افزایش ماندگاری میوه با استفاده از فیلترهای بیولوژیکی در مدت ذخیره‌سازی

حسام زنده‌دل مقدم[۱]، بابک خیرخواه*[۲]، اشرف کریمی‌نیک[۳]

۱- کارشناسی ارشد، گروه میکروبیولوژی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

۲- استادیار، گروه دامپزشکی، واحد بافت، دانشگاه آزاد اسلامی، بافت، ایران

۳- استادیار، گروه میکروبیولوژی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

* نویسنده مسئول: babakkheirkhah@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۴، پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۹/۲۸

چکیده

هرگونه تغییر و تبدیل در ماده غذایی که از ارزش کیفی آن بکاهد یا میزان پذیرش و بازارپسندی آن را کاهش دهد، فساد ماده غذایی نامیده می‌شود. گاز اتیلن یکی از گازهای تولید شده از میوه‌های رسیده است که سبب رسیدن زیاد و فساد میوه در زمان نگهداری و ذخیره‌سازی می‌گردد. جهت جذب این گاز در مدت نگهداری میوه راه‌کارهای متفاوتی پیشنهاد شده است. این مطالعه با هدف بکارگیری فیلترهای زیستی در حذف گاز اتیلن به منظور افزایش عمر میوه موز پس از برداشت در مدت نگهداری در انبار انجام گرفت. کارآیی بسترهای مختلف تهیه شده از ضایعات کشاورزی که حاوی میکروارگانیسم‌های طبیعی محیطی بودند در فیلترهای زیستی طراحی شده به منظور حذف گاز اتیلن و جلوگیری از فساد میوه موز نسبت به نمونه‌های شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌های کروماتوگرافی گازی نشان داد که مقدار گاز عبوری از ستون حاوی بسترهای خاک پیت، خرده‌های چوب سپیدار، بستر آلی غنی شده، خاک برگ، کاه و کود آلی کرمی معادل ۰/۶۵۲۸ میلی‌لیتر اتیلن بر لیتر هوا می‌باشد که بیشترین توانایی حذف گاز اتیلن را در مقایسه با سایر ستون‌ها داشته و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. همچنین این فیلتر بصورت مشاهده‌ای نیز از نظر ماندگاری موزهای نارس نسبت به نمونه‌های شاهد از کارآیی لازم برخوردار بوده و فیلترهای زیستی حاوی باکتری *سودوموناس پوتیدا* دارای بیشترین میزان جذب گاز اتیلن می‌باشند. بر اساس یافته‌های به دست آمده استفاده از فیلترهای زیستی جهت افزایش ماندگاری میوه‌ها در انبار پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ماندگاری، فیلتر زیستی، میوه، باکتری

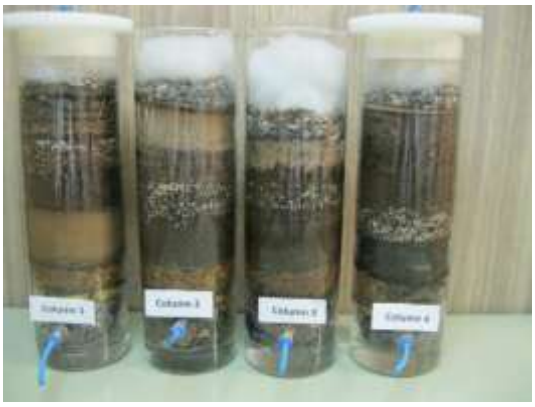
مقدمه

سالیانه بخش زیادی از میوه‌های تولیدی به دلایل مختلف دچار فساد شده و این امر خسارات اقتصادی زیادی را به دنبال دارد (۱). به همین دلیل صادرات این محصولات جز در مسافت‌های کم امکان‌پذیر نبوده، در نتیجه زمان انبارمانی میوه‌ها را به شدت کاهش داده و سبب افزایش ضایعات میوه می‌گردد. این امر سبب شده است تا عرضه میوه به بازار مصرف فقط در مدت زمان محدودی صورت گیرد. با افزایش زمان ماندگاری میوه می‌توان نسبت به صادرات آن به بازارهای دورتر و پرسودتر امیدوار بود (۲). راه‌های کنترل فساد میوه‌ها شامل: روش-های موقت مانند رعایت بهداشت و تمیزی میوه‌ها، نگهداری در سرما، استفاده از مواد نگهدارنده ضعیف، پاستوریزاسیون، تغلیظ، خشک کردن و روش‌های دائم نظیر استریل کردن محصولات به‌وسیله حرارت، استفاده از نگهدارنده‌های قوی، تخمیر و غیره می‌باشد. عواملی که موجب فساد مواد غذایی می‌شوند عبارتند از: عوامل بیولوژیکی، فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی واکنش‌های انجام شونده درون میوه‌ها می‌باشند (۳). در زمان نگهداری میوه که هر کدام از این عوامل می‌توانند سبب فساد میوه‌ها و بدنبال آن تولید گاز اتیلن گردند. اتیلن (C_2H_4) از جمله ترکیبات آلی و فرار می‌باشد که سرطان‌زا است و در آژانس محیط‌زیست به عنوان یک ماده خطرناک آلودگی گاز در نظر گرفته شده است. این ماده به عنوان یک هورمون گیاهی شناخته شده که در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مؤثر است (۴). تجمع آن در گلخانه‌ها و ظروف نگهداری گیاه سبب رسیدن سریع، رشد و پیری زودرس بسیاری از

