نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 28، شماره 3، پاییز 1393، ص. 311-303
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 3, Fall 2014, P. 303-311
ISSN: 2008 - 4730

اثر پوترسین بر کیفیت پس از برداشت، ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های کلم بروکلی (*Brassica oleracea* L. cv Italica)

فاطمه جعفرپور[1]- داود بخشی[2*]- محمود قاسم نژاد[3]- رضا حسن ساجدی[4]

تاریخ دریافت: 1390/07/24
تاریخ پذیرش: 1392/04/04

چکیده

در این پژوهش، اثر پوترسین خارجی در حفظ کیفیت پس از برداشت و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های دو رقم کلم بروکلی، به نام‌های جنرال و لیبرتی در طی نگهداری در سردخانه بررسی شد. گلچه‌های کلم بروکلی با غلظت‌های 0/5، 1 و 1/5 میلی‌مولار پوترسین تیمار شدند و از آب مقطر به‌عنوان شاهد استفاده شد. پس از آن، گلچه‌های تیمار شده در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلن گذاشته و به سردخانه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 درصد منتقل شدند. کاهش وزن، میزان کلروفیل کل، فنل کل، فلاونوئید کل، فلاونوئید کاتچین و اسید کلروژنیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز پس از دو روز نگهداری در دمای اتاق بعد از خروج از سردخانه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تیمار با 1/5 میلی‌مولار پوترسین با جلوگیری از کاهش وزن و به تأخیر انداختن تخریب کلروفیل کیفیت ظاهری گلچه‌های بروکلی را در هر دو رقم بهبود بخشید. رقم جنرال در مقایسه با رقم لیبرتی میزان فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان کل بیش‌تری در در زمان برداشت و طی دوره انبارمانی داشت. اگرچه میزان فنل کل و فلاونوئید کل در طی دوره انبارمانی کاهش یافت، اما تیمار با پوترسین مانع کاهش بیش‌تر آن‌ها شد. میزان کاتچین و اسید کلروژنیک گلچه‌های تیمار نشده در پایان نگهداری طولانی مدت در سردخانه زمانی‌که گلچه‌ها به دمای بالا منتقل شدند، کاهش پیدا کرد، اما تیمار با 1/5 میلی‌مولار پوترسین باعث افزایش آن‌ها در هر دو رقم شد. در مجموع، کاربرد پوترسین به‌خصوص غلظت 1/5 میلی‌مولار با جلوگیری از تخریب کلروفیل و حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، پیری گلچه‌های کلم بروکلی را به تأخیر انداخت.

واژه‌های کلیدی: پوترسین، پیری گلچه‌ها، فلاونوئید، کاتچین، اسید کلروژنیک

مقدمه

کلم بروکلی (*Brassica oleracea* L. cv Italica) از سبزی‌های مهم و با ارزش غذایی بسیار بالاست که سرشار از ویتامین‌ها، آنتی اکسیدان‌ها و ترکیبات ضد سرطانی دیگر می‌باشد (8). خاصیت ضد سرطانی کلم بروکلی به‌علت وجود ویتامین C (اسید آسکوربیک)، ویتامین E (آلفا توکوفرول)، فلاونوئیدها (کوئرستین و کامپفرول)، کاروتنوئیدها (کاروتن و لوتئین) و گلوکوسینات‌ها است (7). پلی‌فنل‌های موجود در کلم بروکلی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌توانند به‌عنوان خنثی‌کننده‌های بسیار قوی رادیکال آزاد اکسیژن باشند (7). میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله فنل‌ها و فلاونوئیدهای موجود در کلم بروکلی بستگی زیادی به رقم، شرایط محیطی قبل از برداشت، روش تولید، انتقال و نگهداری آن دارد (7).

از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عمر پس از برداشت کلم بروکلی، پیری زودرس گلچه‌های آن است. از علایم پیری در کلم بروکلی، کاهش میزان کلروفیل کاسبرگ‌های جوانه گل نابالغ است، درصورتی‌که ساقه‌ها نسبتاً سبز باقی می‌مانند. این حالت در دمای 20 درجه سانتی‌گراد ظرف دو یا سه روز اتفاق می‌افتد (6). میزان ترکیبات فنلی تحت تأثیر دما است و با افزایش دما افزایش می‌یابد (4). در زمان پیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های کلم بروکلی کاهش می‌یابد، هم‌چنین کاهش مقدار فنل کل طی دوره انبارداری در بروکلی، توسط لمون و همکاران (8) گزارش شده است.

