تاثیر سایتوکینین بر روی تجمع تولیدات تخمیری، حفظ ویتامین C و کیفیت براکلی (*Brassoca oleraccea* var. italica plenck) بسته‌بندی شده تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته

فریبا خلیلی[۱]، مریم شکرچی[۲]*، یونس مستوفی[۳]، مرتضی پیرعلی‌همدانی[٤]، نوشین ادیب[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
۲- استادیار، مرکز تحقیقات آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کشور
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده گیاه‌پزشکی و علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
٤- دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تحقیقات آزمایشگاه‌های غذا و دارو
* آدرس مکاتبه: تهران، خیابان امام خمینی، پلاک ۳۱، آزمایشگاه کنترل غذا ودارو، بخش تحقیق و توسعه
صندوق‌پستی: ۸۱۳٦۱۵۹۱۱، تلفن: ٦٦٤۰۰۰۸۱ (۰۲۱)، نمابر: ٦٦٦٤٤۳۳۰ (۰۲۱)
پست الکترونیک: m.shekarchi@fdo.ir

تاریخ دریافت: ۸٦/۳/۲ **تاریخ تصویب:** ۸۷/۱/۲۸

چکیده

مقدمه: کلم براکلی یک سبزی گل‌دار است و گلچه‌های آن سرشار از فیتوکمیکال‌ها، ویتامین‌ها، فیبر و کلسیم بوده و در رژیم غذایی روزانه ارزش غذایی و دارویی بالایی دارد. بسته‌بندی براکلی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته ضمن افزایش عمر انبارداری سبب حفظ کیفیت و ارزش غذایی این محصول می‌شود.

هدف: تجمع تولیدات تخمیری در بافت محصول در این دوره ضرورت انجام پژوهش‌هایی را برای جلوگیری از ایجاد شرایط بی‌هوازی و تولید ترکیبات نامطبوع الکلی ایجاب می‌کند.

روش بررسی: به این منظور گلچه‌های براکلی رقم پرمیوم کراپ بعد از تیمار با سایتوکینین بنزیل آدنین در دو سطح (۰ و ۵۰ پی‌پی‌ام)، با استفاده از دو نوع پوشش پلیمری (پلی اتیلن با دانسیته کم و پلی پروپیلن) بسته‌بندی و در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد برای ۱۸ روز انبار شدند. در طی این مدت سطح تولیدات تخمیری در کنار خصوصیات کیفی گلچه‌ها مشتمل بر میزان تولید اتیلن، کلروفیل، ویتامین C، کیفیت ظاهری، pH، اسیدیته و افت وزن با فواصل زمانی ۳ روز اندازه‌گیری شد.

نتایج: نتایج این بررسی نشان داد که تیمار گلچه‌های براکلی با سایتوکینین بنزیل آدنین (۵۰ پی پی ام) و بسته‌بندی با استفاده از پوشش‌های پلیمری تاثیر معنی‌داری در کاهش تولید اتیلن، افت وزن، حفظ ویتامین C، کلروفیل، کیفیت، اسیدیته و pH در مقایسه با شاهد داشته است.

نتیجه‌گیری: این تیمار ضمن حفظ کیفیت و ارزش غذایی، تولید ترکیبات نامطبوع الکلی را به طور معنی‌داری کاهش داد.

گل‌واژگان: براکلی، اتمسفر تعدیل یافته، آسکوربیک اسید، سایتوکینین بنزیل آدنین، پوشش‌های پلیمری