گیاهان می‌شود. همچنین افزایش گاز اتیلن در محیط نگهداری میوه سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد و تکثیر قارچ‌هایی نظیر *بوتریتیس*[1]، *مونیلیا*[2]، *پنی‌سیلیوم*[3] و... می‌گردد. با آلوده شدن میوه‌های زیادرس به این میکروارگانیسم‌ها، امکان آلوده شدن سایر میوه‌ها نیز فراهم می‌گردد (۵). میوه‌های گوناگون حساسیت‌های متفاوتی را نسبت به گاز اتیلن از خود نشان می‌دهند. برخی از میوه‌ها نظیر سیب، گلابی، موز، زردآلو، طالبی، هلو، خرمالو، کیوی و مرکبات نسبت به گاز اتیلن بسیار حساس هستند و به سرعت آثاری نظیر شل‌شدگی، چروکیدگی پوست، تغییر رنگ و به هم خوردن نسبت قند به اسید میوه را از خود نشان می‌دهند (۶). در زمان نگهداری میوه حذف گاز اتیلن در افزایش کیفیت تجاری آنها ضروری است. یکی از روش‌های حذف گاز اتیلن تجزیه بیولوژیکی آن با استفاده از فیلترهای زیستی می‌باشد. انواع مختلفی از این فیلترها وجود دارد مانند زغال‌سنگ نارس و کربن فعال و ورمی کمپوست[4] و ... که ورمی کمپوست دارای پتانسیل زیادی جهت حذف اتیلن می‌باشد. در تکنیک فیلتر زیستی، از پتانسیل حذف گاز اتیلن توسط میکروب‌های غیر بیماری‌زا استفاده می‌گردد. فیلتر زیستی اتیلن از لحاظ اقتصادی به صرفه‌تر از روش‌های فیزیکی و شیمیایی از قبیل اکسیداسیون کاتالیزوری و غیره می‌باشد و استفاده از فیلتر زیستی هم‌زمان کم و هم هزینه کم و راندمان بالا به همراه خواهد داشت (۶). با توجه به اثرات زیانبار گاز اتیلن و افزایش خسارت‌های اقتصادی، هدف از این پژوهش حذف گاز اتیلن ناشی از رسیدگی میوه‌ها توسط فیلترهای زیستی باکتریایی به منظور افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی میوه موز بوده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش تجربی ابتدا فیلتر زیستی موردنیاز طراحی و ساخته شد. بدین‌منظور یکسری ستون‌های استوانه‌ای[5] به طول ۲۷ سانتی‌متر و قطر داخلی ۷ سانتی‌متر تهیه و سپس ورودی و خروجی گاز اتیلن[6] با استفاده از شیرهای مخصوص هوا[7] برای این ستون‌ها طراحی گردید. بکارگیری فلومتر برای تنظیم حجم مشخص اتیلن در شیرهای ورودی و خروجی انجام گرفت و بسترهای موردنظر به شرح ذیل برای کاربرد در فیلترهای زیستی طراحی شده مورد استفاده قرار گرفت: خاک پیت[8]، کود آلی کرمی[9]، لجن فعال[10]، خاک برگ[11]، کاه[12]، بستر کشت آلی[13]، کود آلی[14] (شکل ۱).



شکل ۱- فیلترهای زیستی طراحی شده با بسترهای مختلف

نوع و ارتفاع بسترهای موردنظر برای بکارگیری در ستون‌ها (فیلتر زیستی) بصورت تصادفی در نظر گرفته شد. بسترهای ریخته شده در فیلترهای زیستی برای حذف یا کاهش اتیلن اداپته گردید. سپس گاز اتیلن به ستون‌های در نظر گرفته شده با دبی مشخص تزریق و جمع‌آوری گاز خروجی با سرنگ‌های مخصوص[15] یا با ظروف نفوذناپذیر صورت گرفت. گاز اتیلن خروجی جمع‌آوری شده توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی آنالیز گردید. درصد حذف گاز با نمونه شاهد گاز اتیلن به صورت خالص مقایسه و بهترین چیدمان بستر برای حذف اتیلن

