اثر کشت بدون خاک با تیمار چای کمپوست بر ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده با دو نوع فیلم متفاوت

بهجت تاج‌الدین[۱*]، اصلان عزیزی[۱] و گیتا حسینی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۲۸)

چکیده

با استفاده از عواملی چون بستر رشد و بسته‌بندی مناسب، می‌توان عمر نگهداری محصول گلخانه‌ای فلفل دلمه‌ای را افزایش داد. در این پژوهش، فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک روی بسترهای رشد حاوی تیمارهای ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد چای کمپوست، با استفاده از روش اتمسفر تغییریافته در دو نوع فیلم بسته‌بندی شد. سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین C، و تنفس بلافاصله پس از برداشت و طی مدت نگهداری روی نمونه‌های فلفل دلمه‌ای با سه تکرار اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل، در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی، با آرایش فاکتوریل سه عاملی (بستر رشد حاوی مقادیر مختلف چای کمپوست، نوع ماده بسته‌بندی، و زمان نگهداری) تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای رشد کرده روی بسترهای رشد حاوی مقادیر مختلف چای کمپوست اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) با بستر رشد بدون چای کمپوست داشت. اما از نظر این که کدام درصد از چای کمپوست بیشترین تأثیر را دارد، جمع‌بندی واحدی حاصل نشد. از نظر عامل زمان نگهداری، با این که بیشتر صفات از روند کاهشی برخوردار بودند، در دامنه استانداردهای این ویژگی‌ها قرار داشتند. از نظر عامل نوع فیلم نیز فیلم نانویی نسبت به فیلم غیرنانویی برتری داشت. به‌طور کلی، فلفل‌های رشدکرده روی بسترهای رشد حاوی چای کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانویی تا مدت بیش از یک ماه از ویژگی‌های مناسبی برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: فلفل دلمه‌ای، چای کمپوست، روش اتمسفر تغییریافته، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، عمر نگهداری

مقدمه

مشکل عمدهٔ تولیدکنندگان و پژوهشگران کشاورزی در دنیا، حفظ کیفیت و کمّیت پس از برداشت محصولات است به طوری که با به حداقل رساندن ضایعات، محصولات با بازارپسندی کافی به‌دست مصرف کننده برسد. تولید محصول در شرایط کاملاً طبیعی و ارگانیک یا نزدیک به ارگانیک، استفاده از کودهای آلی به‌جای کودهای شیمیایی، و استفاده از بسته‌بندی‌های مناسب برای نگهداری محصول، از راه‌کارهای

۱. بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و مسایل پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۲. بخش تحقیقات مهندسی گلخانه، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behjat.tajeddin@yahoo.com

عملی برای رسیدن به این هدف است.

تولید محصولات با کیفیت خوب و عملکرد زیاد در شرایطی که کشت خاکی مقدور نباشد، با کشت بدون خاک امکان‌پذیر است (۲۲). به هر حال، باقیمانده سموم و کودهای شیمیایی مصرفی در تولیدات گلخانه‌ای، تهدید روز افزونی برای سلامت مصرف کنندگان است.

ورمی‌کمپوست، یک کود آلی سرشار از مواد هومیک، انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد، آنزیم‌های مختلف و عناصر غذایی قابل جذب برای گیاه و ریزجانداران مفید سازگار با گیاه است (۹) که به‌دلیل برخورداری از ماهیت آلی، باعث آلودگی خاک نمی‌شود (۱۴). این کود، بوی نامطبوع مربوط به تولید کمپوست را نداشته و در نتیجه مشکل تجمع مگس‌ها در حین تولید آن کاهش یافته و حمل و نقل آسان‌تری دارد (۱۰). چای کمپوست، نوعی کود زیستی مایع است که از طریق عصاره‌کشی از کمپوست یا ورمی‌کمپوست و استخراج مواد غذایی و ریزجانداران مفید آنها حاصل می‌شود (۱۳). مصرف چای کمپوست در روش کشت بدون خاک که دارای پایین‌ترین سطح فعالیت زیستی نسبت به محیط خاک است، هم نیاز غذایی گیاه را تأمین می‌کند و هم از نظر زیستی محیط مناسبی را برای رشد گیاه فراهم می‌آورد (۳۰). رناتو و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که با افزایش میزان درصد ورمی‌کمپوست در شرایط گلخانه، میزان منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر و گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) خاک، افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند (۲۹). نورمن و همکاران (۲۰۰۵) نیز با کاربرد ورمی‌کمپوست در مقادیر کم ۲/۵ یا ۵ تن در هکتار گزارش کردند که این عمل از طریق افزایش فعالیت میکروبی خاک، و افزایش رشد، گل‌دهی و عملکرد سبزی‌های با ارزش و میوه‌های بوته‌ای در مزارع (گیاهان زمینی)، باعث افزایش کیفیت خاک می‌شود (۲۵).

نایدو و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر بسیار چشمگیر استفاده از کمپوست و یا عصاره کمپوست را به‌عنوان یک منبع کود آلی بر رشد گیاه و محافظت از خاک بیان کردند (۲۴). همچنین، چان و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که با استفاده از ورمی‌کمپوست حاصل از مواد آلی باقیمانده باغی در تولید سبزی‌ها، به ۳۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف اوره و ۱۰۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف فسفر و پتاسیم رسیده‌اند (۱۶). هورتا و همکاران (۲۰۱۰)، با مصرف ورمی‌کمپوست در تولید فلفل آماشیتو، افزایش تولید محصول و عملکرد آن را بیان کردند (۱۸).

فلفل دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum* L.، یکی از سبزی‌های میوه‌ای مهم است که به‌دلیل برخورداری از ارزش غذایی بالا و خواص بسیار مفید برای انسان (۲ و ۱۱) از طرفی و مصرف زیاد از طرف دیگر، یکی از گزینه‌های همیشگی برای کشت در محیط گلخانه است.

بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (MAP)، فناوری است که تا حد زیادی برای میوه‌ها و سبزی‌های تازه به کار می‌رود. میوه‌ها و سبزی‌های تازه با نگهداری در اتمسفری مناسب از اکسیژن و دی‌اکسید کربن که فرایند تنفس آن‌ها را کند می‌کند، طولانی‌تر می‌مانند (۴). شرایط اتمسفر بسته‌بندی برای فلفل $۲-۵O_۲$ درصد + $۲-۵CO_۲$ درصد، و دمای حمل و نقل یا نگهداری آن ۱۲-۵ ^oC ذکر شده است (۲۲). البته سینگ و همکاران (۲۰۱۴) دو اتمسفر حاوی $۴/۵O_۲$ درصد + $۷/۸CO_۲$ درصد، و $۴/۷O_۲$ درصد + $۷/۵CO_۲$ درصد همراه با جاذب رطوبت را برای کاهش مقدار تنفس فلفل دلمه‌ای پیشنهاد دادند (۳۳). رنجیتا و همکاران (۲۰۱۵) نیز بازارپسندی برش‌هایی از فلفل دلمه‌ای ابتدا آغشته شده در محلول ۲ درصد پروپیونات کلسیم و بسته‌بندی شده در اتمسفر دارای $۱۳-۱۴O_۲$ درصد + $۷CO_۲$ درصد را در دمای ۸ ^oC تا ۹ روز افزایش دادند (۲۹).