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

مقدمه

کلم براکلی یک سبزی گل‌دار بوده و بخش خوراکی آن را جوانه‌های زایشی تشکیل می‌دهد. گلچه‌های براکلی سرشار از فیتوکمیکال‌ها (ایزوتیوسیانات)، ویتامین‌ها، فیبر و کلسیم بوده و در رژیم غذایی روزانه از ارزش غذایی و اهمیت دارویی بالایی برخوردار هستند. ایزوتیوسیانات‌ها به عنوان ترکیبات اولیه با فعالیت ضدسرطانی شناخته شده‌اند و مانع از رشد باکتری عامل زخم معده[1] می‌شوند [۱۰]. براکلی منبع غذایی غنی از ویتامین‌های K، C، B_2 و A بوده و یک آنتی‌اکسیدان قوی محسوب می‌شود [۲٤]. فیبر غذایی بالای براکلی برای افراد دیابتی بسیار مفید است و افراد دیابتی برای کنترل بیماری‌های خود بایستی این سبزی با ارزش را در وعده‌های غذایی خود قرار دهند [۸]. کلسیم موجود در براکلی، به اندازه کلسیم موجود در شیر است، در نتیجه مصرف آن برای افرادی که دچار پوکی استخوان یا کمبود کلسیم هستند، بسیار مفید است [۱۵]. گلچه‌های براکلی زمانی برداشت می‌شوند که گلچه‌ها نابالغ و در حال رشد سریع می‌باشند. این نوع برداشت با ایجاد اختلال در دریافت عناصر غذایی، انرژی و هورمون، القاکننده یک تنش بافتی شدید شده، موجب تسریع پیری می‌شود [۷]. پیری به مرحله‌ای از رشد اطلاق می‌شود که در آن به واسطه واکنش‌های کاتابولیکی، غشاء لایه‌های داخلی تخریب شده و گیاه در برابر حمله و تجزیه میکروبی آسیب‌پذیر می‌شود [۱۷]. تسریع این مرحله منجر به افزایش تولید اتیلن، تخریب کلروفیل، پروتئین، لیپید و آسکوربیک اسید می‌شود [۱٦]. روش‌های مختلفی برای تاخیر انداختن پیری براکلی بررسی شده که عمدتاً شامل تیمارهای شیمیایی، بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته و انبارهای کنترل اتمسفر هستند. ۱- متیل سیکلوپروپن تیماری موثر برای تاخیر انداختن پیری و افزایش عمر انبارداری براکلی بوده، اما نیاز به یک محفظه کاملاً عایق دارد [۱۱]. تیمار دمای بالا با هوای داغ به منظور تاخیر انداختن زردی گلچه‌های براکلی با وجود ساده و ارزان بودن اغلب عملی نیست [۲۱]. امروزه گلچه‌های بسته‌بندی شده براکلی از بازارپسندی بالایی برخوردار هستند و استفاده از تکنیک بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته (MAP)[1] روشی موفق برای تاخیر انداختن پیری، حفظ کیفیت و ارزش غذایی و افزایش عمر انباری براکلی معرفی شده است [۲۳] در این تکنولوژی با کاهش غلظت O_2 و افزایش غلظت CO_2 در اتمسفر بسته‌های حاوی محصول، متابولیسم و فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد تحت تاثیر قرار گرفته و بدین ترتیب قابلیت نگهداری یا عمر قفسه‌ای محصول افزایش می‌یابد [۱۸]. با این وجود چنان‌چه ویژگی‌های پوشش مورداستفاده و شدت تنفس محصول به صورت مناسبی با هم هماهنگ نشوند، ممکن است کاهش غلظت O_2 باعث ایجاد شرایط مناسب برای تنفس بی‌هوازی و به مشام رسیدن ترکیبات نامطبوع الکلی شود [٦]. با توجه به حساسیت بالای براکلی نسبت به شرایط بی‌هوازی، امکان تولید این ترکیبات عاملی محدودکننده برای استفاده از MAP به شمار می‌رود [٤] و انجام پژوهش‌هایی در زمینه معرفی روش‌های تکمیلی به منظور کاهش تولید و تجمع متابولیت‌های حاصل از تخمیر (اتانول، استالدهید، اتیل استات) و تضمین ایمنی محصول بسته‌بندی شده همراه با حفظ کیفیت و ارزش غذایی ضروری به نظر می‌رسد. تیمار با سایتوکینین تغییرات فیزیولوژیکی که معمولاً همراه با پیری در گلچه‌ها رخ می‌دهند را به تاخیر انداخته، باعث تسریع سنتز پروتئین و اسیدهای نوکلئیک و ممانعت از تخریب کلروفیل می‌شود [۵،۹]. راشینگ با کاربرد دو نوع سایتوکینین بنزیل آدنین و ترانس - زآتین در دو غلظت ۱۰ و ۵۰ پی پی‌ام بر روی گلچه‌های براکلی و بسته‌بندی بعدی با کیسه‌های پلی اتیلن منفذدار، بهترین پاسخ را با کاربرد بنزیل آدنین در غلظت ۵۰ پی پی ام به دست آورد [۱۸]. تیان[2] و همکاران نشان دادند که فرو بردن گلچه‌های براکلی در بنزیل آدنین شدت تنفس را متوقف می‌کند [۲۲]. کوستا[3] و همکاران ثابت کردند که کاربرد بنزیل آمینوپورین بر روی براکلی منجر به حداقل کاهش در مقدار کلروفیل و درجه رنگ می‌شود [۷]. ایده اصلی برای طراحی و اجرای این آزمایش این بوده که

[1] Helicobacter pylori

[1] Modified Atmosphere Packaging
[2] Tian
[3] Costa

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

ضمن بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته به منظور افزایش عمر انبارداری، حفظ کیفیت و ارزش غذایی محصول بتوان از طریق اعمال تیمار هورمونی سایتوکینین و کاهش شدت تنفس، ایجاد شرایط بی‌هوازی و پی آمدهای بعدی آن را به تاخیر انداخته، میزان تولیدات تخمیری را در طول این دوره کاهش داد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