[1] *Botryotinia*
[2] *Monilinia*
[3] *Penicillium*
[4] Vermicompost
[5] Column

[6] In let-Out let
[7] Fitting
[8] Peat
[9] Vermicompost
[10] Activated sludge
[11] Humus
[12] Straw
[13] Super organic media
[14] Compost
[15] Gas tight

پیشنهاد شد. باکتری‌های غالب از فیلترهای کارآمد جداسازی و شناسایی گردید (۷ و ۸). برای ارزیابی توانایی بسترهای بکار گرفته شده در ستون کارآمد در حذف زیستی اتیلن از ظروف پلاستیکی مخصوص نگهداری میوه که قابلیت ورود و خروج گاز را نداشتند استفاده شد که در این زمینه از موزهای کوچک نارس سبزرنگ استفاده و در هر ظرف ۳ موز نارس قرار داده شد که در ۴ تیمار و ۲ تکرار مورد ارزیابی واقع شد. کلیه بسترهای بکار گرفته شده در فیلترهای زیستی در کیسه‌های خالی مخصوص (چای کیسه‌ای) قرار گرفته و درب بالای ظروف چسبانده شده نمونه‌های مورد و شاهد به مدت ۷ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شدند و سپس از لحاظ ارگانولپتیک[1] (چشمی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در بسترهای بکار گرفته شده در ستون دارای توانایی بیشتر در حذف زیستی اتیلن به منظور ارزیابی جرم غالب پس از مخلوط کردن کامل بسترها در تیمارها و تکرارهای متعدد از هر کدام یک گرم نمونه برداشته شد و سپس هر کدام از نمونه‌ها کاملاً مخلوط شدند و برای ۱۰ گرم از نمونه کل رقت‌سازی متوالی با رینگر ۱/۴ بصورت ۱۰ برابر صورت گرفت و تا 10^{-6} ادامه یافت. ۰/۲ میلی‌لیتر از هر رقت روی سطح محیط تریپتیک سوی آگار[2] برده و کشت سطحی با استفاده از پخش‌کننده شیشه‌ای انجام شد و کلیه پلیت‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند و کلنی‌های غالب بر اساس خصوصیات مورفولوژی شناسایی و تعیین هویت شدند. بدین‌منظور بعد از اطمینان از خالص بودن کلنی از آن رنگ‌آمیزی گرم انجام شد و تست‌های بیوشیمیایی تشخیصی مانند محیط‌های تخمیر قندها، سیمون سیترات[3]، حرکت، هیدرولیز اوره، اکسیداز و کاتالاز جهت شناسایی باکتری مؤثر انجام شد.