بنابراین، با توجه به نقش و اهمیت فلفل دلمه‌ای در سبد خانوار و تمایل روز افزون مصرف‌کنندگان برای استفاده از محصولات تازه و سالم در تمام فصول، نیاز به یک بسته‌بندی مناسب که با حفظ ویژگی‌های کیفی، ماندگاری محصول را افزایش دهد، کاملاً ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی بسته‌بندی مناسب برای محصول

گلخانه‌ای فلفل دلمه‌ای حاصل از بستر رشد حاوی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد چای کمپوست در کشت بدون خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

میوه‌های فلفل دلمه‌ای، رقم فلات از گلخانه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج) برداشت شد. فیلم پلی‌اتیلن سبک (LDPE) با ضخامت ۴۲ میکرون و فیلم نانوپلیمر سیلیکونی (متشکل از پلی‌اتیلن با چگالی کم که نانوذرات سیلیکون به‌صورت یک شبکه تورمانند آن را احاطه کرده بود) با ضخامت ۳۱ میکرون از شرکت نانوبسپار آیتک/ ایران خریداری شد.

آماده‌سازی بستر رشد برای کشت فلفل دلمه‌ای

در گلخانه مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ابتدا ترکیبی از سطوح مختلف ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد چای کمپوست و محلول غذایی کود کامل، به بستری از پرلیت، کوکوپیت و ماسه شسته (به نسبت ۲۰:۴۰:۴۰) که در گلدان‌های ۱۰ لیتری کشت شده بودند، افزوده شد و سپس، نشاهای فلفل دلمه‌ای روی بستر فوق به روش کشت بدون خاک قرار گرفتند. چای کمپوست دارای ۱/۲۲ درصد نیتروژن، ۱/۱۶ درصد پنتا اکسید فسفر (P_2O_5)، ۱/۱۵ درصد پتاسیم (K_2O)، ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم، ۱۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سرب، و ۲۵ درصد کربن آلی بود. محلول غذایی نیز از ترکیبات نیترات پتاسیم، منوپتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم، اسید فسفریک، آهن، نیترات کلسیم، چای کمپوست، و ریزمغذی‌ها تشکیل شده بود (۸).

برداشت و بسته‌بندی فلفل دلمه‌ای

پس از حدود هشت هفته از زمان کشت، فلفل دلمه‌ای برداشت شد. پس از برداشت، بلافاصله آزمون‌های کمی و کیفی به شرح زیر روی نمونه‌های فلفل دلمه‌ای با سه تکرار، به‌عنوان شاخص‌های روز صفر انجام گرفت. سپس، فلفل‌های سالم (بدون لک، فاقد آلودگی و بدون هر گونه خراشیدگی) انتخاب شده و با آب شسته شدند. پس از خشک شدن در دمای محیط آزمایشگاه، با وزن مشخص در فیلم‌های پلی‌اتیلن سبک و نانوپلیمر سیلیکونی به روش بسته‌بندی محفظه‌ای (۲۶)، با دستگاه بسته‌بندی MAP (شرکت هنکلمن، مدل باکسر ۴۲، ساخت هلند) با ترکیب گازی ۹۰N_2 درصد + ۵CO_2 درصد +۵ O_2 درصد بسته‌بندی شدند. نمونه‌های بسته‌بندی شده کد گذاری شده (جدول ۱) و تکرارهای متعددی از آنها برای بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در زمان‌های مختلف نگهداری شده، و به سردخانه مؤسسه با دمای ۱ ± ۵ °C و رطوبت نسبی ۸۵ درصد انتقال یافتند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

میزان رطوبت

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت، از روش حرارت بالا با استفاده از آون برقی با دمای ۲ ± ۱۰۳ °C استفاده شد. پس از توزین‌های متوالی تا رسیدن به وزن ثابت (تفاوت صفر بین دو توزین متوالی)، مقدار رطوبت از رابطه (۱) محاسبه شد (۵):

$$\text{درصد رطوبت} = \left(m_1 - m_2\right) / m_0 \times 100 \qquad (1)$$

که در این رابطه، m_0 جرم نمونه، m_1 جرم ظرف و نمونه پیش از خشک کردن و m_2 جرم ظرف و نمونه پس از خشک کردن است.

pH

اندازه‌گیری pH عصاره میوه با استفاده از pH متر (مدل ۶۹۱ -Metrohm، ساخت سوئیس)، پس از واسنجی دستگاه انجام شد.

مواد جامد محلول کل

تعیین مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی دیجیتالی (مدل آتاگو، ساخت ژاپن) در دمای ۲۵ درجه

جدول ۱. کدگذاری نمونه‌های فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده

کد نمونه	مشخصات نمونه
صفر درصد (۱-۱)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی صفر درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن
۲۵ درصد (۱-۲)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۲۵ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن
۵۰ درصد (۱-۳)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۵۰ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن
۷۵ درصد (۱-۴)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۷۵ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن
۱۰۰ درصد (۱-۵)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۱۰۰ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن
صفر درصد (۲-۱)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۰ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانوپلیمر سیلیکونی
۲۵ درصد (۲-۲)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۲۵ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانوپلیمر سیلیکونی
۵۰ درصد (۲-۳)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۵۰ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانوپلیمر سیلیکونی
۷۵ درصد (۲-۴)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۷۵ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانوپلیمر سیلیکونی
۱۰۰ درصد (۲-۵)	فلفل دلمه‌ای حاصل از کشت بدون خاک حاوی ۱۰۰ درصد چای ورمی‌کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانوپلیمر سیلیکونی

سلسیوس انجام گرفت.

اسیدیته قابل تیتراسیون

محاسبه اسیدیته قابل تیتراسیون فلفل برحسب گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم میوه (اندیس اسید برای اسید مالیک: ۰/۰۰۰۶۷) انجام گرفت (۳۴). برای این کار، ابتدا عصاره میوه گرفته شد و با استفاده از کاغذ صافی صاف شد. ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف شده در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شده و با استفاده از آب مقطر حجم آن به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس با استفاده از سود ۰/۱ نرمال در حضور شناساگر فنل فتالئین کل ۵۰ میلی‌لیتر تیتر شد تا رنگ صورتی پدیدار شود. حجم سود مصرفی (V) یادداشت شده و با قرار گرفتن در فرمول زیر رابطه (۲)، درصد اسیدیته به‌دست آمد:

درصد اسیدیته = $(V\times ۰/۰۰۰۶۷\times ۱۰۰)/۵$ (۲)

ویتامین C

مقدار ویتامین C به روش شیمیایی ۲،۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل که یک شناساگر اکسیداسیون و احیاء است، اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه (۳)، محاسبه شد. در حقیقت، اسید آسکوربیک محلول حاوی شناساگر رنگی را به محلول بی‌رنگ تبدیل می‌کند که به مدت ۱۵ ثانیه دوام دارد (۳):

درصد اسید آسکوربیک = $[(v_o - v_۱)\times m_۱]\times ۱۰۰/m_۰$ (۳)

که در این رابطه، $m_۰$ جرم نمونه استفاده شده برحسب گرم در آزمایش تیتراسیون، $m_۱$ جرم اسیدآسکوربیک برحسب میلی‌گرم معادل یک میلی‌لیتر از محلول ماده رنگی، $v_۰$ حجم محلول ماده رنگی مصرفی بر حسب میلی‌لیتر برای تیتراسیون نمونه و $v_۱$ حجم محلول ماده رنگی مصرفی برحسب میلی‌لیتر در آزمون شاهد، است.

سفتی بافت

سفتی بافت فلفل با آزمون فروسنجی توسط دستگاه بافت‌سنج مدل H۵KS با لودسل ۵۰۰ نیوتن اندازه‌گیری شد. در این آزمون، میله ته‌گرد با قطر ۱/۶ میلی‌متر و با سرعت ۱۲۰ میلی‌متر بر دقیقه به درون بافت میوه فرو برده و میزان نیروی واردشده بر بافت میوه (برحسب نیوتن) در دو نقطه از سطح آن اندازه‌گیری شد (۱۵).