بررسی تاثیر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته و سایتوکینین در طول دوره نگهداری بر روی حفظ کیفیت و ماندگاری براکلی رقم پرمیوم کراپ، در سال ۱۳۸٦ در بخش تحقیق و توسعه آزمایشگاه کنترل غذا و دارو وابسته به وزارت بهداشت، درمان وآموزش پزشکی کشور انجام شد. گلچه‌های براکلی رقم پرمیوم کراپ از یک تولیدکننده محلی در منطقه اسلامشهر تهران، با در نظر گرفتن شاخص‌های بلوغ و چارت رنگی دانشگاه دیویس تهیه و پس از ٢٤ ساعت پیش سرمایی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سریعاً جهت انجام بسته‌بندی به گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه تهران منتقل شدند. گلچه‌ها با اندازه (به طور میانگین ۱۰۰ گرم) و رنگ یکنواخت و بدون نقص ظاهری انتخاب شدند. به منظور اعمال تیمار هورمونی گلچه‌ها در ۲ دسته ۱۸ تایی در محلول بنزیل آدنین با غلظت ۵۰ پی پی ام به مدت ۱ دقیقه فرو برده شده، پس از آن روی کاغذ صافی و در معرض هوا خشک شدند. سایر گلچه‌ها بدون اعمال تیمار هورمونی بسته‌بندی شدند. پوشش‌های پلی اتیلن با دانسیته کم و پلی پروپیلن برای بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته استفاده شدند (جدول شماره ۱). سپس بسته‌های حاوی کلم در سردخانه ۰/۵ ± ۱ درجه سانتی‌گراد انبار شدند. در روزهای ۳، ٦، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ انبارداری از هر یک از ٤ ترکیب تیماری، ۳ کیسه به صورت تصادفی و به منظور ارزیابی افت وزن، کیفیت، تولید اتیلن، کلروفیل، میزان ویتامین C و تولیدات تخمیری استفاده شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد و در آن پوشش پلیمری در دو سطح (پلی اتیلن و پلی پروپیلن) و تیمار هورمونی در دو سطح (۰ و۵۰ پی پی ام) استفاده شد. به این ترتیب ٤ ترکیب تیماری و ۱ تیمار شاهد هر یک با ۳ تکرار در قالب ۱۵ واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و در هر واحد آزمایشی ٦ بسته قرار داده شد. شاهد شامل گلچه‌هایی بود که بدون اعمال تیمار هورمونی و بدون پوشش در شرایط یکسان در سردخانه قرار داده شدند.

میزان تولید اتیلن

سرهای موجود در داخل هر بسته پس از اندازه‌گیری وزن در داخل ظرف‌های پلاستیکی مجهز به سپتوم قرار گرفته و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. یک میلی‌لیتر از گاز موجود در فضای بالای ظرف پلاستیکی به وسیله سرنگ مخصوص گاز نمونه‌گیری و با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی واریان (CP-3800) با آشکارساز FID و ستون CP sil 5 آنالیز شد. دمای آشکارساز، محفظه تزریق و ستون به ترتیب ۲۵۰، ۲۵۰ و ۷۰ – ٤۰ درجه سانتی‌گراد بوده و میزان تولید اتیلن بر اساس $\mu L\ Kg^{-1}\ h^{-1}$ گزارش شد.

جدول شماره ۱- ویژگی‌های نفوذپذیری به گازها و بخار آب انواع پلیمرهای مورد استفاده

نوع پوشش	ضخامت μ	نفوذپذیری به بخار آب $g.m^{-2}.day^{-1}.atm^{-1}$	نفوذپذیری به اکسیژن $cm^3.m^{-2}.d^{-1}.atm^{-1}$	نفوذپذیری به دی اکسید کربن $cm^3.m^{-2}.d^{-1}.atm^{-1}$
پلی اتیلن با دانسیته کم	۹۰	۱۸	۷۸۰۰	٤۲۰۰۰
پلی پروپیلن	٤۰	۱۲-۱۰	۳۷۰۰	۱۰۰۰۰

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

ارزیابی استالدهید، اتانول و اتیل استات

۵ گرم از بافت گلچه در ۱۰ میلی‌لیتر از اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار له شد. ۵ میلی‌لیتر از ماده حاصله در یک ویال ۲۵ میلی‌لیتری مخصوص Head Space دستگاه گاز کروماتوگرافی، قرار داده شد. ویال‌ها با یک Serum Stopper همراه با یک در فلزی کاملاً مهر و موم شدند و در سیستم گرم‌کننده دستگاه در ٤٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت نگهداری شدند. یک میلی‌لیتر از گاز تجمع یافته در فضای بالای ظرف با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی Varian (GC) با آشکارساز FID در دمای ۲۵۰، محفظه تزریق ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، ستون CP sil 5 با برنامه دمایی ۱۵۰ – ٤٨ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان گاز ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه آنالیز شد. غلظت‌های مشخص از استاندارد ترکیبات در اسید کلریدریک ۰/۱ مولار تهیه و جهت رسم منحنی کالیبراسیون آنالیز شدند.

اندازه‌گیری ویتامین C

۰/۵ گرم از بافت جامد شده توسط نیتروژن مایع و ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی استخراج حاوی ۱۰ درصد اسیداستیک، ۵ درصد متافسفریک اسید، اسید سولفوریک ۰/۳ نرمال و اتیلن دی آمین ترا استیک اسید (EDTA) ۱ میلی‌مولار درون ویال‌های فویل پیچی شده در دمای ۵ – ۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شدند، مخلوط حاصل مدت ۲۰ دقیقه، در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و در ۱۲۰۰۰ g سانتریفوژ شد. سپس مایع رویی با یک صافی میلی‌پور با قطر منافذ ۰/٤۵ میکرون صاف و۲۰ میکرولیتر از آن در دستگاه HPLC مدل Knauer با پمپ K-1001، ستون C8 (Lichrocaut)، فاز متحرک دی هیدروژن فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با pH ۲/۵، سرعت عبور حلال ۰/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه و طول موج ۲۵۰ نانومتر آنالیز شد.