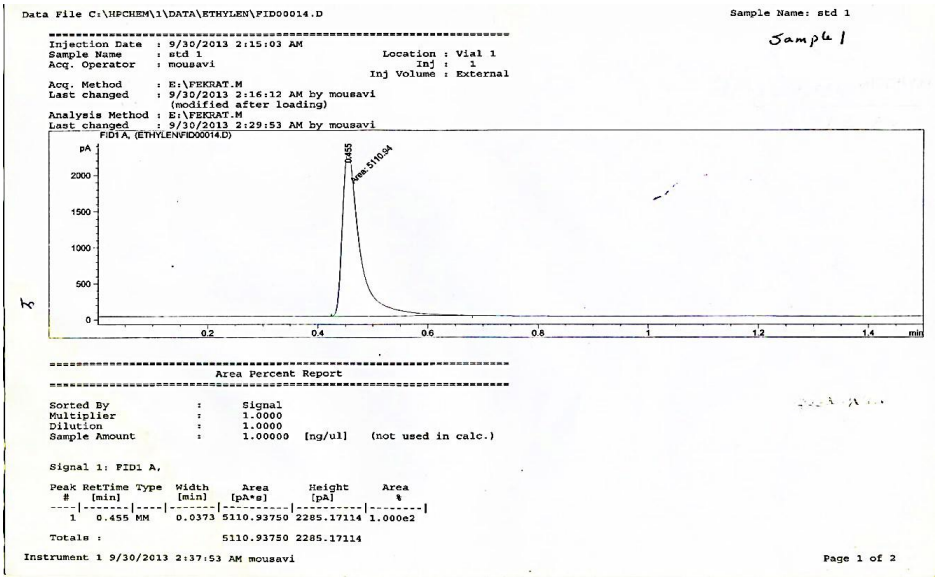
یافته‌ها

آنالیز گازهای عبور داده شده از ستون‌های ۱ تا ۴ پس از جمع‌آوری به ترتیب در نمودارهای ۳ تا ۶ نمایش داده شده است؛ و شکل ۷ منحنی استاندارد را نشان می‌دهد. نمودارها نشان می‌دهند که بیشترین جذب گاز اتیلن در ستون شماره ۴ و سپس با اختلاف در ستون ۲ صورت گرفته است. با استفاده از این نتایج، از بستر بکار رفته در ستون شماره ۴ جهت جذب گازهای اتیلن تولید شده توسط میوه در شرایط نگهداری استفاده شد. پس از یک هفته گرمخانه‌گذاری گروه‌های مورد و شاهد مورد مطالعه قرار گرفتند. موزهای گروه مورد هنوز سالم و سبز باقی‌مانده بودند درصورتی‌که موزهای گروه شاهد کاملاً زرد و شروع به پلاسیدگی و فساد نموده بودند. در گروه‌های تکرار نیز وضعیت مشابه وجود داشت (شکل ۲).

شکل ۲- مقایسه میوه‌های گروه مورد و شاهد

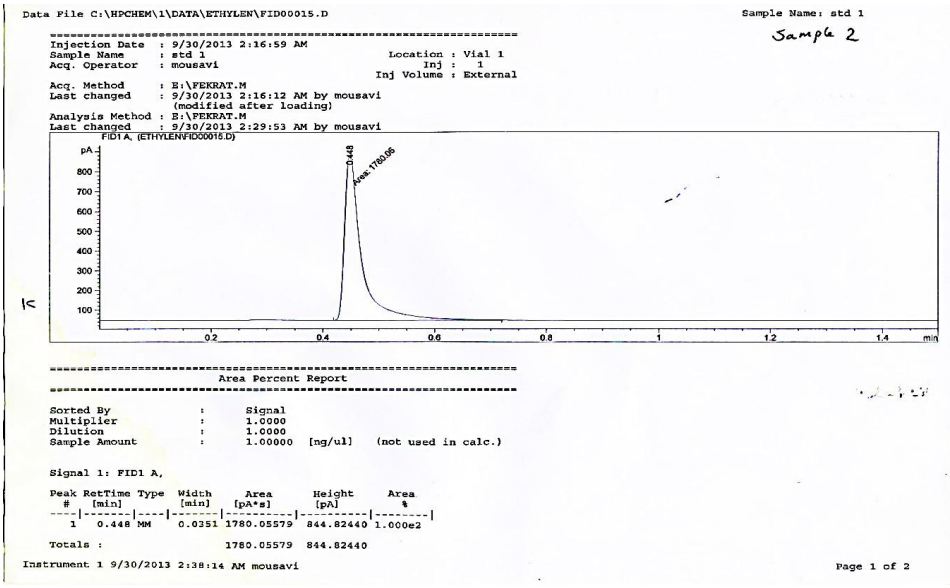
سپس جداسازی باکتری از بسترهای بکار گرفته شده به جهت جذب گاز اتیلن در گروه مورد صورت گرفت و پس از انجام مراحل غنی‌سازی و خالص‌سازی و انجام تست‌های بیوشیمیایی جدایه‌ها، باکتری *سودوموناس پوتیدا*[4] شناسایی شد. نتایج تست‌های بیوشیمیایی انجام شده در مورد این باکتری نشان داد که باکتری قادر به تخمیر قندهای گلوکز، لاکتوز و ساکارز نبوده و همچنین دارای تست‌های سیمون سیترات، حرکت، کاتالاز و اکسیداز مثبت و اوره منفی می‌باشد. تصویر میکروسکوپی این باکتری در بررسی میکروسکوپی بصورت باسیل‌های کوتاه گرم منفی و بر روی محیط کشت بلاد آگار دارای کلنی‌های مخاطی همراه با همولیز ناقص (آلفا) مشاهده گردید.

[1] Organoleptic
[2] Tryptic soy agar
[3] Simmons Citrate
[4] *Pseudomonas putida*



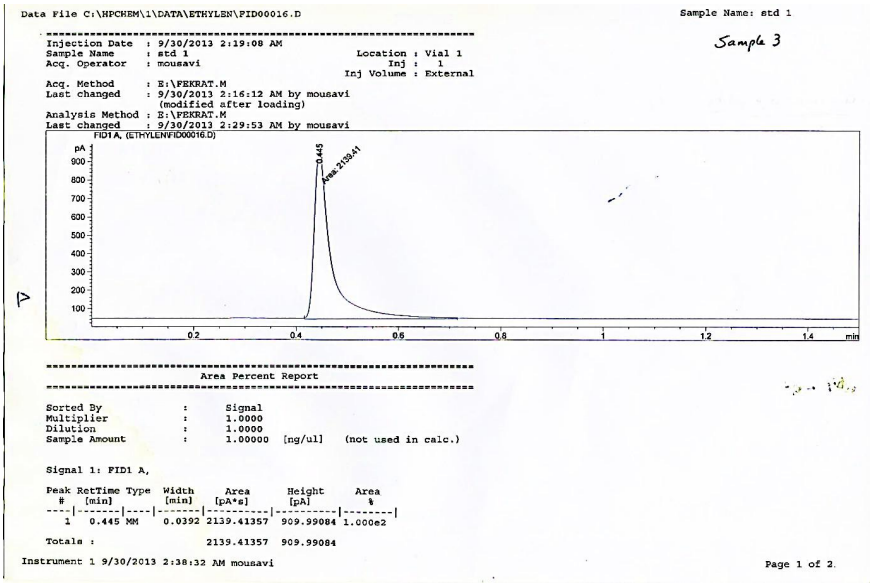
شکل ۳- کروماتوگرام دستگاه GC مربوط به نمونه شماره ۱