شدت تنفس

شدت تنفس فلفل با دستگاه میکرو ۵ (تستو، آلمان) اندازه‌گیری شد. این دستگاه مجهز به سنسور حساس به $CO_۲$ بود. شدت

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای تحت تیمارهای مختلف چای کمپوست در زمان برداشت

صفات	سطوح چای کمپوست (٪)				
	۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
رطوبت (٪)	۹۵/۶۷	۹۵	۹۱/۸۷	۹۴	۹۵/۲
مواد جامد محلول (٪)	۴/۱۷	۴	۴/۸	۵	۴/۸
اسیدیته (٪)	۱/۱	۱	۱/۰۷	۰/۹۳	۱/۱۸
ویتامین C (٪)	۱/۶	۱/۹	۱/۸۳	۱/۷۳	۱/۵۷
pH	۵/۳۳	۵/۲۷	۵/۲۸	۵/۲۷	۵/۳۳
تنفس ($mgCO_2/kg.h$)	۱۶/۶۶	۲۲/۳۵	۱۸/۲۲	۲۳/۴۹	۲۳/۶۷
سفتی بافت میوه (N)	۶/۴۵۰	۶/۸۶	۶/۹۶۷	۶/۸۶۷	۶/۸۵۰

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای

منابع تغییرات	معنی‌داربودن (.Sig)						
	رطوبت	pH	مواد جامد محلول	اسیدیته	ویتامین C	سفتی بافت	تنفس
چای کود	۰/۰۰۰**	۰/۲۳۴ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
فیلم	۰/۰۴۶*	۰/۰۰۰**	۰/۷۷۳ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۴*	۰/۰۰۰**
زمان	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
چای کود × فیلم	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰**	۰/۳۲۵ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۶**
چای کود × زمان	۰/۴۱۷**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۴*	۰/۰۰۰**
فیلم × زمان	۰/۲۳۱ **	۰/۰۰۰**	۰/۷۸۷ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۳۶۵ns	۰/۰۰۰**
چای کود × فیلم × زمان	۰/۴۵۱**	۰/۰۰۰**	۰/۹۴۲ns	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۱۴۲ns	۰/۰۰۲**

**، *و ns به‌ترتیب بیانگر تأثیر معنی‌دار در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.

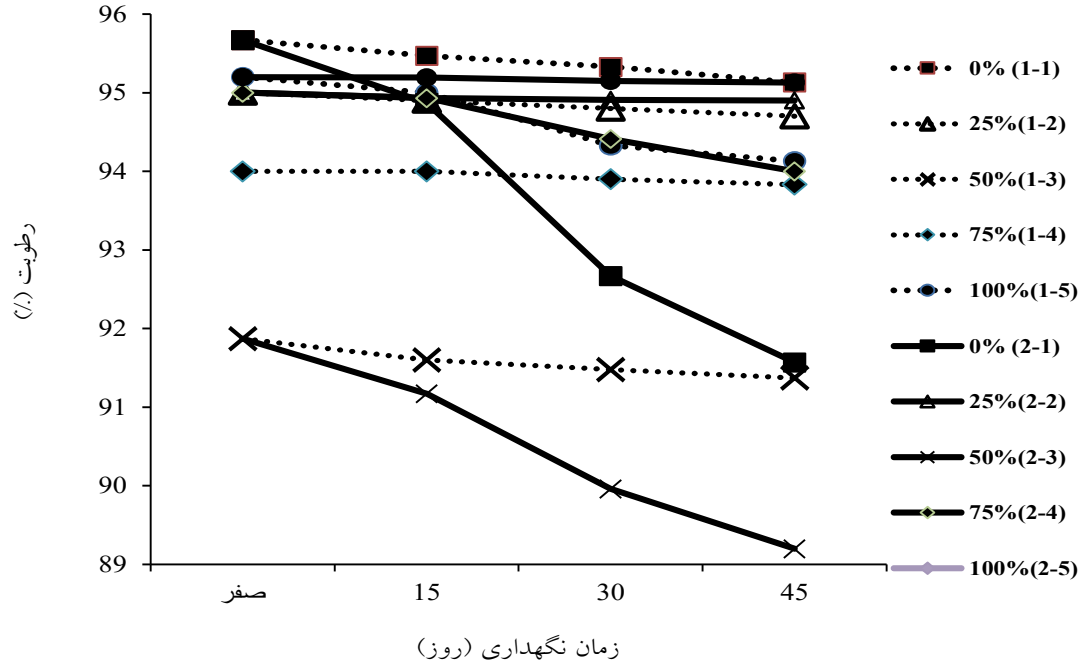
CO_2 تولید شده توسط جرم مشخصی از میوه در مدت زمان مشخص (یک ساعت) توسط سنسور به کارت حافظه دستگاه منتقل شد و شدت تنفس ($mg\ CO_2/kg.h$) با استفاده از خارج قسمت شیب منحنی CO_2 تولیدشده نسبت به زمان محاسبه شد.

روش آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل آماری، پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های کمی و کیفی فوق در سه تکرار، تجزیه واریانس چندطرفه آنها بر اساس یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی، با آرایش فاکتوریل سه عاملی تیمار بستر رشد در ۵ سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد چای کمپوست)، نوع ماده بسته‌بندی در دو سطح (فیلم پلی‌اتیلن سبک و فیلم نانوپلیمر سیلیکونی)، و زمان نگهداری در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶، انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

جدول (۲)، نتایج حاصل از میانگین سه تکرار از آزمون‌های روز صفر را برای متغیرهای وابسته نشان می‌دهد. حال، نتایج آزمون‌های دوره نگهداری و تجزیه و تحلیل تأثیر متغیرهای مستقل بستر رشد، نوع فیلم بسته‌بندی، و زمان نگهداری بر متغیرهای وابسته اندازه‌گیری‌شده فلفل دلمه‌ای، به‌تفکیک بحث می‌شود. جدول (۳)، سطح معنی‌دار بودن تجزیه



شکل ۱. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر درصد رطوبت میوه طی مدت نگهداری

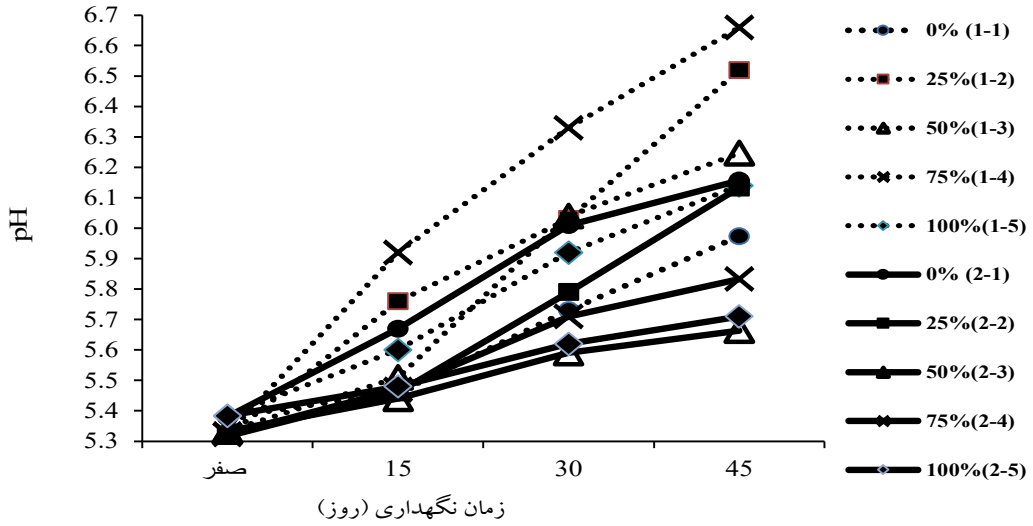
واریانس تأثیر عوامل مختلف بر شاخص‌های فلفل را طی نگهداری نشان می‌دهد.