کلروفیل کل، a و b

۰/۵ گرم از بافت جامد شده توسط نیتروژن مایع و ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در صفر درجه سانتی‌گراد همگن شده و مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ٤ درجه سانتی‌گراد با دور ۹۰۰۰ g سانتریفوژ شد. میزان جذب مایع رویی در ۲ طول موج ٦٦٣/٢ و ٦٤٦/٨ نانومتر خوانده شد و با کاربرد ۳ فرمول زیر غلظت کلروفیل کل، a و b اندازه‌گیری شد [۱۳].

$$Ca = 12.25A663/2 - 2.79A646/8$$
$$Cb = 21.50A646/8 - 5.10A663/2$$
$$Ca+b = 7.15A663/2 + 18.71A646/8$$

ارزیابی کیفیت ظاهری

برای ارزیابی کیفیت ظاهری از یک مقیاس ۵ – ۱ و سیستم نمره‌دهی استفاده شد، ۵ = عالی (حفظ ظاهر زمان برداشت)، ۳ = متوسط (سبز روشن تر و فشردگی کم هد و کمی نقص جزئی)، ۱ = غیرقابل فروش (زرد، گلچه‌های شل و دارای نقص عمده) [۲۳].

اسیدیته قابل تیتراسیون

۱۰ سی سی از عصاره صاف شده سبزی با ۹۰ سی سی آب دیونیزه رقیق شد. محلول حاصل با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. هنگامی که pH محلول به ۸/۲ – ۸/۱ رسید، عمل تیتراسیون متوقف شده و میزان سود مصرفی ثبت گردید. اسیدیته بر حسب درصد بیان می‌شود [۱].

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شدند و مقایسه میانگین آن‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

میزان تولید اتیلن: با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و هم‌چنین یافته‌های مخلوف[1] [١٤] و راشینگ[2] [۱۸] درخصوص روند تغییرات شدت تنفس و تولید اتیلن، می‌توان براکلی را به عنوان یک محصول فرازگرا طبقه‌بندی کرد. تولید اتیلن همه نمونه‌ها در ابتدا حدود ۳/۵ نانولیتر در گرم در ساعت بود و میزان آن تا روز ۱۲ افزایش یافته و پس از آن کاهش نشان داد (جدول شماره ۲). بررسی اثرات متقابل نوع

[1] Makhlouf [2] Rushing

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

پوشش و تیمار هورمونی و هم‌چنین مقایسه ترکیب‌های تیماری مختلف با شاهد نشان داد که گلچه‌های بسته‌بندی شده در هر یک از ترکیب‌های تیماری مقدار تولید اتیلن کمتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند (جدول شماره ۵). به نظر می‌رسد که تاثیر تیمار هورمونی در کاهش تولید اتیلن بیشتر از نوع پوشش بوده است، چرا که تیمار پوشش پلی پروپیلن و پلی‌اتیلن همراه با سایتوکینین پایین‌ترین میزان تولید اتیلن را داشته‌اند. بسته‌بندی براکلی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته از طریق کاهش غلظت O_2 و افزایش غلظت CO_2 احتمالاً با تاثیر بر متابولیسم تنفسی و دخالت در فعالیت آنزیم‌های موثر در مسیر بیوسنتز اتیلن (ACC اکسیداز) موجب کاهش تولید اتیلن نسبت به نمونه‌های شاهد شده است. این نتایج با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های مخلوف و همکاران [۱٤] مطابقت دارد. چنین به نظر می‌رسد که پوشش پلی پروپیلن با نفوذپذیری کمتر نسبت به گازها در مقایسه با پوشش پلی اتیلن (جدول شماره ۱) به مرور زمان در نتیجه تنفس محصول و نفوذپذیری مناسب پوشش، اتمسفری تعدیل یافته با غلظت‌های مناسب گازی در اطراف محصول فراهم آورده و کاهش معنی‌داری در میزان تولید اتیلن ایجاد کرده است (جدول شماره ٤). به طور کلی سایتوکینین به عنوان هورمون ضدپیری اثرات متضادی بر روی میزان تولید اتیلن نشان داده است نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تیمار بنزیل آدنین با غلظت ۵۰ پی پی ام تولید اتیلن را در گلچه‌های براکلی رقم پرمیوم کراپ کاهش داده و ظهور علایم پیری را به تاخیر می‌اندازد (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۲- اثر زمان انبارداری بر تولیدات تخمیری، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، کلروفیل، میزان تولید اتیلن و کیفیت ظاهری براکلی پرمیوم کراپ

