگاه، از انتهای محفظه شیشه‌ای، داخل بسته گاز سریع پر می‌شود و بلافاصله دوخت انجام می‌گیرد.

شکل ۱- نمونه‌ای از دستگاه پرکردن یا گاز زدن سریع در روش MAP

۲- پرکردن با جایگزینی خلاء:

در این روش، هوای داخل بسته تخلیه و در نتیجه داخل بسته خلاء ایجاد می‌شود، سپس بسته با مخلوط گازی مورد نظر که از قبل تهیه شده است، سریع پر شده و دربندی می‌شود. شکل ۲، دستگاه بسیار ساده‌ای از MAP را نشان می‌دهد. بسته‌های حاوی محصول که فقط یک طرف آن باز است، داخل محفظه قرار گرفته و سر نازل‌های مرتبط با ورودی گاز، داخل بسته قرار می‌گیرد. به محض بسته شدن در دستگاه، ابتدا گاز داخل بسته خارج و بلافاصله مخلوط گازی مورد نظر داخل بسته از محل نازل‌ها تزریق می‌شود. سپس طی مدت چند ثانیه، از طریق المنت‌های حرارتی موجود در دستگاه، طرف باز بسته پلیمری نیز دوخته می‌شود. قیمت این دستگاه بسیار مناسب بوده و کار با آن راحت است. شکل ۲، دستگاهی را نشان می‌دهد که با آن می‌توان فقط یک یا دو بسته را بسته‌بندی کرد. دستگاه‌های مشابه‌ای نیز وجود دارند که همزمان چندین بسته را می‌توان بسته‌بندی کرد.

شکل ۲- نمونه‌ای از دستگاه پرکردن با جایگزینی خلاء در روش MAP

۳- اصلاح‌کننده‌های هوا:

اصلاح کننده‌ها، یک اصطلاح کلی برای موادی مثل جاذب‌های اکسیژن یا دی‌اکسید کربن، جاذب‌های اتیلن، تنظیم کننده‌های رطوبت و... است. از این روش که به آن بسته‌بندی فعال[1] نیز می‌گویند، برای مواد غذایی مختلف (نان، کیک، شیرینی، پیتزا، خمیر تازه، پنیر، گوشت و فرآورده‌های آن و میوه‌ها) استفاده می‌شود. در حال حاضر، بسیاری از شرکت‌های تجاری که در زمینه بسته‌بندی مواد غذایی فعالیت دارند، انواع جاذب‌ها را به شکل بسته‌های کوچک (ساچت[2]) تولید می‌کنند. به عنوان

1- Active Packaging
2- Sachet

مثال، جاذب‌های اکسیژن طوری طراحی می‌شوند که میزان اکسیژن را تا کمتر از ۱ درصد در بسته کاهش می‌دهند. برخی از این مواد، برای مهار آفات و آلودگی‌های غلات مانند گندم هم به کار می‌روند. برخی جاذب‌ها، کپک‌ها را در موادی مانند نان و کیک بسته‌بندی به خوبی مهار می‌کنند. شکل ۳، نمونه‌ای ساده از یک ماده جاذب را نشان می‌دهد.

شکل ۳- نمونه‌ای ساده از یک اصلاح‌کننده (جاذب رطوبت) داخل بسته در روش MAP

عوامل موثر بر MAP

عوامل بسیاری در طراحی روش MAP میوه‌ها و سبزی‌ها مؤثر هستند که به طورکلی می‌توان آنها را در چهار دسته زیر خلاصه کرد (پوری و اسکورا، ۱۳۸۰؛ سلیمانی، ۱۳۹۰؛ Zhu, 1999):

۱- عوامل مربوط به محصول که مسائلی چون تنفس، تولید و حساسیت به اتیلن، انتخاب رقم، درجه رسیدگی، غلظت متناسبی از اکسیژن و