میزان رطوبت

نتایج مربوط به تغییرات رطوبت میوه فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده طی مدت نگهداری در شکل (۱) آورده شده است. بر اساس بررسی منابع، فلفل دلمه‌ای بیش از ۹۰ درصد آب دارد که نتایج اندازه‌گیری‌ها در این پژوهش نیز آن را تایید می‌کند. به هر حال، کاهش رطوبت فلفل دلمه‌ای تقریباً در تمامی نمونه-ها طی مدت نگهداری، مشخص است. اما بر اساس شکل (۱)، میزان رطوبت در تمامی موارد بیشتر از ۹۰ درصد است. بر اساس جدول (۳) معلوم می‌شود عوامل بستر رشد و زمان نگهداری، و اثر برهم‌کنش بین بستر رشد و فیلم در سطح اطمینان ۹۹ درصد (سطح احتمال ۱ درصد)، و عامل فیلم در سطح اطمینان ۹۵ درصد (سطح احتمال ۵ درصد) بر میزان رطوبت فلفل دلمه‌ای مؤثر هستند. مقایسه میانگین‌های اثر بستر رشد بر رطوبت فلفل دلمه‌ای به روش دانکن مشخص کرد بستر رشد حاوی ۲۵ درصد و ۱۰۰ درصد چای کمپوست در یک دسته قرار گرفته و دارای بیشترین مقدار رطوبت هستند. با این که میزان رطوبت فلفل دلمه‌ای طی دوره نگهداری کاهش یافته ولی پس از ۴۵ روز نگهداری، همچنان بیش از ۹۰ درصد است. بر اساس جدول (۳)، عامل نوع فیلم در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر میزان رطوبت فلفل دلمه‌ای مؤثر است. با توجه به میانگین رطوبت حاصل از پنج تیمار بستر رشد در روز صفر (۹۴/۴ درصد)، و رسیدن این میانگین به ۹۳/۰ و ۹۳/۸ درصد به‌ترتیب برای فیلم پلی‌اتیلن و پلیمر نانویی در پایان دوره نگهداری، می‌توان قضاوت کرد که فیلم نانویی به‌دلیل ساختار خود که مانع از خروج رطوبت می‌شود، برای حفظ رطوبت فلفل در نزدیکی میانگین رطوبت، بهتر عمل کرده است.

pH

نتایج مربوط به تغییرات pH فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده طی مدت نگهداری در شکل (۲) نشان داده شده است. pH فلفل تند در محدوده ۶/۳–۵/۸ و برای فلفل دلمه‌ای در دامنه ۶/۵–۶ قرار



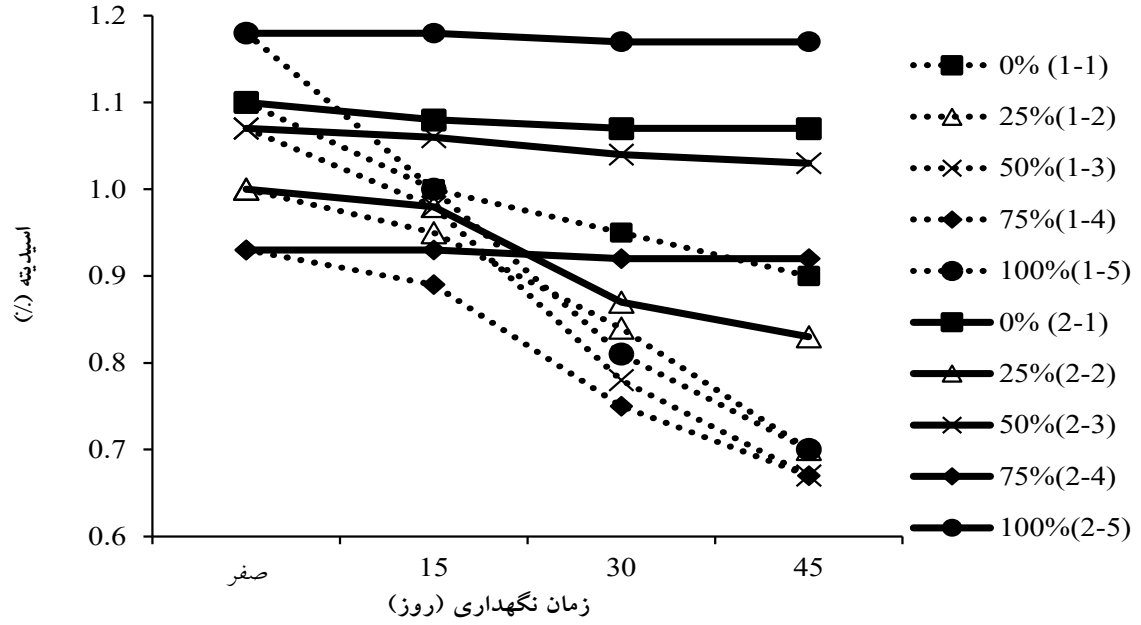
شکل ۲. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر میزان pH میوه طی مدت نگهداری

دارد (۱۲). نتایج اندازه‌گیری‌ها در این پژوهش با اختلاف جزیی، pH کمتری را نشان می‌دهد. به توجه به شکل (۲)، افزایش جزیی pH فلفل دلمه‌ای در تمامی نمونه‌ها طی مدت نگهداری، مشخص است. جدول (۳)، نشان می‌دهد عامل‌های فیلم، زمان و برهم‌کنش آن‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر میزان pH فلفل مؤثر بوده است اما عامل بستر رشد تأثیری بر مقدار آن نداشت. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشخص کرد تأثیر تمام سطوح عامل بستر رشد بر مقدار pH فلفل مشابه هم بوده و در یک دسته قرار می‌گیرند. اسلام و همکاران (۲۰۰۲)، با مقایسه چندین بستر رشد برای رشد گوجه‌فرنگی، تفاوت معنی‌داری را در مقدار pH میوه مشاهده نکردند (۱۹). به هر حال، کمترین مقدار pH مربوط به فلفل دلمه‌ای رشدکرده روی بستر رشد دارای ۱۰۰ درصد چای کمپوست بود. با توجه به معنی‌دارشدن تأثیر عامل زمان نگهداری بر شاخص pH فلفل دلمه‌ای (جدول ۳)، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشخص کرد که بیشترین میانگین شاخص pH مربوط به فلفل دلمه‌ای در روز ۴۵ رخ داده است. همچنین، عامل نوع فیلم در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر میزان pH فلفل دلمه‌ای مؤثر بود. با توجه به میانگین pH حاصل از پنج تیمار بستر رشد در روز صفر (۵/۲۹۷)، و رسیدن این میانگین به ۶/۲۶ و ۵/۸۵ به ترتیب برای فیلم پلی‌اتیلن و پلیمر نانویی در پایان دوره نگهداری، می‌توان قضاوت کرد که فیلم نانویی به‌دلیل ساختار خود که نفوذپذیری کمتری دارد، تغییرات pH آن کمتر بوده، و ثبات بیشتری نسبت به فیلم پلی‌اتیلن داشته است.