زمان	pH	کیفیت ظاهری	استالدئید ($\mu L.L^{-1}$)	اتانول ($\mu L.L^{-1}$)	اتیلن ($nL.g^{-1}.h^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}FW$)	اسیدیته قابل تیتراسیون
۳	*bc ٦/٧٠	a ٥	e ٠/٧٥	a ٣/٢٩	b ٣/٥٣	a ٠/١٧٣	a ٠/١١٨	a ٠/٠٥٤	a ٠/١٨
٦	bc ٦/٧٠	a ٥	d ١/٧٤	d ٨/٠٩	b ٣/٥٦	a ٠/١٧٧	a ٠/١٢٢	a ٠/٠٥٥	a ٠/١٨
٩	cd ٦/٦٧	b ٤/٥	c ٢/٦٦	c ١٤/٠٨	c ٢/٧٣	b ٠/١٢٦	b ٠/٠٨٣	a ٠/٠٤٣	b ٠/١٦
١٢	d ٦/٦١	b ٤/٥	b ٣/٤٦	b ١٩/١٦	a ٣/٩٧	c ٠/٠٨٢	b ٠/٠٦٤	b ٠/٠١٩	c ٠/١٥
١٥	ab ٦/٧٨	c ٤/٢٥	b ٣/٧٥	a ٢٣/٧٢	c ٢/٧١	c ٠/٠٨٨	b ٠/٠٧٠	b ٠/٠٢٦	d ٠/١٤
١٨	a ٦/٨٣	d ٤	a ٣/٩٤	a ٢٤/٦٨	d ٢/٣٤	c ٠/٠٧١	b ٠/٠٥٩	b ٠/٠١٧	e ٠/١٢

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

جدول شماره ۳ – اثر تیمار بنزیل آدنین بر روی افت وزن، میزان تولید اتیلن، ویتامین C، کلروفیل، استالدئید و کیفیت ظاهری براکلی پرمیوم کراپ

بنزیل آدنین	افت وزن درصد	کیفیت ظاهری	استالدئید ($\mu L.L^{-1}$)	ویتامین C ($mg.100g^{-1}FW$)	اتیلن ($nL.g^{-1}.h^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}FW$)
۰	* a ۲/۸۲	a ٤/٤٥	a ۳/٦٦	b ٤۳/۳٦	a ۳/٦٦	b ۰/۰۸٥	b ۰/۰٦۰	b ۰/۰۲٦
٥۰	b ۲/٤۳	b ٤/٦٦	b ۲/۱۱	a ٥۱/٦۱	b ۲/٦۲	a ۰/۱٥۸	a ۰/۱۱٤	a ۰/۰٤۷

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

ویتامین C: در پایان ۱۸ روز انبارداری با استفاده از MAP و سایتوکینین هیچ تغییر معنی‌داری در میزان ویتامین C مشاهده نشد. بررسی نتایج نشان داد که پوشش پلی پروپیلن نسبت به نوع پلی اتیلن قابلیت بالاتری در حفظ ویتامین C دارد (جدول شماره ٤). به نظر می‌رسد که این پوشش با نفوذپذیری کمتر در مقابل بخار آب و گازها (جدول شماره ۱) با فراهم آوردن ترکیب اتمسفری مناسب و همین‌طور رطوبت بالاتر در فضای اطراف محصول در حفظ بهتر ویتامین C نتیجه داده است [۲]. این نتایج با نتایج سرانو و همکاران در سال ۲۰۰٦ مطابقت دارد [۱۹]. در این شرایط سطوح پایین O_2 با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی مثل آسکوربیک اسید اکسیداز و پراکسیداز منجر به کاهش متابولیسم تنفسی و جلوگیری از تخریب آنزیمی آسکوربیک اسید می‌شود [۲]. نتایج بارت[1] و همکاران [۳] نشان داد که بسته‌بندی براکلی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته منجر به حفظ آسکوربیک اسید می‌شود. وی در پژوهش‌های خود تفاوت معنی‌داری در فعالیت آسکوربات اکسیداز مشاهده نکرد و رطوبت بالاتر درون بسته‌ها را عامل حفظ ویتامین C دانست. تیمار بنزیل آدنین با غلظت ۵۰ پی پی ام میزان ویتامین C را بهتر حفظ کرده و مانع از افت آن در طول دوره انباری شد (جدول شماره ۳). ثابت شده است که تحریک تولید اتیلن باعث افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز می‌شود [۱۲]. احتمالاً این تیمار به صورت غیرمستقیم، با تاخیر انداختن پیری و کاهش تولید اتیلن باعث حفظ ویتامین C شده است. از طرفی گزارش شده است که ارتباط نزدیکی بین تقسیم و توسعه سلولی و سطح آسکوربات وجود دارد [۲۰]. به نظر می‌رسد که تیمار سایتوکینین با تحریک تقسیم و توسعه سلولی مانع از افت آسکوربات در طول دوره پس از برداشت می‌شود. مقایسه ترکیب‌های تیماری مختلف با شاهد نشان داد که نگهداری گلچه‌های براکلی تحت شرایط MAP به ویژه با کاربرد تیمار هورمونی با کاهش تولید اتیلن منجر به حفظ بهتر ویتامین C در مقایسه با شاهد شده است (جدول شماره ۵).