ماک هولف و همکاران (12) نشان دادند که تولید اتیلن کلم بروکلی ضمن پیری گلچه‌ها افزایش می‌یابد که با کاهش میزان کلروفیل همراه می‌باشد. بنابراین، کاربرد بازدارنده‌های سنتز و عمل اتیلن با جلوگیری از کاهش کلروفیل و پیری کیفیت پس از برداشت گلچه‌های کلم بروکلی را حفظ می‌کند (20). استفاده از دمای پایین نیز با کاهش تنفس پیری را به تأخیر می‌اندازد (9)، علاوه بر موارد

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*-نویسنده مسئول: Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir)
4- استادیار دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان

بالا، استفاده از اتمسفر تغییریافته، تیمار دمایی، اتانول، تابش اشعه ماوراء بنفش (UV-C) واستفاده از 1- متیل سیکلوپروپان (1-MCP) نیز در به تأخیر انداختن پیری مؤثر است (8).

پلی آمین‌ها ترکیبات بیولوژیکی با وزن ملکولی پایین با گروه‌های نیتروژن آلیفاتیک هستند که در گیاهان به‌طور طبیعی وجود دارند و مراحل مختلف رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (24). کاربرد خارجی این ترکیبات خطری برای سلامت انسان ندارد (24). کاربرد پلی‌آمین‌ها در به تأخیر انداختن پیری و رسیدن میوه‌هایی مثل سیب، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی، لیمو، خرما، هلو و آلو قبلاً گزارش شده است (14). به‌طورکلی، کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از سنتز اتیلن از طریق رقابت با پیش‌ماده اس- آدنوزیل متیونین (SAM) پیری را به تأخیر می‌اندازد (26). هم‌چنین گزارش شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها تخریب کلروفیل را با جلوگیری از سنتز اتیلن به تأخیر می‌اندازد (26). پوترسین نیز با نقش آنتی‌اکسیدانی خود مقاومت به تنش‌های اکسیداتیو را زیاد می‌کند که با افزایش ترکیبات فنلی همراه است، هم‌چنین می‌تواند با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) از آسیب‌های احتمالی آن بر سلول، جلوگیری کرده و باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شود (24). بنابراین، هدف از این پژوهش، به کار بردن پلی‌آمین (پوترسین) به‌همراه دمای پایین انبار در به تأخیر انداختن پیری، حفظ کیفیت پس از برداشت و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های برداشت شده دو رقم 'لیبرتی' و 'جنرال' در کلم بروکلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تیمار

در این پژوهش بذر دو رقم هیبرید کلم بروکلی به نام 'لیبرتی' و 'جنرال' در تاریخ 89/5/25 در شاسی‌های گلخانه در بستری از کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. گیاه‌چه‌ها پس از سبز شدن به گلدان‌های نشایی حاوی کوکوپیت و پرلیت به نسبت 1:1 حجمی انتقال یافتند. در طی پروش نشاء، عمل آبیاری یک روز در میان انجام گرفت. در نهایت زمانی‌که نشاها 4 برگه شدند به زمین اصلی منتقل شدند. قبل از کشت به زمین کود دامی پوسیده داده شد. نشاها در زمین اصلی به فاصله 50 × 75 سانتی‌متر کشت شدند. پس از ظهور گل‌ها و رسیدن به اندازه مطلوب و قبل از این‌که گلچه‌ها باز شوند، برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه گیلان منتقل شدند.