(غلظت گاز عبوری از ستون شماره یک ۴/۴۸۷۱۵ میلی‌لیتر اتیلن بر لیتر هوا)



شکل ۴- کروماتوگرام دستگاه GC مربوط به نمونه شماره ۲

(غلظت گاز عبوری از ستون شماره دو ۱/۸۲۲۴۴ میلی‌لیتر اتیلن بر لیتر هوا)



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\ETHYLEN\FID00016.D

Sample Name: std 1

Sample 3

Injection Date : 9/30/2013 2:19:08 AM
Sample Name : std 1
Acq. Operator : mousavi
Location : Vial 1
Inj : 1
Inj Volume : External

Acq. Method : E:\FEKRAT.M
Last changed : 9/30/2013 2:16:12 AM by mousavi
(modified after loading)
Analysis Method : E:\FEKRAT.M
Last changed : 9/30/2013 2:29:53 AM by mousavi

FID1 A, (ETHYLEN\FID00016.D)

pA

0.445

Area 2139.41

min

Area Percent Report

Sorted By : Signal
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [ng/ul] (not used in calc.)

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	0.445	MM	0.0392	2139.41357	909.99084	1.000e2

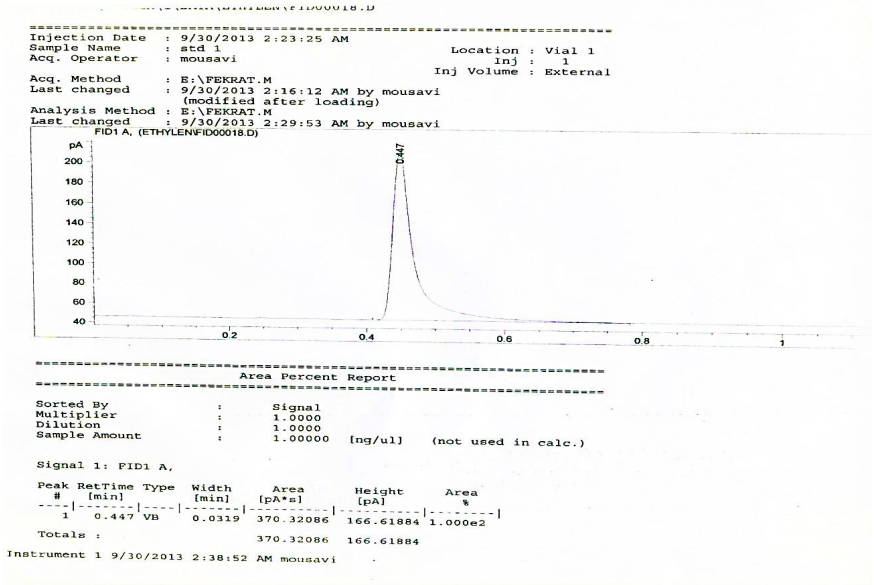
Totals : 2139.41357 909.99084

Instrument 1 9/30/2013 2:38:32 AM mousavi

Page 1 of 2

شکل ۵- کروماتوگرام دستگاه GC مربوط به نمونه شماره ۳

(غلظت گاز عبوری از ستون شماره سه ۲/۱۰۹۹۳ میلی‌لیتر اتیلن بر لیتر هوا)



Injection Date : 9/30/2013 2:23:25 AM
Sample Name : std 1
Acq. Operator : mousavi
Location : Vial 1
Inj : 1
Inj Volume : External

Acq. Method : E:\FEKRAT.M
Last changed : 9/30/2013 2:16:12 AM by mousavi
(modified after loading)
Analysis Method : E:\FEKRAT.M
Last changed : 9/30/2013 2:29:53 AM by mousavi

FID1 A, (ETHYLEN\FID00018.D)

pA

0.447

Area Percent Report

Sorted By : Signal
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [ng/ul] (not used in calc.)