دی‌اکسیدکربن، و غیره را شامل می‌شود. تنفس میوه‌ها و سبزی‌ها فرآیندی است که انرژی لازم برای واکنش‌های بیوشیمیایی در گیاهان را فراهم می‌کند. در فرآیند تنفس، قندهای شش کربنه با مصرف اکسیژن، اکسید شده و به دی‌اکسیدکربن و آب تبدیل می‌شوند (رابطه ۱).

$$nO_2 + (CH_2O)_n \rightarrow nCO_2 + nH_2O \quad (1)$$

از این‌رو، در طراحی MAP، عمدتا گازهایی چون اکسیژن، دی-اکسیدکربن و نیتروژن استفاده می‌شوند. هوای مناسب در بسته‌بندی MAP، هوایی است که بدون آسیب به محصول، سرعت تنفس را به حداقل برساند. محصولات کشاورزی نسبت به غلظت‌های مختلف گازها، تحمل متفاوتی دارند (Kendra, 2010).

میزان گاز اکسیژن پیشنهادشده در روش MAP، برای حفظ ایمنی و کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها در محدوده ۵۱-۱ درصد است. کاهش غلظت اکسیژن تا سطوح ۵-۱ درصد، موجب کاهش شدت تنفس شده و عمر انباری میوه‌ها و سبزی‌ها با به تأخیر افتادن اکسیداسیون مواد اولیه پیچیده، طولانی می‌شود. همچنین در غلظت‌های اکسیژن کمتر از ۸ درصد، تولید اتیلن که یک ترکیب مهم برای رسیدن محصول است، کاهش می‌یابد. کاهش میزان اکسیژن به کمتر از ۱ درصد باعث ایجاد تنفس بی‌هوازی می‌شود که متعاقبا ممکن است به تولید اتانول، استالدئید، و اسیدهای آلی منجرشود و در نتیجه باعث تغییر رنگ، تخریب بافت و تولید مواد بد بو و بد طعم شود (Farber *et al.*, 2003). میزان اکسیژن کمتر

از ۱ درصد و دی‌اکسیدکربن بیش از ۱۵ درصد، غلظت‌های بحرانی برای محصولات کشاورزی هستند. البته محدوده تحمل‌پذیری نسبت به اکسیژن کم و دی‌اکسیدکربن زیاد به چندین عامل مثل دما، شرایط فیزیولوژیکی، بلوغ، و فرآیندهای مقدماتی بستگی دارد. سطح دی‌اکسیدکربن بیش از ۱۰ تا ۱۵ درصد، اگرچه ممکن است از رشد میکرب‌های فاسد کننده جلوگیری‌کند اما در محصولات حساس به دی‌اکسید کربن، مشکلاتی مانند تغییر رنگ و پیدایش طعم اسید ایجاد می‌کند. زیرا با حل شدن دی‌اکسید کربن در آب موجود در ماده غذایی، اسیدکربنیک تشکیل می‌شود که تغییرات نامطلوبی در طعم به وجود می‌آورد. هم‌چنین، حل شدن دی‌اکسیدکربن در آب یا چربی موجود در ماده غذایی، ممکن است موجب فروپاشی و بروز ظاهر نامناسب بسته حاوی مواد غذایی شود. گاز خنثی نیتروژن عمدتا برای جلوگیری از اکسیداسیون و فروریختن بسته به کار می‌رود (Exama *et al*., 1993).

لازم به یادآوری است که اخیرا در روش MAP، از مقدار اکسیژن خیلی بالا (بیش از ۷۰ درصد) نیز در شرایط خاص و با اهداف خاص استفاده می‌کنند.