در آزمایشگاه حدود 2-3 سانتی‌متر از ساقه‌ها به‌همراه گلچه‌ها حفظ شدند و ما بقیه حذف گردیدند. گلچه‌های سالم، یکنواخت و عاری از هرگونه آلودگی و آسیب دیدگی جهت انجام تیمار انتخاب شدند. ابتدا ضدعفونی سطحی گلچه‌ها توسط هیپوکلریت سدیم (150 میکرولیتر هیپوکلریت سدیم در لیتر) به‌مدت 15 دقیقه انجام گرفت (8)، پس از آن به‌طور کامل با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از آن گلچه‌ها در داخل محلول‌های پوترسین با غلظت‌های 0/5، 1 و 1/5 میلی‌مولار به‌مدت 5 دقیقه غوطه‌ور شدند و از آب مقطر به‌عنوان شاهد استفاده شد. پس از خشک شدن گلچه‌ها در دمای اتاق، به‌مدت 2 ساعت، به تعداد 3 گلچه، در داخل کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار 20 ×20 سانتی‌متر مربع و ظرفیت تبادل گازی 29/2 $Pmol/s/m^2/pa$ بسته‌بندی شدند و به سردخانه با دمای 1±0 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 5±90 درصد به‌مدت 40 روز منتقل گردیدند. در پایان انبارداری گلچه‌ها به‌مدت 2 روز اضافی‌تر در دمای اتاق (تقریباً 20 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی 75 درصد به‌عنوان شرایط مشابه بازار برای ارزیابی مجدد صفات منتقل شدند. تیمارها شامل دو رقم کلم بروکلی 'لیبرتی' و 'جنرال' و پوترسین در 4 سطح شامل صفر (شاهد)، 0/5، 1 و 1/5 میلی‌مولار بوده است.

ارزیابی صفات

میزان کاهش وزن که بیان‌کننده میزان اتلاف آب در گلچه‌های کلم بروکلی در پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز 2 روز اضافی‌تر در دمای اتاق بعد از خروج از سردخانه می‌باشد، با کم کردن وزن گلچه‌ها در زمان‌های نمونه‌گیری از وزن اولیه آن‌ها محاسبه شد (8). میزان کلروفیل در زمان برداشت، پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز 2 روز اضافی‌تر در دمای اتاق بعد از خروج از سردخانه اندازه‌گیری شد. برای این منظور، 0/4 گرم از بافت گلچه‌های کلم بروکلی را از هر تکرار با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شد و سپس به آن 5 میلی‌لیتر استون 80 درصد (20 آب مقطر: 80 استون) اضافه شد. مخلوط به دست آمده به‌مدت 15 دقیقه با سرعت 5000 دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در آخر عصاره استونی شفاف رویی برداشته شد و حجم آن با استون خالص به 5 میلی‌لیتر (حجم اولیه) رسانده شد و با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل PG Instrument +80 ساخت کشور انگلستان) در طول موج‌های 646/2، 663/2 و 470 نانومتر قرائت شد. در نهایت غلظت کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شد (10).

میزان فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز در زمان برداشت، پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز 2 روز اضافی‌تر در دمای اتاق بعد از خروج از سردخانه اندازه‌گیری شدند. برای این منظور 1/25گرم از بافت گلچه‌های کلم بروکلی را از هر تکرار با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شد و به آن 5 میلی‌لیتر محلول اتانول: استون (3 به 7 حجمی) اضافه شد. پس از هموژنیزه کردن به‌مدت یک ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، سپس با کاغذ صافی واتمن صاف شد و به آن 1 میلی‌لیتر محلول اتانول : استون (3 به 7 حجمی) اضافه گردید. پس از صاف کردن محلول با کاغذ صافی در شیشه‌های در پوش‌دار ریخته شد و در

دمای 20- درجه سانتی‌گراد تا قبل از اندازه‌گیری نگهداری شد. میزان فنل کل در عصاره‌های تهیه شده از گلچه‌ها با روش فولین‌سیوکالچو[1] و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (18). برای اندازه‌گیری میزان جذب عصاره جهت اندازه‌گیری فنل کل گلچه‌ها در یک لوله آزمایش ابتدا 7/9 میلی‌لیتر آب مقطر و 100 میکرولیتر عصاره بافت استخراج شده، 500 میکرولیتر محلول فولین (فولین : آب) به نسبت یکسان اضافه شده و مخلوط گردید. پس از یک دقیقه 1500 میکرولیتر کربنات سدیم (20 گرم در 100 میلی‌لیتر) به آن اضافه شد و پس از ورتکس در تاریکی در دمای اتاق قرار داده شد. پس از 2 ساعت نگهداری میزان جذب نمونه‌ها و استاندارد بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در 100 گرم بافت تر بیان شد.