Signal 1: FID1 A,

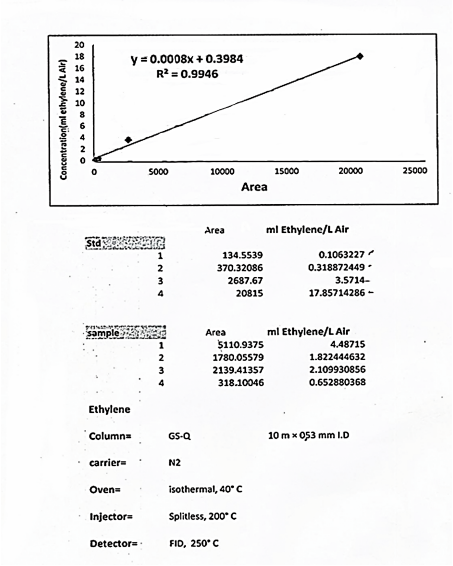
Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	0.447	VB	0.0319	370.32086	166.61884	1.000e2

Totals : 370.32086 166.61884

Instrument 1 9/30/2013 2:38:52 AM mousavi

شکل ۶- کروماتوگرام دستگاه GC مربوط به ستون دارای بهترین راندمان در جذب اتیلن

(غلظت گاز عبوری از ستون شماره چهار ۰/۶۵۲۸ میلی‌لیتر اتیلن بر لیتر هوا)



شکل ۷- منحنی استاندارد با نمایش کمترین ضریب خطا با توجه به ضریب همبستگی

بحث و نتیجه‌گیری

اساس کار بیوفیلترها، زیست پالایی[1] می‌باشد که موجب حذف و یا تجزیه آلاینده‌های محیطی توسط میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. هرچند فیلترهای زیستی دارای ساختاری ساده هستند، اما بیولوژی زیستی و دینامیک درون آن‌ها پیچیده و متنوع است. ساختار این فیلترها به‌گونه‌ای است که ریز موجودات در برابر شرایط بیرونی محافظت شده و رشد آن‌ها در محیطی کنترل شده انجام می‌گردد. فیلترهای زیستی برای کارخانجات لبنیاتی، فرآورده‌های دامی و فاضلاب‌های شهری کاربرد زیادی دارد. این روش‌ها قابلیت تطبیق با حجم کم تا حجم‌های بسیار زیاد از مواد اولیه را دارا می‌باشد (۹). با توجه به نتایج حاصله، این پژوهش توانست یک بستر مناسب حاوی میکروارگانیسم شناخته شده با توانایی جذب گاز اتیلن به جهت حفاظت از میوه‌ها را طراحی و پیشنهاد نماید. با جذب گاز اتیلن توسط این بستر میوه‌ها در دوران انبار شدن تا زمان ارسال به بازار مصرف از گزند گاز اتیلن که سبب رسیده شدن بیش از حد میوه و از بین رفتن آن می‌شود جلوگیری خواهد شد. روش‌های مختلف برای حفاظت میوه‌ها در این شرایط وجود دارد (۱۰). اما مزیت-های روش پیشنهادی در این تحقیق در مقایسه با سایر روش‌ها در این است که اولاً استفاده از مواد موجود در طبیعت بدون افزودن هیچگونه ترکیبات شیمیایی جهت جذب گاز اتیلن و نگهداری میوه‌ها امکان‌پذیر است. در حقیقت این فیلتر بصورت سبز و طبیعی عمل خواهد کرد و خطرات افزوده شدن مواد شیمیایی افزودنی به محصول را نخواهد داشت. همچنین بستر مورد استفاده و ترکیبات آن کاملاً طبیعی بوده و به‌راحتی پس از مصرف به طبیعت برمی‌گردند و هیچگونه آلودگی زیستی و پسماند آلوده‌کننده محیط‌زیست را به دنبال ندارد این در حالی است که اغلب روش‌های نگهداری که هم‌اکنون در خصوص مواد غذایی کاربرد دارند اغلب توأم با آلودگی شدید محیطی پس از مصرف مواد غذایی نگهداری شده توسط آنها هستند که می‌توان به قوطی کنسرو، کارتن‌ها و جعبه‌های نگهداری میوه و ... اشاره کرد (۱۱). در تولید این بسترها و در زمان مصرف آنها هیچگونه صرف انرژی صورت نخواهد گرفت و لذا برتری غیرقابل‌انکاری نسبت به روش‌هایی مانند فریز کردن، حرارت دادن و غیره دارند. بومی بودن این محصول بسیار حائز اهمیت است. در شرایطی که کشور در مسیر خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی است باید تمهیداتی برای حفظ و نگهداری این محصولات اندیشیده شود که از فناوری بومی و بدون وابستگی برخوردار باشند که این پژوهش تا حدی می‌تواند این نیاز را برآورده سازد. این پژوهش برای اولین‌بار در