در میوه‌های فرازگرا (موز، سیب، خرمالو، انبه و برخی مرکبات)، که در مرحله رسیدن فیزیولوژیک چیده می‌شوند و پس از آن نیز به تنفس و رسیدن کامل ادامه می‌دهند، افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن از تولید اتیلن جلوگیری می‌کند. بنابراین، شرایط MAP ممکن است زمان نگهداری آنها را افزایش دهد (Ozdemir & Floros, 2004). جدول ۱، بهترین شرایط MAP را برای برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱- شرایط بهینه MAP برای برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها

محصول	دما (درجه سلسیوس)	غلظت گازهای پیشنهادی برای بسته	
		اکسیژن (درصد)	دی‌اکسیدکربن (درصد)
سیب	۰-۵	۱-۲	۰-۳
موز	۱۲-۱۶	۲-۵	۲-۵
انگور	۰-۵	۲-۵	۱-۳
گیلاس	۰-۵	۳-۱۰	۱۰-۱۵
توت	۰-۵	۵-۱۰	۱۵-۲۰
کیوی	۰-۵	۱-۲	۳-۵
لیمو	۱۰-۱۵	۵-۱۰	۰-۱۰
میوه‌های خشک و آجیل‌ها	۰-۱۰	۰-۱	۰-۱۰۰
پرتقال	۵-۱۰	۵-۱۰	۰-۵
آلو	۰-۵	۱-۲	۰-۵
توت‌فرنگی	۰-۵	۵-۱۰	۱۵-۲۰
لوبیا سبز	۵-۱۰	۲-۳	۴-۷
کلم	۰-۵	۲-۳	۳-۶
خیار	۸-۱۲	۱-۴	۰
کاهو	۰-۵	۱-۳	۰
پیاز	۰-۵	۱-۲	۰-۱۰
جعفری	۰-۵	۸-۱۰	۸-۱۰
فلفل	۵-۱۲	۲-۵	۲-۵
اسفناج	۰-۵	۷-۱۰	۵-۱۰
گوجه‌فرنگی	۱۲-۲۰	۳-۵	۲-۳

۲- عوامل مربوط به محیط که مواردی مانند درجه حرارت نگهداری، رطوبت نسبی، نور، و عوامل بهداشتی را در بر می‌گیرد. دمای پایین به

کاهش شدت تنفسی، کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها، و به تعویق انداختن فعالیت متابولیکی بافت گیاهی کمک می‌کند.

یکی از اثرات مفید MAP، حفظ رطوبت نسبی متعادل در داخل بسته است. رطوبت نسبی زیاد باعث تجمع رطوبت و ایجاد شرایط مناسب برای رشد میکروبی می‌شود. تجمع رطوبت روی سطح فیلم بسته‌بندی، ممکن است بر خواص نفوذپذیری فیلم نسبت به گازهای مختلف اثر گذاشته و هوای نامناسب ایجاد کند. سبزی‌های سبز در صورت وجود نور به میزان کافی، مقداری از دی‌اکسید کربن را از طریق فتوسنتز به اکسیژن تبدیل می‌کنند. تأثیر روش MAP، با افزایش دما کاهش می‌یابد که به دلیل کاهش حلالیت گازها در محلول است. با افزایش دما، حلالیت اکسیژن در محلول کم می‌شود.

۳- عوامل تکمیل‌کننده (فرآیندهای مقدماتی حداقل): فرآیندهای مقدماتی حداقل، عملیاتی هستند که سبب می‌شوند تا محصول برداشت شده خام (میوه و سبزی تازه) به محصولی سالم، بهداشتی، مغذی، جاذب، و کالایی با قابلیت نگه‌داری بالا با حفظ کیفیت تبدیل شود. این عملیات شامل شستشو، از بین بردن بافت‌های ناسالم، جدا کردن قسمت‌های غیر قابل خوراکی از بخش‌های خوراکی (پوست‌گیری، مغزگیری،...)، سردکردن و غیره است.