مواد جامد محلول کل

میزان مواد جامد محلول فلفل دلمه‌ای حدود ۶–۴/۸ درصد گزارش شده است (۷). نتایج تغییرات مواد جامد محلول فلفل بسته‌بندی شده طی مدت نگهداری نشان داد که عامل‌های بستر رشد، زمان و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان مواد جامد محلول فلفل دلمه‌ای مؤثر بوده است (جدول ۳) اما عامل فیلم و برهم‌کنش آن با مدت زمان نگهداری تأثیری بر مقدار مواد جامد محلول فلفل دلمه‌ای نداشت. به عبارت دیگر، بستر رشد بر میزان مواد جامد محلول میوه طی مدت نگهداری مؤثر بود اما اثر نوع بسته‌بندی بر مقدار آن طی مدت نگهداری میوه معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که بیشترین میانگین شاخص مواد جامد محلول مربوط به فلفل دلمه‌ای رشد کرده در بستر رشد حاوی ۷۵ درصد چای کمپوست بوده و کمترین آن متعلق به فلفل دلمه‌ای رشدکرده در بستر رشد حاوی ۲۵ درصد چای کمپوست بوده است. معمولاً با افزایش



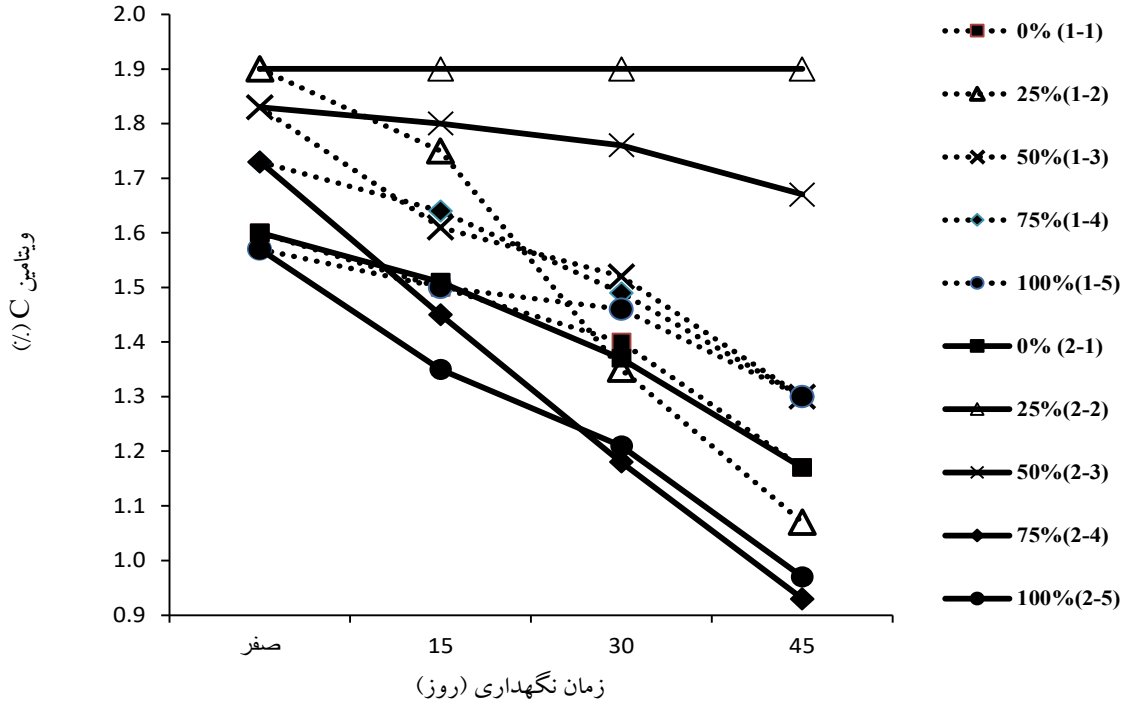
شکل ۳. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر مقدار اسیدیته میوه طی مدت نگهداری

مدت زمان نگهداری میوه‌ها، مقدار مواد جامد محلول نیز افزایش می‌یابد، چون درشت مولکول‌هایی مانند نشاسته به ریزمولکول‌هایی مانند گلوکز، مالتوز و دکسترین‌ها تبدیل می‌شوند. همچنین رطوبت محصول نیز کاهش می‌یابد که در نهایت منتج به افزایش مواد جامد محلول می‌شود (۶)؛ اما نتایج این پژوهش، کاهش جزیی در میزان مواد جامد محلول فلفل دلمه‌ای در تمامی نمونه‌ها را طی مدت نگهداری، نشان می‌دهد. به‌دلیل نزدیک بودن اعداد به یکدیگر، این مقدار کاهش جزیی ممکن است به‌دلیل خطای آزمایشگاهی باشد.

اسیدیته قابل تیتراسیون

نتایج مربوط به تغییرات اسیدیته فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده طی مدت نگهداری در شکل (۳) ارایه شده است. شرما و جوشی (۲۰۱۴)، مقدار اسیدیته قابل‌تیتر فلفل دلمه‌ای کشت داده شده روی بستر رشد چات‌نی (ترکیبی از میوه و سرکه و ...) را ۰/۲۵ درصد گزارش کردند (۳۱). نتایج اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتر در این پژوهش، مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد.

جدول (۳) نشان می‌دهد تمامی عوامل و برهم‌کنش آنها در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر میزان اسیدیته فلفل دلمه‌ای مؤثر بوده است. بیشترین میانگین شاخص اسیدیته مربوط به فلفل دلمه‌ای رشدکرده در بستر رشد بدون چای کمپوست و حاوی ۱۰۰ درصد چای کمپوست بوده و کمترین آن متعلق به فلفل دلمه‌ای رشدکرده در بستر رشد حاوی ۷۵ درصد چای کمپوست بود. تأثیر عامل زمان نگهداری بر شاخص اسیدیته فلفل دلمه‌ای معنی‌دار شده است؛ بیشترین میانگین شاخص اسیدیته مربوط به فلفل دلمه‌ای در روز صفر بوده و کمترین آن به فلفل دلمه‌ای نگهداری شده پس از ۴۵ روز تعلق داشت. شاخص اسیدیته قابل تیتراسیون، اغلب به‌عنوان نشانه‌ای از رسیدگی محصول به شمار می‌رود. معمولاً هنگام رسیدن، مقدار اسیدهای آلی در اثر تنفس و یا در اثر تبدیل شدن به قند، کاهش می‌یابند. بنابراین می‌توان انتظار داشت طی مراحل رسیدگی میوه، افزایش فعالیت‌های سوخت و ساز سلول‌ها، باعث کاهش اسیدیته سلولی شود (۶). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که درصد اسیدیته قابل تیتراسیون در تمامی نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش یافته است. با توجه به جدول (۳)، عامل نوع فیلم در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان اسیدیته فلفل