کلروفیل: کاهش کلروفیل یکی از نشانه‌های پیری براکلی است که بر طبق مشاهدات مخلوف و همکاران [۱٤] ۱ روز پس از انبارداری در معرض هوا شروع شده و تقریباً ظرف ۳ روز کامل می‌شود. همان‌طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود بسته‌بندی گلچه‌های براکلی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته تخریب کلروفیل را تا ٦ روز پس از انبارداری به طور معنی‌داری به تاخیر می‌اندازد. با توجه به نتایج حاصل از تغییرات تولید اتیلن در طول دوره انباری و مقایسه آن با نتایج ارزیابی کلروفیل در این دوره چنین به نظر می‌رسد که اتیلن نقش مستقیمی در تخریب کلروفیل ایفا می‌کند. طوری که هم‌زمان با اوج گرفتن اتیلن تا روز ۱۲ میزان کلروفیل روند رو به کاهشی را پیموده و همراه با کاهش یافتن آن تا پایان دوره انباری تقریباً بدون تغییر باقی مانده است. این نتایج با نتایج مخلوف و همکاران [۱٤] مطابقت دارد. گلچه‌های تیمار شده با بنزیل آدنین در طول دوره انباری میزان کلروفیل بالاتری نشان دادند (جدول شماره ۳). بررسی اثرات متقابل نوع پوشش

[1] Barth

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

جدول شماره ٤- اثر نوع پوشش بر تولیدات تخمیری، کلروفیل، میزان تولید اتیلن، ویتامین C و افت وزن براکلی پرمیوم کراپ

پوشش	افت وزن درصد	اتانول ($\mu L.L^{-1}$)	استالدئید ($\mu L.L^{-1}$)	ویتامین C ($mg.100g^{-1}FW$)	اتیلن ($nL.g^{-1}.h^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}FW$)
P_1	*a ٢/٩١	b ١٢/١٢	b ٠/٧٦	b ٤٤/٠٩	a ٣/٢٧	b ٠/١٠٦	b ٠/٠٧٥	b ٠/٠٣٢
P_2	b ٢/٣٣	a ١٨/٨٨	a ٥/٠١	a ٥٠/٨٩	b ٣/٠١	a ٠/١٣٥	a ٠/٠٩٨	a ٠/٠٤١

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

P_1: polyethylene, P_2: polypropylene

جدول شماره ٥ – مقایسه میانگین تیمارهای مختلف با شاهد از نظر میزان تولید اتیلن، ویتامین C، تولیدات تخمیری، کلروفیل، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH

تیمارها	pH	استالدئید ($\mu L.L^{-1}$)	اتانول ($\mu L.L^{-1}$)	اتیلن ($mL.g^{-1}.h^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل a ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}FW$)	اسیدیته قابل تیتراسیون
P_1+BA	*b ٦/٦٩	d ٠/٤٢	c ١٣/٧٩	d ٢/٦٥	b ٠/١٣	b ٠/٠٩	b ٠/٠٣	a ٠/١٥٧
P_1	b ٦/٧١	c ١/١٠	d ١٢/٤٥	b ٣/٨٩	c ٠/٠٨	c ٠/٠٥	c ٠/٠٢	a ٠/١٥٩
P_2+BA	b ٦/٧٣	b ٣/٨٠	b ١٧/٩٥	d ٢/٥٩	a ٠/١٨	a ٠/١٣	a ٠/٠٥	a ٠/١٥٧
P_2	b ٦/٧٤	a ٦/١٢	a ١٩/٨١	c ٣/٤٢	c ٠/٠٨	c ٠/٠٦	c٠/٠٢	a ٠/١٦٣
شاهد	a ٦/٨١	----	----	a ٤/٤٤	d ٠/٠٤٢	d ٠/٠٣	d ٠/٠١	b ٠/١٠٩

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

P_1: polyethylene P_2: polypropylene BA: benzyl adenine

و تیمار هورمونی و هم‌چنین مقایسه تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد که تیمار گلچه‌های براکلی با بنزیل آدنین و بسته‌بندی بعدی آن‌ها با استفاده از پوشش پلی پروپیلن بهترین ترکیب تیماری برای حفظ کلروفیل است (جدول شماره ٥). این ترکیب از یک طرف با قابلیت حفظ رطوبت، استحکام غشا را حفظ کرده و از طرف دیگر با کاهش میزان تولید اتیلن، هم‌چنین حفظ ویتامین C به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان در کلروپلاست مانع از اکسیداسیون ترکیبات کلروپلاست‌ها و کلروفیل شده است [٢٢]. این تاثیر می‌تواند ناشی از تحریک بیوسنتز کلروفیل توسط سایتوکینین بوده باشد [٢١]. به علاوه همانطور که کوستا و همکاران در ٢٠٠٥ نشان دادند ممکن است تیمار سایتوکینین با کاهش فعالیت آنزیم‌های مخرب کلروفیل مثل کلروفیلاز، منیزیم دی چلاتاز و پراکسیداز تخریب کلروفیل را کاهش داده باشد. این نتایج با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های راشینگ مطابقت دارد [١٧].