برای تعیین فلاونوئید کل ابتدا به 150 میکرولیتر عصاره استخراج شده به ترتیب 1700 میکرولیتر اتانول 30 درصد، 150 میکرولیتر نیتریت سدیم، 0/5 میلی‌مولار و150 میکرولیتر کلرید آلومینیوم 0/3 میلی‌مولار اضافه گردید. پس از گذشت 5 دقیقه 100 میکرولیتر محلول هیدروکسیدسدیم 1 میلی‌مولار اضافه شد و ورتکس گردید. پس از 15-10 دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PG Instrument +80 ساخت کشور انگلستان) در طول موج 506 نانومتر قرائت شد (25).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد 1 و1 دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین گردید (2). برای این منظور به 200 میکرولیتر عصاره استخراج شده، 800 میکرولیتر محلول DPPH اضافه گردید. محلول حاصل به سرعت به هم زده شد و سپس به مدت 30 دقیقه در شرایط تاریک در دمای اتاق تا رسیدن واکنش به حالت یکنواخت نگهداری شد. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 515 نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH بیان شده است.

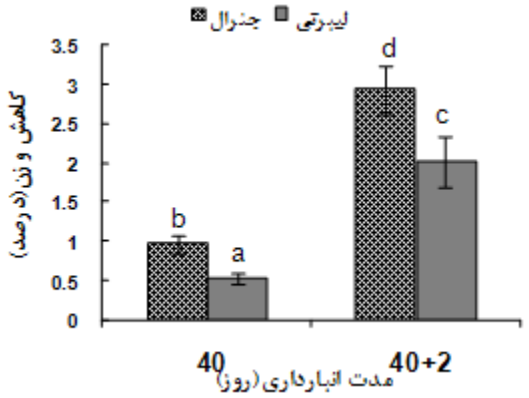
اندازه‌گیری نوع فلاونوئید (کلروجنیک اسید و کاتچین) تنها در زمان برداشت و 2 روز نگهداری گلچه‌ها در دمای اتاق پس از خروج از سردخانه با استفاده از دستگاه HPLC اندازه‌گیری شدند. بدین صورت که یک گرم از بافت گلچه بروکلی با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شد و به آن برای دو میلی‌لیتر از حلال استخراج حاوی متانول و اسید استیک (85 به 15 حجمی) اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 24 ساعت قرار گرفتند. مخلوط حاصل به مدت 10 دقیقه در 10000 دور سانتریفیوژ شد. بخش بالایی (روشناور) نمونه‌ها با فیلترهای سرسرنگی یک‌بار مصرف با قطر منافذ 0/45 میکرومتر صاف شدند. 50 میکرولیتر از عصاره فیلتر شده به دستگاه HPLC مدل (Waters, MA, USA) با دتکتور UV (Waters Dual λ Absorbance 2487) تزریق شد و کروماتوگرام‌ها در طول موج 280 نانومتر برای کاتچین، 320 نانومتر برای اسید کلروژنیک و 350 برای کوئرستین به‌دست آمد. شناسائی پیک‌ها و محاسبه میزان هریک از ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد مربوطه انجام شد. استاندارد کاتچین و اسیدکلروژنیک از شرکت Sigma-Aldrich (آمریکا) و استاندارد کوئرستین از شرکت Extrasynthase (فرانسه) تهیه شدند (1).

آنالیز آماری

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در زمان با 3 تکرار و 3 نمونه در هر تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS (9.1) انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون توکی محاسبه گردید و درنهایت برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

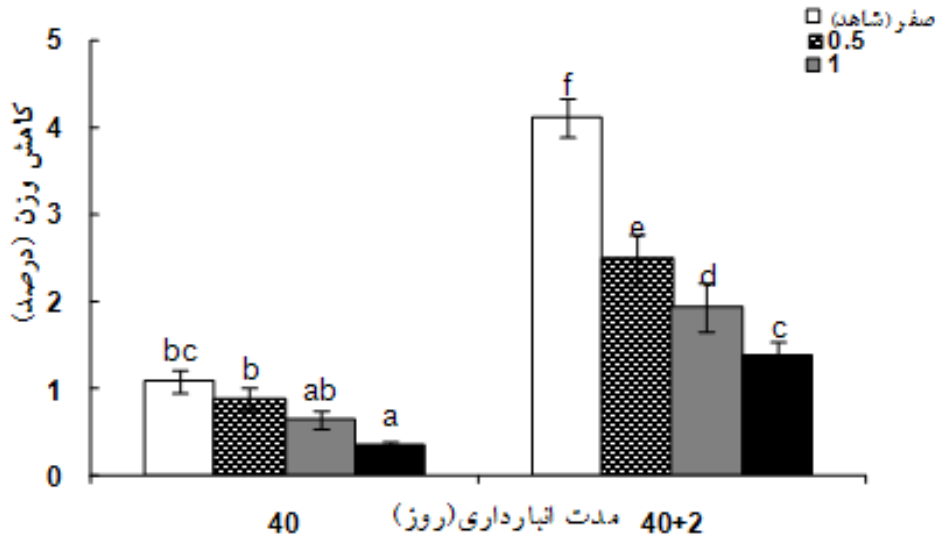
کاهش وزن: نتایج اثر متقابل رقم و مدت انبارداری بر میزان کاهش وزن گلچه‌ها در شکل 1 نشان داده شده است. میزان کاهش وزن گلچه‌های دو رقم بروکلی جنرال و لیبرتی دو روز نگهداری در دمای اتاق بعد از خروج از سردخانه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. رقم جنرال در مقایسه با رقم لیبرتی به‌طور معنی‌داری کاهش وزن بیش‌تری را در هر دو زمان اندازه‌گیری از خود نشان داده است.