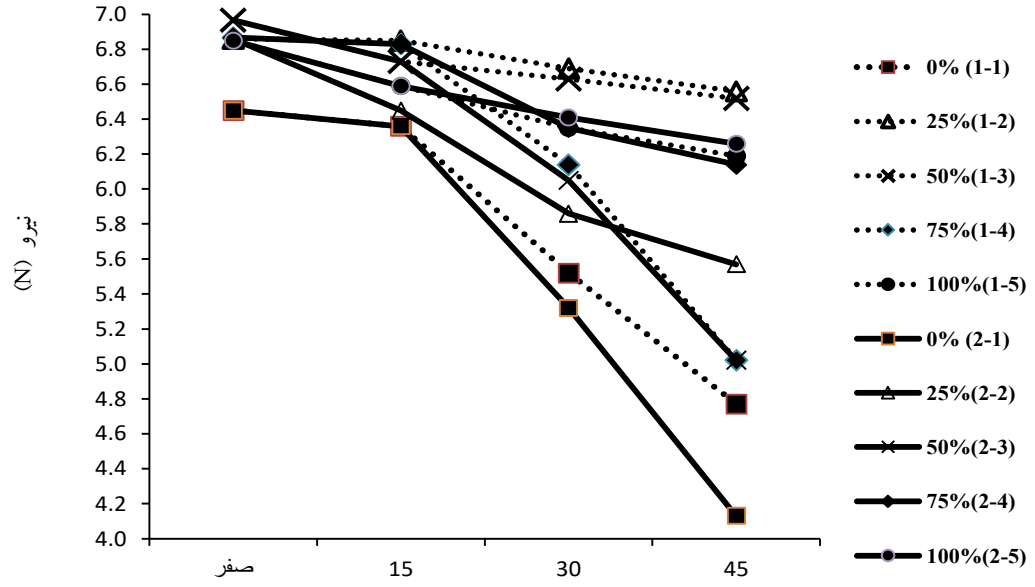


شکل ۴. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر درصد ویتامین C میوه طی مدت نگهداری

دلمه‌ای مؤثر است. با توجه به میانگین اسیدیته حاصل از پنج تیمار بستر رشد در روز صفر (۱/۰۶ درصد)، و رسیدن این میانگین به ۰/۷۳۶ درصد و ۱ درصد به‌ترتیب برای فیلم پلی‌اتیلن و پلیمر نانویی در پایان دوره نگهداری، می‌توان قضاوت کرد که فیلم نانویی تغییرات اسیدیته کمتری نسبت به فیلم پلی‌اتیلن داشته است.

ویتامین C

نتایج مربوط به تغییرات اسید آسکوربیک فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده طی مدت نگهداری در شکل (۴) آورده شده است. شرما و جوشی (۲۰۱۴)، مقدار اسید آسکوربیک فلفل دلمه‌ای کشت داده شده روی بستر رشد چاتنی (ترکیبی از میوه، سرکه و ...) را ۹۴/۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم فلفل گزارش کردند (۳۱). با توجه به جدول (۳)، تمامی عوامل و برهم‌کنش آنها در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر میزان ویتامین C فلفل مؤثر بودند. بیشترین میانگین شاخص ویتامین C مربوط به فلفل دلمه‌ای رشدکرده در بستر رشد حاوی ۲۵ درصد چای کمپوست بوده و کمترین آن متعلق به فلفل دلمه‌ای رشد کرده در بستر رشد حاوی ۱۰۰ درصد چای کمپوست بود. علیرغم گزارش شبانی و همکاران (۷) مبنی بر عدم تفاوت معنی‌دار تأثیر بستر رشد بر شاخص ویتامین C فلفل دلمه‌ای، پریمیوزیک و همکاران (۲۸) و سیمیتچیو و همکاران (۳۲) تأثیر معنی‌دار بستر رشد بر میزان ویتامین C محصول را گزارش کردند. با توجه به معنی‌دار شدن تأثیر عامل زمان نگهداری بر شاخص ویتامین C فلفل دلمه‌ای، بیشترین میانگین شاخص ویتامین C مربوط به فلفل دلمه‌ای در روز صفر بوده و کمترین آن به فلفل دلمه‌ای نگهداری‌شده پس از ۴۵ روز تعلق داشت. عامل نوع فیلم نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان ویتامین C فلفل دلمه‌ای مؤثر بود. با توجه به میانگین ویتامین C حاصل از پنج تیمار بستر رشد در روز صفر (۱/۷۳ درصد)، و رسیدن این میانگین به ۱/۲۳ و ۱/۳۳ درصد به‌ترتیب برای فیلم پلی‌اتیلن و پلیمر نانویی در پایان دوره نگهداری، می‌توان قضاوت کرد که فیلم نانویی تغییرات ویتامین C کمتری نسبت به فیلم پلی‌اتیلن داشته است.



شکل ۵. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر سفتی بافت میوه طی مدت نگهداری

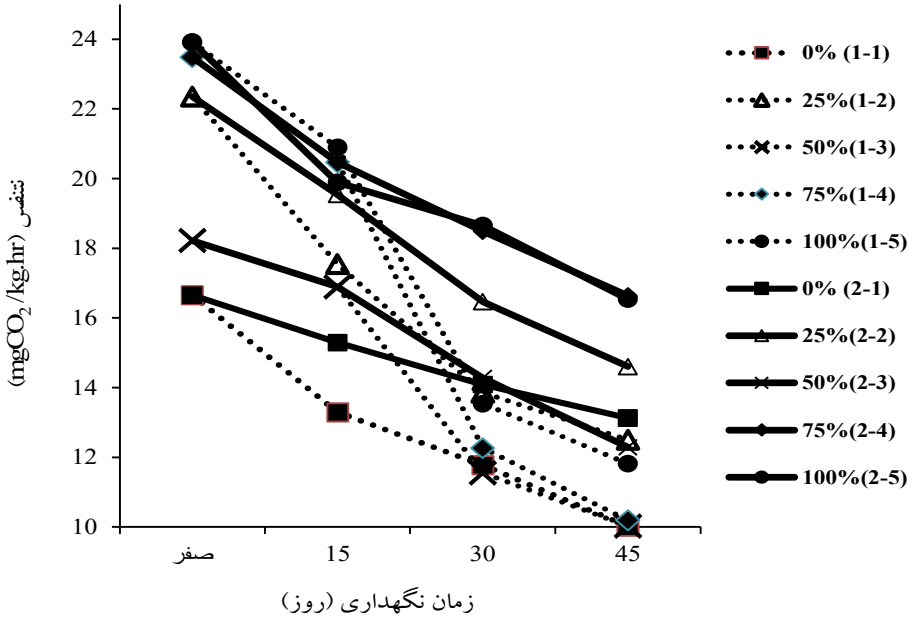
سفتی بافت میوه

میانگین نتایج سفتی بافت فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری در شکل (۵)، ارایه شده است. به‌طور کلی، سفتی بافت میوه‌ها با رسیدن میوه کاهش یافت. در حین نگهداری، به‌دلیل تداوم فرایند رسیدن و آنزیم‌هایی که بر دیواره سلولی میوه تأثیر می‌گذارند، چسبندگی سلول‌های مجاور به یکدیگر کم شده و در نتیجه بافت محصول نرم می‌شود (۲۱). رابطه معکوسی بین بافت و افزایش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز فلفل دلمه‌ای طی رسیدن آن وجود دارد یعنی با افزایش فعالیت آنزیم سفتی بافت کم می شود (۲۰).

بر اساس جدول (۳)، معلوم می‌شود که عوامل بستر رشد، زمان و برهم‌کنش بستر رشد در زمان، در سطح احتمال ۱ درصد بر سفتی بافت فلفل دلمه‌ای مؤثر بوده است. برهم‌کنش فیلم × زمان، و بستر رشد در فیلم در زمان، تأثیری بر سفتی بافت فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری نداشتند. غیر از فلفل دلمه‌ای حاصل از بستر رشد بدون چای کمپوست، فلفل رشد کرده روی کلیه بسترهای رشد حاوی مقادیر مختلف چای کمپوست با هم اختلاف معنی‌داری نداشته و در یک دسته قرار می‌گیرند. بیشترین میانگین سفتی بافت فلفل دلمه‌ای، مربوط به فلفل رشد کرده روی بستر رشد حاوی ۱۰۰ درصد چای کمپوست و کمترین آن متعلق به فلفل دلمه‌ای رشدکرده در بستر رشد بدون چای کمپوست است. با توجه به جدول (۳)، تأثیر عامل زمان نگهداری بر شاخص سفتی بافت فلفل دلمه‌ای معنی‌دار شده است، مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که تا ۱۵ روز پس از نگهداری، تغییرات زیادی در سفتی بافت مشاهده نمی‌شود ولی پس از آن بافت نرم‌تر می‌شود. به هر حال، بیشترین میانگین سفتی بافت فلفل دلمه‌ای، مربوط به روز صفر بوده و کمترین آن به فلفل دلمه‌ای نگهداری‌شده پس از ۴۵ روز تعلق داشت.