۴- عوامل مربوط به مسائل فنی بسته‌بندی: وقتی که محصول درون بسته‌های کوچک بسته‌بندی می‌شود، ادامه کنترل مکانیکی هوای اطراف محصول امکان‌پذیر نیست. میزان و موقعیت گازهای فضای خالی بسته، فقط با انتخاب صحیح مواد بسته‌بندی با خواص نفوذپذیری ویژه می‌تواند

کنترل شود. برای بسته‌بندی مواد غذایی از پلاستیک، قوطی، شیشه و کاغذ استفاده می‌شود ولی در مورد بسته‌بندی با MAP، تعداد محدودی از مواد بسته‌بندی مناسب هستند. قوطی‌های فلزی و بطری‌های شیشه‌ای به دلیل نفوذناپذیری کامل و انعطاف‌پذیری کم برای MAP مناسب نیستند.

به طور کلی، هنگام انتخاب فیلم‌های بسته‌بندی برای MAP میوه‌ها و سبزی‌ها، خصوصیات اصلی که می‌باید به آنها توجه کرد، مواردی مانند نفوذپذیری به گاز، میزان انتقال بخار آب، خواص مکانیکی، شفافیت، نوع بسته و قابلیت دوخت هستند. فیلم‌هایی چون پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، پلی‌وینیل کلراید (PVC)، اتیلن‌وینیل استات (EVA)، و پلی‌پروپیلن اصلاح شده (OPP) برای محصولات با میزان تنفس بالا (محصولات تازه بریده‌شده، قارچ‌ها و بروکلی) به اندازه کافی نفوذپذیری ندارند. از آنجا که میوه‌ها و سبزی‌ها تنفس می‌کنند، نیاز به انتقال گازها از فیلم وجود دارد. فیلم‌هایی که با این خصوصیات طراحی می‌شوند، فیلم‌های نفوذپذیر نامیده می‌شود. فیلم‌های دیگر که فیلم‌های کاملاً نفوذناپذیر نام دارند، برای جلوگیری از تبادل گازها طراحی می‌شود و عمدتا برای محصولات تازه‌ای مانند گوشت و ماهی کاربرد دارد (اورای‌کول، ۱۳۸۰). درحال حاضر، بسیاری از شرکت‌های تجاری، پلاستیک یا فیلم‌های مناسب برای روش MAP را تولید می‌کنند.

روش MAP برای حجم زیاد محصولات نیز به‌کار می‌رود. نمونه‌ای ساده از پالت‌های توت‌فرنگی که با فیلم پلیمری حاوی هوای اصلاح شده پوشانده شده‌اند، در شکل ۴ نشان داده شده است. دراین مورد، مخلوط گازی که قبلاً با دستگاه مخلوط‌کن گاز آماده شده است، از طریق

سوزن‌های بسیار ریز به طور کامل عایق‌بندی شده به داخل پوشش تزریق می‌شود. بنابراین بسیار راحت و ارزان است.

شکل ٤- نمونه‌ای ساده از روشMAP برای پالت‌های حاوی توت‌فرنگی

نفوذپذیری و انتخاب‌پذیری موردنیاز فیلم‌ها

یکی از مراحل اصلی در طراحی بسته‌بندی MAP، پیش‌بینی نفوذپذیری لازم برای دی‌اکسید کربن و اکسیژن است. فیلم‌های با روزنه‌های ریز، برای محصولات تازه با میزان تنفس بالا مثل میوه‌ها و سبزی‌های با حداقل فرآوری، استفاده می‌شوند (Gonzalez *et al.*, 2008). به طور کلی، شدت عبور گازهایی چون اکسیژن و دی‌اکسید کربن برای هر فیلم پلیمری یا به عبارت دیگر، نفوذپذیری مورد نیاز فیلم

برای این گازها به عواملی مثل جرم محصول، میزان تنفس محصول، ضخامت فیلم، مساحت سطح نفوذپذیر، فشار محیط (۱ اتمسفر)، میزان اکسیژن خارج بسته یا محیط (۰/۲۱)، غلظت بهینه اکسیژن (میزان اکسیژن مناسب داخل بسته) بستگی دارد. در یک نظام مطلوب، شدت مصرفی اکسیژن در تنفس هوازی مساوی شدت ورودی اکسیژن، و شدت تولید دی‌اکسید کربن از تنفس هوازی مساوی شدت خروجی دی‌اکسید کربن است.