[1] Bioremediation

ایران استفاده از چنین بسترهایی با توانایی مناسب و میکروارگانیسم مشخص را معرفی می‌نماید. در سایر کشورها پژوهش‌های مشابهی صورت گرفته است مثلاً در سال ۱۹۹۱ فیلتر زیستی طراحی شد که با اضافه کردن میکروارگانیسم‌ها به محیط نگهداری هیدروکربن‌ها باعث حذف اتیلن می‌شود. در پژوهش مذکور از فیلم ثابت Bioscrubbers استفاده شد (۱۲). برخی از این پژوهش‌ها اثبات کردند که با توجه به تعامل بین فیلتر زیستی و آلاینده می‌توان یک فیلتر زیستی پویا را شبیه‌سازی کرد (۱۳). در سال ۱۹۹۷ برخی از محققین موفق به حذف اتیلن با راندمان ۹۹ درصد شدند. آنها این کار را با استفاده از Perlite_Based انجام دادند (۱۴). در سال ۱۹۹۸ پیشنهاد حذف اتیلن را با استفاده از GAC (گرانول کربن فعال) و با راندمان ۴۰ درصد مطرح شد (۹). در سال ۱۹۹۸ انواع مختلف فیلترهای زیستی برای از بین بردن اتیلن (زغال‌سنگ نارس خاک، کربن فعال) مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از EBRT[1] توسط میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده (C_2H_4) در مدت ۹ دقیقه از ۱۱۷ppm ورودی به کمتر از ۰/۰۴ ppm کاهش یافت (۱۵). در سال ۲۰۰۶ پژوهشگران موفق به حذف اتیلن با راندمان ۱۰۰ درصد شدند. در این آزمایش، از Activated Carbon Media استفاده شد (۱۶) و در سال ۲۰۱۰ پیشنهاد استفاده از Perlit Media،NH_3 Loading جهت حذف اتیلن مطرح گردید (۱۷).

از یافته‌های بدست آمده در تحقیق حاضر مشخص گردید که آنالیز گازهای عبور داده شده از ستون‌های ۱ تا ۴ بیشترین جذب گاز اتیلن را در ستون شماره ۴ و سپس با اختلاف در ستون ۲ داشته‌اند. با استفاده از این نتایج، از بستر بکار رفته در ستون شماره ۴ جهت جذب گازهای اتیلن تولید شده توسط میوه در شرایط نگهداری پیشنهاد می‌گردد. مزیت پژوهش حاضر نسبت به تمامی پژوهش-های مذکور در این است که در آن از بستری طبیعی و کاملاً در دسترس استفاده شده است و همانگونه که قبلاً ذکر شد این بستر به راحتی کاملاً بومی در دسترس تولیدکنندگان میوه خواهد بود. با توجه به اینکه امکان اثرگذاری سایر گازها و عوامل بر روند رسیده شدن بیش از حد و فساد میوه وجود داشت در این مطالعه، علاوه بر ارزیابی میزان توانایی بستر مورد مطالعه، این بستر در شرایط طبیعی و بسته‌بندی معمولی میوه نیز مورد سنجش قرار گرفت و نشان داد که توانایی نسبی حفظ میوه‌ها از فساد در شرایط بسته‌بندی را دارد. همچنین با توجه به اینکه بستری که بیشترین جذب گاز اتیلن را در ستون‌های طراحی شده داشت در شرایط بسته‌بندی هم توانست شرایط بهتری در نگهداری میوه به وجود آورد لذا تأثیر گاز اتیلن در فساد میوه در نتایج این پژوهش نیز بارز است. با توجه به یافته‌های حاصله، استفاده از بیوفیلتر طبیعی با کاربرد *سودوموناس پوتیدا* در ذخیره‌سازی میوه پیشنهاد می‌گردد.

[1] Empty Bed Residence Time

سپاسگزاری

نویسندگان از کارکنان آزمایشگاه تحقیقاتی میکروبیولوژی غذا آزما و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان به دلیل همکاری صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنند.

حمایت مالی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته میکروبیولوژی بوده و از طرف دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان مورد حمایت مالی قرار گرفته است.

References

1- Snyder AB, Worobo RW. The incidence and impact of microbial spoilage in the production of fruit and vegetable juices as reported by juice manufacturers. Food Co-ntrol. 2018;85:50-144.

2- Talaei A, Askari Sarcheshmeh M, Baha-doran F, Sharafatian D. Study of the effects of hot water treatments and polyethylene coating on storage life and pomegranate fruit quality. Iranian Agricultural Sciences. 2010;35(2):369-377.