تنفس میوه

میانگین نتایج شدت تنفس میوه فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری در شکل (۶) نشان داده شده است. فلفل دلمه‌ای از جمله گیاهان نافرازگرا است. فرازگرایی، مرحله‌ای از رسیدن میوه‌هاست که با افزایش تولید اتیلن و تنفس سلولی همراه است در حالی که نافرازگراها، بدون افزایش سریع در تولید اتیلن و سرعت تنفس



شکل ۶. اثر بستر رشد و نوع بسته‌بندی بر شدت تنفس میوه طی مدت نگهداری

بالغ می‌شوند. میوه‌ها و سبزی‌ها از نظر شدت تنفس در ۵ °C به شش گروه خیلی کم (کمتر از ۵)، کم (۱۰-۵)، متوسط (۲۰-۱۰)، زیاد (۴۰-۲۰)، خیلی زیاد (۶۰-۴۰)، و به شدت زیاد (بیش از ۶۰) برحسب mg CO_2/kg.h تقسیم می‌شوند. فلفل دلمه‌ای از جمله محصولاتی است که در گروه متوسط قرار می‌گیرد (۱۷). شکل (۶) نیز نشان می‌دهد که مقدار تنفس تیمارهای مختلف با اختلاف جزیی در این گروه قرار دارد.

بسته‌بندی با MA برای محصولات تازه تکیه بر تعادل اتمسفر درون بسته دارد به‌گونه‌ای که با فعل و انفعال طبیعی بین فرایند تنفس محصول و فرایند انتقال گازها در بسته‌بندی، اتمسفری غنی‌تر از CO_2 و فقیرتر از O_2 ایجاد شود. این اتمسفر موجب کاهش شدت تنفس و کاهش تولید و حساسیت به اتیلن و کاهش فساد و تغییرات فیزیولوژیک مانند اکسیداسیون می‌شود (۱). نتایج این پژوهش (شکل ۶)، کاهش مقدار تنفس فلفل دلمه‌ای طی مدت نگهداری به روش MAP را نشان می‌دهد. سینگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز در استفاده از MAP برای افزایش ماندگاری فلفل دلمه‌ای (۳۳)، نتیجه گرفتند که شرایط بسته‌بندی به‌طور معناداری شدت تنفس در بسته را کاهش می‌دهد. جدول (۳)، نشان می‌دهد که کلیه عوامل و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر شدت تنفس فلفل دلمه‌ای مؤثر است. فلفل دلمه‌ای حاصل از بستر رشد حاوی ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد چای کمپوست از نظر شاخص تنفس، با هم اختلاف معنی‌داری نداشته و در یک دسته قرار می‌گیرند. فلفل دلمه‌ای رشد کرده روی بسترهای رشد حاوی دیگر مقادیر چای کمپوست در دسته‌های جداگانه هستند. بیشترین شدت تنفس فلفل دلمه‌ای، مربوط به فلفل رشد کرده روی بسترهای رشد حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد چای کمپوست و کمترین آن متعلق به فلفل دلمه‌ای رشدکرده روی بستر رشد بدون چای کمپوست بود. طی مدت نگهداری، شدت تنفس فلفل دلمه‌ای کاهش یافت به‌طوری که بیشترین شدت تنفس فلفل دلمه‌ای مربوط به روز صفر بوده و کمترین آن به فلفل دلمه‌ای نگهداری شده پس از ۴۵ روز تعلق داشت. به این مفهوم که بسته‌بندی، عامل مهمی در کاهش تنفس محصول است. با توجه به این که میانگین مقدار تنفس فلفل دلمه‌ای‌های بسته‌بندی شده در فیلم نانویی کمتر از فیلم معمولی است، به نظر می‌رسد که فیلم نانویی در کنترل تنفس فلفل دلمه‌ای بیشتر مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری

دو هدف اصلی فناوری‌های پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها، حفظ کیفیت و کاهش افت در زنجیره تولید است که با کنترل دما و اصلاح اتمسفر، می‌توان به این مهم دست یافت و افزایش عمر قفسه‌ای محصولات را سبب شد. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده موجب کاهش نرخ تنفس و کاهش تولید و حساسیت به اتیلن و کاهش فساد و تغییرات فیزیولوژیک مانند اکسیداسیون شده و در نتیجه ویژگی‌های کمی و کیفی محصول، کمتر دستخوش تغییر می‌شود. نتایج این پژوهش کاهش تغییرات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای بسته‌بندی شده با اصلاح اتمسفر را طی مدت نگهداری نشان داد. از نظر عامل بستر رشد، صفات مختلف فلفل دلمه‌ای رشد کرده روی بسترهای کشت دارای چای کمپوست نسبت به بستر رشد بدون چای، برتری داشتند. از نظر ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای رشدکرده روی سطوح مختلف بستر رشد حاوی مقادیر چای کمپوست، نتایج متفاوت بودند اما در دامنه اطلاعات ثبت شده برای ویژگی‌های فلفل قرار داشتند. از نظر عامل زمان نگهداری، بیشتر صفات از روند کاهشی برخوردار بودند ولی به‌دلیل استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته، این کاهش در برخی موارد جزیی بوده و باز هم در در دامنه اطلاعات ثبت شده برای این ویژگی‌ها قرار داشت. از نظر عامل نوع فیلم، با اختلاف جزیی، فیلم نانویی به فیلم غیرنانویی برتری داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت فلفل‌های رشدکرده روی بسترهای رشد حاوی چای کمپوست بسته‌بندی شده در فیلم نانویی تا مدت بیش از یک ماه از ویژگی‌های مناسبی برخوردار بودند.

منابع مورد استفاده

۱. بختیاری، ا.ع.، عبداله‌پور، ش.، و همتیان، ا. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد عوامل مؤثردر مدل کردن نرخ تنفس میوه‌ها و سبزیجات تازه برای بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP). اولین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین در کشاورزی.

۲. بی‌نام. ۱۳۷۳. ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای. استاندارد شماره ۵۳، تجدید نظر اول، چاپ دوم، سازمان ملی استاندارد ایران.

۳. بی‌نام. ۱۳۷۹. میوه‌ها، سبزی‌ها و فرآورده‌های آنها – اندازه‌گیری اسید اسکوربیک (ویتامین C) – (روش متداول). استاندارد ملی ایران، شماره ۵۶۰۹، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۴. تاج‌الدین، ب. ۱۳۹۸. بسته‌بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییریافته (MAP)، (ترجمه). تهران: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی (چاپ دوم).

۵. جعفری‌زاده، س. ۱۳۸۵. اندازه‌گیری رطوبت. اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، شماره F1.5.

۶. راحمی، م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی پس از برداشت مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه و سبزی‌ها، ترجمه. چاپ اول. انتشارات دانشگاه شیراز.