علاوه بر نفوذپذیری، انتخاب‌پذیری برای MAP میوه‌ها و سبزی‌ها نیز بسیار مهم است. انتخاب‌پذیری، به مفهوم نسبت نفوذپذیری مورد نیاز برای دی‌اکسید کربن و اکسیژن تعریف می‌شود. در انتخاب‌پذیری، می‌باید خارج قسمت تنفسی (RQ) را که همان نسبت دی‌اکسید کربن تولیدی به اکسیژن مصرفی است، در نظر گرفت. معمولاً خارج قسمت تنفسی برای کربوهیدرات‌ها (مواد قندی)، معادل یک است. خارج قسمت تنفسی بیش از یک، در فرآیند تنفس بی‌هوازی اتفاق می‌افتد. در تنفس بی‌هوازی، اتانول به عنوان محصول نهایی تولید می‌شود (Plestenjak *et al.*, 2008). جدول ۲، انتخاب‌پذیری برخی از فیلم‌های پلیمری را نشان می‌دهد (Carlin *et al.*, 1990). در حال حاضر، شرکت‌های تجاری وجود دارند که با توجه به نفوذپذیری و انتخاب‌پذیری، فیلم‌های مناسب را عرضه می‌کنند.

جدول ۲- نفوذپذیری (P) به دی‌اکسید کربن و اکسیژن، و انتخاب‌پذیری (S) برخی از فیلم‌های پلیمری (Exama *et al.*, 1993)

فیلم	P_{CO_2} (میلی‌لیتر× میل) بر (سانتی‌متر مربع × ساعت× اتمسفر)	P_{O_2}	S
PVC	1.40×10^{-1}	2.3×10^{-2}	۶/۱
LDPE	8.10×10^{-2}	1.2×10^{-2}	۶/۷
HDPE	7.40×10^{-4}	1.53×10^{-4}	۴/۸
PET	4.93×10^{-4}	1.44×10^{-4}	۳/۴

جدول ۳، ضرایب نفوذپذیری فیلم‌های پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌پروپیلن (PP) را نشان می‌دهد.

جدول ۳- انتقال بخار آب، ضرایب نفوذپذیری اکسیژن، نیتروژن، و دی‌اکسید کربن فیلم‌های PE و PP با ضخامت ۲۵ میلی‌متر در ۲۵ درجه سلسیوس (Greengrass, 1993)

فیلم	انتقال بخارآب (گرم بر (مترمربع× روز) در ۳۸ درجه سلسیوس و ۹۰ درصد رطوبت نسبی)	ضریب نفوذپذیری (سانتی‌متر مکعب بر (متر مربع × روز×		
		O_2	N_2	CO_2
PE	۱۸	۰/۰۷۷	۰/۰۲۸	۰/۴۱۴
PP	۶-۷	۰/۰۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۷۹

نتیجه‌گیری

روش هوای اصلاح شده (MAP) برای بسته‌بندی موادغذایی ازجمله میوه‌ها و سبزی‌های تازه، روش سودمندی است که چنانچه تمام شرایط و اصول کار با آن رعایت شود، ممکن است در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصول نقش مهمی داشته باشد. برای استفاده از فیلم‌های