شکل 1- اثر متقابل رقم و زمان انبارمانی بر میزان کاهش وزن گلچه‌های کلم بروکلی

داده‌های کاهش وزن گلچه‌های تیمار شده کلم بروکلی با غلظت‌های مختلف پوترسین در پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز پس از دو روز نگهداری در دمای اتاق نشان داد که کم‌ترین میزان کاهش وزن زمانی به‌دست آمد که گلچه‌ها با 1/5 میلی‌مولار پوترسین تیمار شده بودند، اما بیش‌ترین کاهش وزن در گلچه‌های شاهد دیده شد (شکل 2).

1- Folin-Cicalteu



شکل 2- اثر متقابل پوترسین و زمان انبارمانی بر میزان کاهش وزن گلچه‌های کلم بروکلی (غلظت‌های پوترسین برحسب میلی‌مولار می‌باشند)

مطالعات فینگر و همکاران (3) نشان داد که کاهش وزن گلچه‌های کلم بروکلی با پیشرفت پیری افزایش یافت، که دلیل آن افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی در مرحله پیری است، بنابراین، می‌توان گفت که تیمار پوترسین با حفظ ثبات غشاء، پیری را به تأخیر می‌اندازد و از این طریق به حفظ آب گلچه‌های تیمار شده کمک می‌کند (16). نتایج حاصل از این پژوهش، با یافته‌های سرانو و همکاران (17) که نشان دادند آلوهای تیمار شده با پوترسین کاهش وزن کم‌تری را در مقایسه با شاهد از خود نشان دادند، مطابقت دارد.

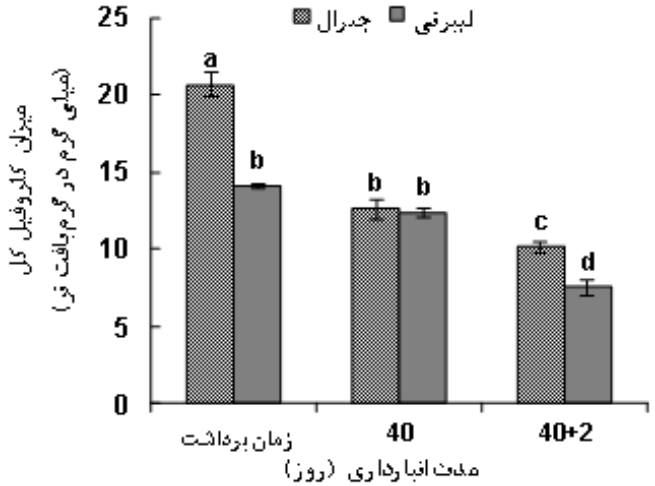
کلروفیل کل: مقایسه میانگین‌های میزان کلروفیل کل نشان داد که رقم جنرال در مقایسه با رقم لیبرتی میزان کلروفیل بیش‌تری را در زمان برداشت و نیز پس از دو روز نگهداری در دمای اتاق در پایان نگهداری در سردخانه داشته است (شکل 3). هم‌چنین مقایسه میانگین میزان کلروفیل گلچه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف پوترسین نشان داد که گلچه‌های تیمار شده با 1/5 میلی‌مولار پوترسین میزان کلروفیل بیش‌تری داشته است، اگرچه از لحاظ آماری با غلظت 1 و 0/5 میلی‌مولار پوترسین اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است (شکل4).