۷. شبانی، ط.، پیوست، غ.، و الفتی، ج. ۱۳۹۰. بررسی اثر بسترهای کشت بر صفات کمی و کیفی سه رقم فلفل دلمه‌ای در سیستم کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال ۲، شماره ۶، ۲۰-۱۱.

۸. عزیزی، ا.، حسینی، گ.، و غفاری، ز. ۱۳۹۶. بررسی امکان مصرف چای کمپوست به‌جای کودهای شیمیایی در کشت هیدروپونیک باز محصول گلخانه‌ای فلفل دلمه‌ای و اثر آن بر کیفیت و کمیت محصول. گزارش نهایی به شماره ۵۲۹۹۲ مورخ ۹۶/۱۱/۳ مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی، تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۹. نورافکن، ح.، محمودی‌راد، ز.، و پویان‌فر، م. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی چای ورمی کمپوست بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی تاتوره. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی، دوره ۱۲، شماره ۲، ۱۷- ۱۱.

۱۰.واحدی، ح.، و بهشتی آل آقا، ع. ۱۳۸۵. روش‌های تولید عوامل کنترل بیولوژیک آفات گیاهی، کودهای زیستی و ورمی کمپوست. چاپ اول. انتشارات دانشگاه رازی.

11. Anon. 2008. Bell pepper. http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Bell_pepper.
12. Anon. 2017. http://www.homehydrosystems.com/ph_tds_ppm/ph_vegetables_page.html
13. Archana, P.P., Theodore, J.K., Ngyuen, V.H., Stephen, T.T., and Kristen, A.K. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant avtivity in Pak Choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chineis Group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. J. Sci. Food Agric. 89(14): 2383–2392.
14. Azizi, M., Baghani, M., Lakziyan, A., and Arouie, H. 2007. Effect of different level of vermicompost spraying on morphological traits and essential oils content of *Ocimum basilicum* L. J. Sci. Technol., Special Hortic. Sci. 21 (2): 41–52.
15. Castro, S.M., Saraiva, J.A., Lopes-da-Silva, J.A., Delgadillo, I., Van Loey, A., Smout, C., and Hendrickx, M. 2008. Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Food Chem. 107: 1436–1449.
16. Chan, K.Y., Orr, L., Fahey, D. and Dorahy, C.G. 2011. Agronomic and economic benefits of garden organics compost in vegetable production. Compost. Sci. Utilization. 19(2): 97–104.
17. Gross, K.C., Wang, C.Y., and Saltveit, M. 2016. Agriculture handbook number 66: the commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture (USDA).
18. Huerta, E., Vidal, O., Jarquin, A., Geissen, V. and Gomez, R. 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of amashito pepper, interactons with eartworms and rhizobacteria. Compost. Sci. Utilization. 18(4): 282–288.
19. Islam, M.D.S., Khan, S., Ito, T., Maruo, T., and Shinohara, Y. 2002. Characterization of the physicochemical properties of environmentally friendly organic substrate in relation to rockwool. J. Hortic. Sci. Biotech. 77: 143–148.
20. Jen, J.J., and Robinson, M.L. 1984. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). J. Food Sci. 49(4): 1085–1087.
21. Johnston, J.W., and Hewett, E.W. 2002. Post harvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. New Zeal J. Crop. Hort. Sci. 30: 145–160.
22. Mar, C.W. 1994. Hydroponic systems. Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. pp 1–7.
23. Mattos, L.M., Moretti, C.L. and Ferreira, M.D. 2012. Modified atmosphere packaging for perishable plant products, in: polypropylene (Fatih Dogan, Ed.). pp 95–110. http://www.intechopen.com/books/polypropylene/modified-atmosphere-for-perishable-plant-products
24. Naidu,Y., Meon, S., Kadir, J. and Siddiqui, Y. 2010 Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. Int. J. Agric. Biol. 12(1): 51–56.
25. Norman, N.Q., Arancon, N.Q., Clive, A., and Edwards, C.A. 2005. Effect of vermicompost on plant growth. Soil Ecology Laboratory, The Ohio State University, Columbus, USA.
26. Paine, Y., and Frank, A. 1992. Hand Book of packaging. Chapman and Hall. LTD.
27. Premuzic, Z., Bargiela, M., Garcia., A., Rendina, A., and Iorio, A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. HortSci. 33(2): 255–257.
28. Ranjitha, K., Sudhakar Rao, D. V., Shivashankara, K. S., and Roy, T. K. 2015. Effect of pretreatments and modified atmosphere packaging on the shelf life and quality of fresh- cut green bell pepper. J. Food Sci. Technol. 52: 7872–7882.
29. Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fraction and soil fertility the influence of liming, vermicompost and cattle manure. Bioresour. Technol. 60(3): 59–63.
30. Shaban, H. 2015. An overview of the benefits of compost tea on plant and soil structure. Adv. Biores. 6(61): 154–158.
31. Sharma, R., and Joshi, V.K. 2014. Development and evaluation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) based on instant chutney powder. Indian J. Nat. Prod. Resour. 5(3): 262–267.
32. Simitchiev, H., Kanarziska, V., Popove, I., and Atanasov, N. 1983. Biological effect of greenhouse tomatoes grown on rockwool. Acta Hortic.133: 59–66.
33. Singh, R., Giri, S.K., and Kotwaliwale, N. 2014. Shelf-life enhancement of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under active modified atmosphere storage. Food Packag. Shelf Life 1: 101–112.
34. Tsegay, D., Tesfaye, B., Mohammed, A., Yirga, H., and Bayleyegn, A. 2013. Effects of harvesting stage and storage duration on postharvest quality and shelf life of sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties under passive refrigeration system. Int. J. Biotechnol. Mol. Biol. Res. 4(7): 98–104.

The Effect of Soil-Free Cultivation Using Compost Tea on the Characteristics of Packaged Bell Peppers with Two Different Films

B Tajeddin[1*], A Azizi[1] and G Hosseini[2]

(Received: 1 July 2018; Accepted: 17 May 2020)

Abstract

Factors such as suitable substrate and packaging may increase the shelf life of greenhouse bell pepper. In this study, the greenhouse bell pepper plants grown in the substrates containing 0, 25, 50, 75 and 100% compost tea in hydroponic culture were packaged in two types of film using the modified atmosphere method. Firmness of fruit texture, total soluble solids, pH, titratable acidity, vitamin C, and respiration were measured immediately after harvesting and during storage time with three replications. Then, the data obtained from the above tests were analyzed in a completely randomized design with factorial arrangement (three factors: substrates containing different amounts of compost tea, type of packing material, and storage time). Although the results showed that characteristics of the bell peppers grown on the substrates containing different amounts of compost tea were significantly different (p<0.05) from the substrate without compost, no significant result was obtained as to which percentage of compost tea had the most impact. With regard to storage time, most of the tested characteristics had a decreasing trend, but still laid within the standard ranges. In terms of the type of film, with a slight difference, nanofilm was superior to polyethylene film. As a conclusion, the bell peppers grown on the substrates containing compost tea and packaged in the nanofilms with the modified atmosphere method had acceptable shelf lifes more than one month.

Keywords: Bell pepper, Compost tea, Modified atmosphere packaging, Physical and chemical characteristics, Shelf life.

1. Dept. of Food Eng. & Post-harvest Technol. Res., Agric. Eng. Res. Ins. (AERI), Agric. Res., Educ. and Extent. Organ. (AREEO), Karaj, Iran.
2. Dept. of Greenhouse Eng. Res., Agric. Eng. Res. Ins. (AERI), Agric. Res., Educ. and Extent. Organ. (AREEO), Karaj, Iran.

* Corresponding Author, Email: behjat.tajeddin@yahoo.com