افت وزن: یکی از مشکلات عمده انبارداری براکلی افت وزن بالا است که بازارپسندی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بسته بندی گلچه‌های براکلی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

تاثیر قابل توجهی بر کاهش میزان اتلاف آب از محصول داشته و با ایجاد یک میکرواتمسفر اشباع از رطوبت و هم‌چنین کاهش سرعت جریان هوا از سطح محصول سبب کاهش اختلاف فشار بخار آب بین محیط اطراف محصول و بافت آن شده، از شدت تعرق و تلفات آبی می‌کاهد. هرچه نفوذپذیری پوشش مورد استفاده کمتر باشد این اختلاف کمتر خواهد بود [۲۳]. استفاده از پوشش پلی پروپیلن با نفوذپذیری کمتر در مقابل بخار آب نسبت به پوشش پلی اتیلن (جدول شماره ۱) میزان افت وزن را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول شماره ٤). هم‌چنین با توجه به نتایج جدول شماره ۳ به نظر می‌رسد که تیمار هورمونی بنزیل آدنین با کاهش شدت تنفس مانع از واکنش‌های کاتابولیکی و تجزیه مواد شده و به این ترتیب افت وزن را کاهش داده است [۱۸،۲۱].

کیفیت ظاهری: بررسی نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت ظاهری در طول دوره انبارداری تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته (جدول شماره ۲) نشان داد که کیفیت گلچه‌ها تا روز ٦ انبارداری در حد عالی حفظ شد و پس از آن تا پایان دوره کاهش جزئی یافت. در پایان ۱۸ روز انبارداری گلچه‌های براکلی از کیفیت خوبی برخوردار بودند. تیمار هورمونی گلچه‌ها با کاهش افت وزن و جلوگیری از تخریب کلروفیل در طول دوره انبارداری تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته منجر به حفظ کیفیت و تازگی بافت شد (جدول شماره ۳).

pH و اسیدیته: بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH در طول آزمایش نشان داد که بین زمان‌های مختلف اندازه‌گیری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به طوری‌که مقدار آن از ٦/۷ در روز سوم بعد از ۱۸ روز انبارداری به ٦/۹ افزایش یافت که مقدار قابل توجهی نمی‌باشد (جدول شماره ۲). هم‌چنین میزان اسیدیته تا ٦ روز انبارداری بدون تغییر باقی ماند و پس از آن تا پایان دوره روند رو به کاهشی را پیمود. به طوری‌که مقدار آن از ۰/۱۸ در شروع آزمایش به ۰/۱۳ در پایان آزمایش کاهش یافت (جدول شماره ۲). از مقایسه تیمارهای مختلف با شاهد چنین نظر می‌رسد که اعمال تیمارهای مختلف بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته، پتانسیل زیادی در حفظ pH و اسیدیته نسبت به گلچه‌های شاهد داشته است (جدول شماره ۵). به نظر می‌رسد که بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته نقش مهمی در جهت کاهش شدت تنفس و جلوگیری از مصرف اسیدها و افزایش pH ایفا می‌کند. به علاوه در این شرایط در نتیجه حلالیت گاز CO_2 در بافت محصول و تشکیل اسید کربنیک، اسیدیته افزایش یافته و در نهایت مقدار آن در حدود مقدار اولیه حفظ می‌شود.

تولیدات تخمیری (اتانول، استالدهید و اتیل استات): بررسی مقادیر تولیدات تخمیری در طول آزمایش نشان داد که بین زمان‌های مختلف اندازه‌گیری اختلاف معنی‌داری وجود داشت به طوری که در طول ۱۸ روز انبارداری تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد میزان اتانول و استالدهید در نمونه‌ها افزایش یافت (جدول شماره ۲). در این دوره هیچ مقدار قابل شناسایی از اتیل استات تولید نشد. نگهداری گلچه‌های براکلی تحت شرایط MAP دیر یا زود با کاهش غلظت O_2 منجر به تنفس بی‌هوازی و تولید ترکیبات نامطبوع الکلی می‌شود. یکی از فاکتورهای مهم و موثر در ترکیب اتمسفر درون بسته‌ها نفوذپذیری پوشش مورد استفاده می‌باشد. در صورت کاربرد پوشش‌هایی با نفوذپذیری کمتر (پلی پروپیلن) غلظت اکسیژن موجود در فضای بسته سریع‌تر به نقطه موازنه بی‌هوازی رسیده، در این شرایط با تخریب اسید پایرورویک استالدهید و اتانول تولید شده و به این ترتیب بوی نامطبوعی از براکلی بسته‌بندی شده به مشام می‌رسد. این پوشش میزان تولید اتانول و استالدهید را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول شماره ٤). با وجود قابلیت بالای این نوع بسته‌بندی در حفظ فاکتورهای کیفی و ارزش غذایی براکلی، حساسیت بالای این محصول نسبت به شرایط بی‌هوازی و تولید ترکیبات نامطبوع الکلی عاملی محدودکننده برای بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تعدیل یافته است. تیمار بنزیل آدنین کاهش معنی‌داری در میزان استالدهید ایجاد کرد (جدول شماره ۳). نتایج راشینگ در سال ۱۹۹۰ و تیان در سال ۱۹۹۵ نشان داد که کاربرد هورمون سایتوکینین بر روی هدهای براکلی شدت تنفس را کاهش می‌دهد [۱۸،۲۱]. احتمالاً کاربرد بنزیل آدنین با تاثیر بر روی شدت تنفس و کاهش آن، شرایط تنفس بی‌هوازی و پی آمدهای بعدی آن را به تاخیر می‌اندازد.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

مقایسه تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد که تیمار گلچه‌ها با بنزیل آدنین در غلظت ۵۰ پی پی ام و بسته‌بندی بعدی آن‌ها با استفاده از پوشش پلی اتیلن، می‌تواند به عنوان روشی تکمیلی به منظور کاهش تولید و تجمع متابولیت‌های حاصل از تخمیر همراه با حفظ کیفیت و ارزش غذایی محصول معرفی شود (جدول شماره ۵).