میزان کلروفیل در طی نگهداری در گلچه‌های کلم بروکلی کاهش یافت. کاربرد پوترسین مانع از کاهش زیاد کلروفیل در گلچه‌های کلم بروکلی در مقایسه با شاهد شد (شکل4). کاهش کلرفیل از نشانه‌های پیری است (3) و کاربرد پلی‌آمین در به تأخیر انداختن تخریب کلروفیل در چندین گونه گیاهی هم‌زمان با پیری ثابت شده است (9). نتایج پژوهش لستر (9) نیز نشان داد که کاربرد پلی‌آمین‌ها در خربزه هانی دیو باعث تأخیر در کاهش کلروفیل شده است.

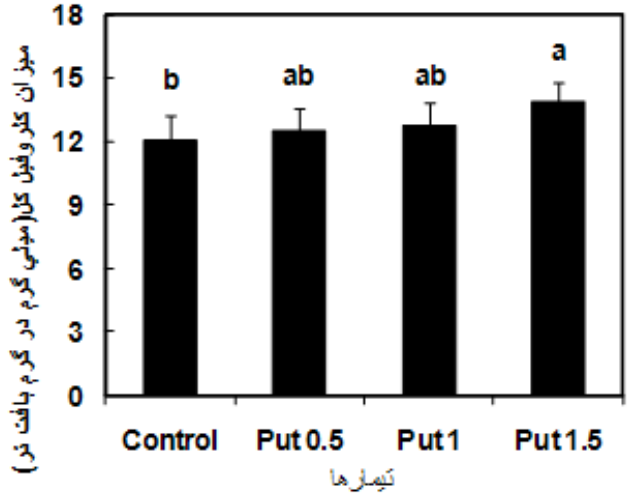
فنل کل: مقایسه میانگین‌های میزان فنل کل نشان داد که رقم جنرال در مقایسه با رقم لیبرتی میزان فنل کل بیش‌تری را در زمان برداشت، در پایان 40 روز نگهداری در سردخانه و نیز پس از دو روز نگهداری اضافی‌تر در دمای اتاق نشان داده است (شکل 5). مقایسه میانگین‌های میزان فنل کل گلچه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف پوترسین نشان داد که گلچه‌های تیمار شده با 1/5 میلی‌مولار پوترسین میزان فنل کل بیش‌تری داشته است، اگرچه از لحاظ آماری با غلظت 1 و 0/5 میلی‌مولار پوترسین اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل 6).

کاهش فنل کل طی دوره انبارداری بروکلی، توسط لمون و همکاران (8) نیز گزارش شد، اگرچه این کاهش بسته به نوع رقم دارد (4). در این پژوهش، گلچه‌های تیمار شده با پوترسین میزان فنل بالاتری داشتند که این نتایج با گزارش‌های میردهقان و همکاران (13) هم‌خوانی دارد. پوتریسین با نقش آنتی‌اکسیدانی خود مقاومت به تنش‌ها را زیاد می‌کند که با افزایش ترکیبات فنلی همراه است (24).

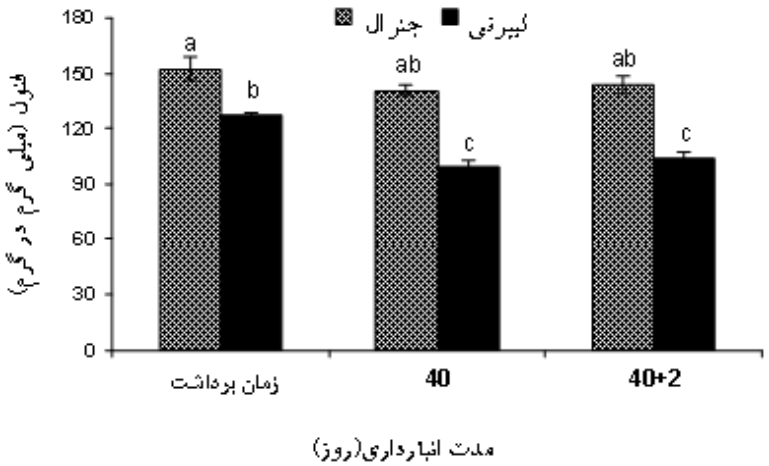
فلاونوئید کل: میزان فلاونوئید کل در هر دو رقم کلم بروکلی در زمان برداشت بالا بوده است، اما در پایان 40 روز نگهداری در دمای پایین و نیز دو روز اضافی‌تر در دمای اتاق اپس از خروج از سردخانه کاهش معنی‌داری را نشان داده است. اگرچه رقم جنرال در زمان برداشت در مقایسه با رقم لیبرتی فلاونوئید کل بالاتری را نشان داد، اما در طی دوره انبارمانی تفاوتی بین این دو رقم مشاهده نشد (شکل 7). مقایسه میانگین نشان داد که همانند فنل کل، گلچه‌های تیمار شده با 1/5 میلی‌مولار پوترسین میزان فنل کل بیش‌تری داشته است، اگرچه از لحاظ آماری با غلظت 1 و 0/5 میلی‌مولار پوترسین اختلاف معنی‌داری را نشان نداده‌اند (شکل 8).