پلاستیکی به شکل استاندارد در حفظ هوای اصلاح شده میوه‌ها و سبزی‌ها، می‌باید به متناسب بودن آنها با شرایط بسته‌بندی توجه کرد. بیشتر فیلم‌ها، حتی در هوای مطلوبی از اکسیژن و دی‌اکسید کربن، ممکن است نتیجه رضایت‌بخشی نداشته باشد؛ به ویژه هنگامی که محصول تنفس بالایی دارد. میزان تنفس میوه‌ها و سبزی‌ها با افزایش دما نسبت به نفوذپذیری فیلم به گاز، بیشتر افزایش می‌یابد. دمای بالاتر از درجه‌حرارت‌های مطلوب، ممکن است باعث کمبود اکسیژن شده و به طور جدی به محصول آسیب برساند. به طور کلی، در فرآیند طراحی یک بسته تولیدی به روش MAP، بایستی به مسائلی چون هدف از بسته‌بندی، شناخت محصول مورد بسته‌بندی، شناخت دستگاه یا روش مورد نیاز بسته‌بندی، تعیین هوای مطلوب در بسته، انتخاب ماده بسته‌بندی که تمام الزامات را برآورده سازد و بررسی برآورده شدن تمام حداقل نیازها توجه کرد. استفاده از مواد بسته‌بندی با کارایی بالا مانند فیلم‌های پلی‌اولفینی (از جمله پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن) اجازه می‌دهد تا میزان تنفس بسته با دیگر خواص ضروری مانند دمای ناشی از حرارت دوخت، مقاومت به گرمای چسب داغ، مقاومت در برابر سوراخ شدن، خواص نوری عالی، و عدم خروج طعم و بو به خارج از بسته هماهنگ باشد.

منابع مورد استفاده

استیلز، ام. ای. مبانی علمی بسته‌بندی با کنترل یا تغییر اتمسفر بسته، در کتاب بسته‌بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته (ترجمه بهجت تاج-الدین)،۳۶-۲۵، ۱۳۸۰.

اورای کول، بی. توصیه‌های فنی در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته"، در کتاب بسته‌بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته (ترجمه بهجت تاج‌الدین)،۷۱-۳۷، ۱۳۸۰.

پایان، م.، و م. حامدی. مروری بر کاربرد بسته‌بندی فعال در صنایع غذایی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۸، دوره ۱۰، ۶۸-۴۹، ۱۳۹۲.

پوری، و.د.، و ب.ج. اسکورا. بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها با اتمسفر تغییریافته.، در کتاب بسته‌بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته (ترجمه بهجت تاج‌الدین)، ۳۴۷-۲۴۵، ۱۳۸۰.

سلیمانی، ج. افزایش انبارمانی زردآلو با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته فعال (MAP). موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، شماره ۹۰/۴۱۸ مورخ ۹۰/۴/۱۸، ۴۶ صفحه، ۱۳۹۰.

Carlin, F., Nguyen-The, C., Hilbert, G., and Chambroy, Y., 1990. Modified atmosphere packaging of fresh "ready-to-use" grated carrots in polymeric films, Journal of Food Science, 55, 1033–1038.

Exama, A., Arul, J., Lencki, R.W., Lee, L.Z., and Toupin, C., 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and Vegetables. Journal of Food Science, 58 (6): 1365–1370.

Farber, J.N., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gornry, J.R., Garrett, E.H. and Busta, F.F., 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2: 142–160.

Gonzalez, J., Ferrer, A., Oria, R. and Salvador, L.M., 2008. Determination of O_2 and CO_2 transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables, Journal of Food Engineering, 86: 194-201.

Greengrass, J., Films for MAP of Foods, in R.T. Parry (Ed.). Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods, Chapman & Hall, 63–100, 1993.

Kendra, K.V., 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs", LWT - Food Science and Technology, 381–392.

Ozdemir, M. and Floros, J.D., 2004. Active food packaging technologies, Critical Reviews in Food Science and Nutrient, 44 (3): 185- 193.

Plestenjak, A., Pozrl, T., Hribar, J., Unuk, T., and Vidrihl, R., 2008. Modified atmosphere packaging of shredded cabbage. Food Technology and Biotechnology, 46 (4): 427–433.

Zhu, M.D., 1999. Design of modified atmosphere packaging (MAP) systems: Modeling oxygen and carbon dioxide exchange within packages containing cut rutabagas, Master of Science Thesis, Guelph University.