3- Lincy J, Mathew G, Gurcharan S, Pra-bha M. Phytochemical investigation on va-

rious parts of *Psidium guajava*. Annals of Plant Sciences. 2016;5(2):1265-1268.

4- Sedighi A, Gholami M, Sarikhani H, Ershadi A. Effect of salicylic acid and gibberellic acid on ripening time, anthocyanin content and ethylene production in black cherry fruit of Mashhad black cultivar. Journal of horticulture science. 2013; 26(2):141-146. [In Persian]

5- Rusca S, Charri`ere N, Droz PO, Oppliger A. Effects of bioaerosol exposure on work-related symptoms among Swiss sawmill workers. International archives of occupational and environmental health. 2008; 81:415-421.

6- Babbitt CW, Pacheco A, Lindner AS. Methanol removal efficiency and bacterial diversity of an activated carbon biofilter. Bioresource technology. 2009;100(24): 16-6207.

7- Fu Y, Shao L, Liu H, Tong L, Liu H. Ethylene removal evaluation and bacterial community analysis of vermicompost as biofilter material. Journal of hazardous materials. 2011;192(2): 66-658.

8- Fu Y, Shao L, Tong L, Liu H. Ethylene removal efficiency and bacterial community diversity of a natural zeolite biofilter. Bioresource technology. 2011;102(2):84-576.

9- Salehi, F. Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review. Journal of Texture Studies. 2020;51 (2): 361-370.

10- Martınez-Romero D, Bailen G, Serrano M, Guillen F, Valverde JM, Zapata P, Castillo S, Valero D. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. Critical reviews in food science and nutrition. 2007;47:543-560.

11- Badshah M, Parawira W, Mattiasson B. Anaerobic treatment of methanol condensate from pulp mill compared with anaerobic treatment of methanol using mesophilic UASB reactors. Bioresource technology. 2012;125:318-327.

12- Jaiswal AK, Kumar S, Bhatnagar T. Studies to enhance the shelf life of tomato using *Aloe vera* and neem-based herbal coating. Australian Journal of Science and Technology. 2017;1(2):67-71.

13- Dukovski D, Bernatzky R, Han S. Flowering induction of *Guzmania* by ethylene. Scientia Horticulturae. 2006;110(1): 104-108.

14- Hosea ZY, Liamngee K, Owoicha Terna AL, Agatsa D. Effect of Neem leaf powder on postharvest shelf life and quality of tomato fruits in storage. International Journal of Development and Sustainability. 2017;6(10):1334-1349.

15- Elsgaard L. Ethylene removal by a biofilter with immobilized bacteria. Applied and Environmental Microbiology. 1998; 64(11):73-4168.

16- Kim J, Hazard J. Assessment of ethylene removal with *Pseudomonas* strains. Journal of hazardous materials. 2006;131 (1-3):6-131.

17- Lee SH, Heber AJ. Ethylene removal using biofiltration. Part II. Parameter estimation and mathematical modeling. Chemical Engineering Journal. 2010;158 (2):89-99.

Vol.1/No.2/Autumn 2021/Pages 45-53 https://www.qafj.iauk.ac.ir

Increase Fruit Shelf Life Using Biological Filters During Storage

Hesam Zendehdel Moghadam[1], Babak Kheirkhah[*2], Ashraf Kariminik[3]
1-M.S, Department of Microbiology, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
2-Assistant professor, Department of Veterinary Medicine, Baft Branch, Islamic Azad University, Baft, Iran
3-Assistant professor, Department of Microbiology, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
* Corresponding Author: babakkheirkhah@yahoo.com
Received: 5/11/2021, Accepted: 19/12/2021

Abstract
Any change in food that reduces its quality value or reduces its popularity and marketing is called food spoilage. Ethylene gas is one of the gases produced from ripe fruits that causes high ripening and spoilage of the fruit during storage. Solutions have been suggested to absorb this gas during fruit storage. The aim of this study was to apply bio-filters to remove ethylene gas to increase the life of banana fruit after harvest during storage. Various samples prepared from agricultural wastes containing natural environmental microorganisms were evaluated in biological filters designed to remove ethylene gas and prevent spoilage of banana fruit compared to control samples. The gas chromatograph showed that the amount of gas passing through column 4, which contained peat soil substrates, poplar wood chips, enriched organic substrate, leaf soil, straw and creamy organic fertilizer was equal to 0.6528 ml of ethylene per liter of air. It had the highest ability to remove ethylene gas compared to other columns and showed a significant difference with the control sample. In addition, this filter was observationally effective in terms of shelf life of immature bananas compared to control samples, and biological filters containing Pseudomonas putida have the highest amount of ethylene gas absorption. Based on the findings, the use of biological filters is recommended to increase the shelf life of fruits in storage.

Keywords: Shelf Life, Biological Filter, Fruit, Bacteria