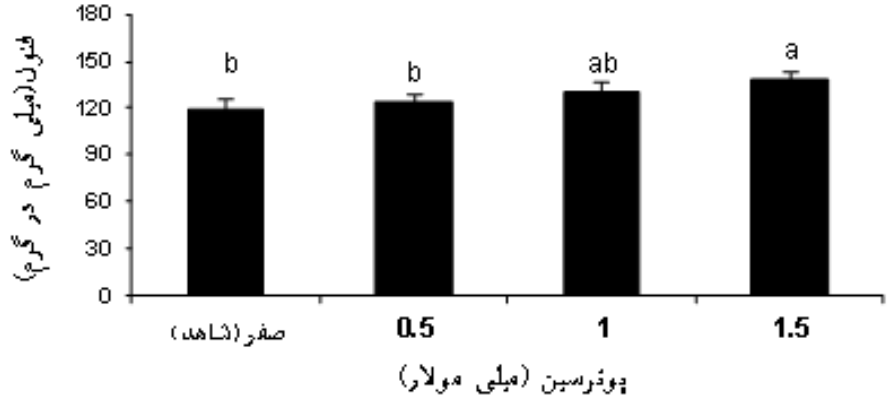
شکل 3- اثر متقابل نوع رقم و زمان انبارمانی بر میزان کلروفیل کل گلچه‌های کلم بروکلی



شکل 4- اثر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان کلروفیل کل گلچه‌های کلم بروکلی

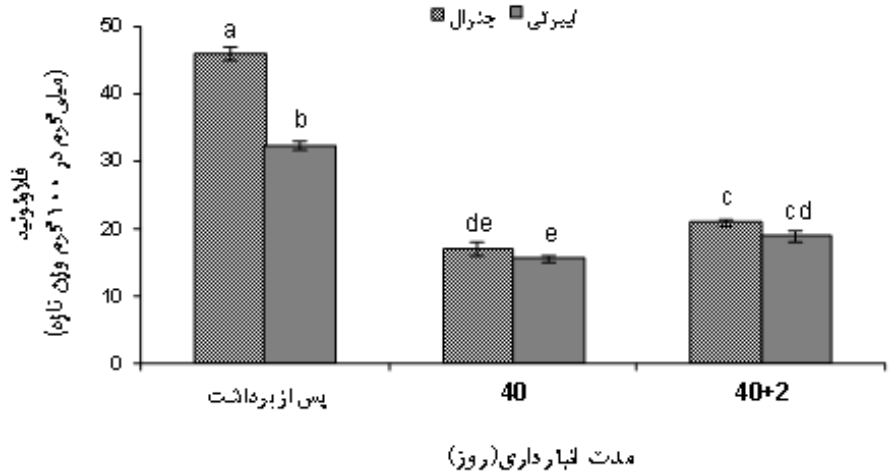


شکل5- اثر متقابل نوع رقم و زمان انبارمانی بر میزان فنل کل گلچه‌های کلم بروکلی

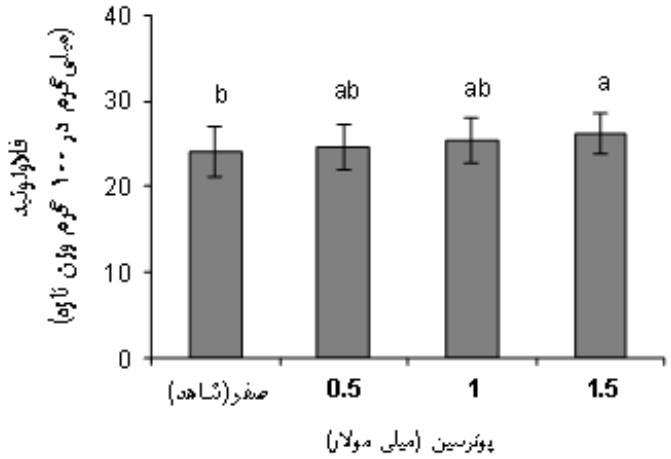


شکل 6- اثر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان فنل کل گلچه‌های کلم بروکلی