تشکر و قدردانی

نگارندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از پروفسور Peter Toivonen از مرکز تحقیقات کشاورزی- غذایی- ایالت BC کانادا به خاطر ارسال مقالات و پیشنهادات بسیار ارزشمند در جهت انجام هر چه بهتر پژوهش ابراز می‌دارند.

منابع

1. Mostofi Y, Najafi F, Analytical methods in horticulture. Tehran University Publication, 2005.

2. Barth MM, Kerbel EL, Broussard S and Schmidt SJ. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. *J. Food Sci.* 1993; 58: 1070 - 2.

3. Barth MM, Kerbel EL, Perry AK, Schmidt SJ. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. *J. Food Sci.* 1993; 58: 140 - 3.

4. Beaudry RM. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limit to the expanded use of modified atmosphere packaging. *Hort. Technol.* 2000; 10: 491 - 500.

5. Chang H, Jones ML, Banowetz GM and Clark DG. Overproduction of cytokinin in petunia flowers transformed with P_{SAG12}-IPT delays corolla senescence decreases sensitivity to ethylene. *Plant Physiol.* 2003; 132: 2174 - 83.

6. Charles FF, James PM, Rodney KA. *Volatile Compounds Produced by Broccoli under Anaerobic Conditions.* 1991.

7. Costa LC, Pedro MC, Alicia RC, Gustavo AM. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *J. Postharvest Biol. Technol.* 2005; 35: 191-9.

8. Turnin MC, Tauber MT, Couvaras O, Jouret B, Bolzonella C, Bourgeois O, Buisson JC, Fabre D, Cance Rouzaud A, Tauber JP, Hanaire Broutin H. Evaluation of microcomputer nutritional teaching games in 1,876 children at school. *Diabetes-Metab*. 2001; 27 (4 ptl): 459 - 64.

9. Downs CG, Somerfield SD, Davey MC. Cytokinin treatment delays senescence but not sucrose loss in harvested broccoli. *Post. Biol. Technol.* 1997; 11: 93 - 100.

10. Jones RB, Faragher JD, Winkler S. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (Brassica oleracea *var. italica*) heads. *J. Postharvest Biol. Technol.* 2006; 41: 1 - 8.

11. Ku VVV, Wills RBH. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. *Postharvest Biol. Technol.* 1999; 17: 127 - 32.

12. Lee SK, Kader AA. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticulture crops. *J. Postharvest Biol. Technol.* 2000; 20: 207 - 20.

13. Lichtenthaler HK. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.* 1987; 148: 350 - 82.

14. Makhlouf J, Willemot C, Arul J, Castaigne F and Emond J. Regulation of ethylene biosynthesis in broccoli flower buds in controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1989; 114: 955 - 8.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]

15. Jenkins DJ, Kendall CW, Popovich DG, et al. Effect of a very-high-fiber vegetable, fruit, and nut diet on serum lipids and colonic function. *Metabolism* 2001; 50: 494 - 503.

16. Page T, Griffiths G, Buchanan-Wollaston V. Molecular and biochemical character-rization of post-harvest senescence in broccoli. *Plant Physiol.* 2001; 125: 718 - 27.

17. Reid MS, Kader AA, Kasmire RF, Mitchell FG, Reid MS, Sommer NF and Thomson JF, (eds.). Product maturation and maturity indices. *In Postharvest Technology of Hort.* Crops. Special Publ.3311.University of California, Davis, CA. 1985, pp: 8 - 11.

18. Rushing JW. Cytokinins affect respiration, ethylene production, and chlorophyll retention of packaged broccoli florets. *J. Hort. Sci.* 1990; 25: 88 - 90.

19. Serrano M, Martinez-Romero D, Guillen F, Castillo S, Valero D. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *J. Postharvest Biol. Technol.* 2006; 39: 61 - 8.

20. Smirnoff N. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany.* 1996; 78: 661 - 9.

21. Terai H, Kanou M, Mizuno M, Tsuchida H. Inhibition of yellowing and ethylene production in broccoli florets following high temperature treatment with hot air. *Food Preserv. Sci.* 1999; 25: 221 - 7.

22. Tian MS, Davies L, Downs CG, Liu XF, Lill RE. Effects of floret maturity, cytokinin and ethylene on broccoli yellowing after harvest. *J. Postharvest Biol. Technol.* 1990; 56: 29 - 40.

23. Toivonen PMA, DeEll JR. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packaging and subsequent air storage. *J. Postharvest Biol. Technol.* 2001; 23: 61 - 9.

24. Tsao R, Deng Z. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *J. Chromatogr. B* 2004; 812: 85 – 99.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2008.7.26.8.6]