به طورکلی، میزان فلاونوئیدها به‌عوامل زیادی نظیر رقم (22)، روش‌های تولید (22)، روش‌های حمل و نقل و جابجایی (21) و ژنوتیپ (22) بستگی دارد. فلاونوئیدها دارای خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد می باشند (23). جو و همکاران (5) گزارش کردند که طی 7 روز در دمای 20 درجه سانتی‌گراد، فنل‌های ساده و فلاونوئیدها در سیب رقم دلیشز و رالز به سرعت کاهش می‌یابد.



شکل7- اثر متقابل نوع رقم و زمان انبارمانی بر میزان فلاونوئید کل کلم بروکلی



شکل 8- اثر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان فلاونوئید کل کلم بروکلی

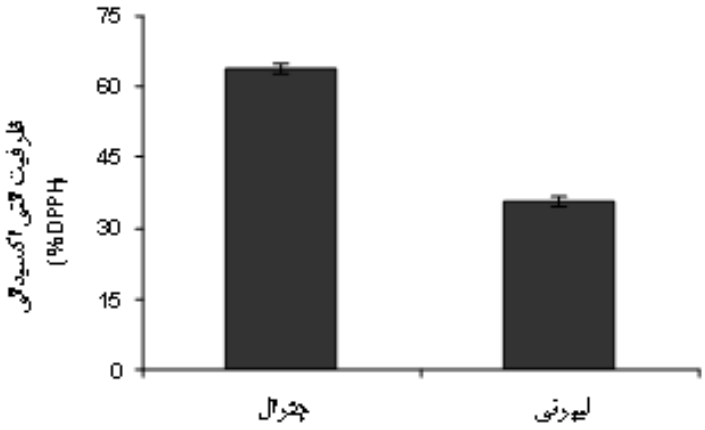
کاتچین و اسید کلروژنیک: میزان کاتچین گلچه‌ها تیمار نشده پس از دو روز نگهداری در دمای اتاق پس از خروج از سردخانه کاهش یافته است، اما تیمار با پوترسین سبب افزایش میزان کاتچین شده است و در بین تیمارهای اعمال شده، تیمار 1/5 میلی‌مولار پوترسین به‌طور معنی‌داری میزان کاتچین بیش‌تری را در دمای اتاق پس از خروج از سردخانه نشان داده است (جدول 1). میزان اسید کلروژنیک گلچه‌های بروکلی تیمار نشده در دمای اتاق پس از خروج از سردخانه کاهش یافت، اما تیمار با پوترسین سبب افزایش میزان اسید کلروژنیک شده است. به‌نظر می رسد که قرار گرفتن گلچه‌ها در دمای 20 درجه سانتی‌گراد سبب تنش فیزیولوژیکی در سلول گیاهان شده و هم‌چنین میزان آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و آنزیم‌های مؤثر دیگر در سنتز فلاونوئی‌ها و اسید کلروژنیک را افزایش داده است. که افزایش این ترکیبات در گوجه‌فرنگی زمانی‌که در دمای زیر 10 درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بودند، رخ داده است (11).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم کلم بروکلی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. به‌طوری‌که رقم جنرال در مقایسه با رقم لیبرتی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری را در پایان انبارداری از خود نشان داده است (شکل 9). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌ها کلم بروکلی در پایان نگهداری در دمای پائین و نیز 2 روز نگهداری در دمای بالا پس از خروج از سردخانه در مقایسه با زمان برداشت به‌طور معنی‌داری پایین بوده است (شکل 10). مقایسه میانگین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف پوترسین نشان داد که بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی زمانی به‌دست آمد که گلچه‌ها با 1/5 میلی‌مولار پوترسین تیمار شده باشند و کم‌ترین آن در گلچه‌های تیمار نشده مشاهده گردید (شکل 11).

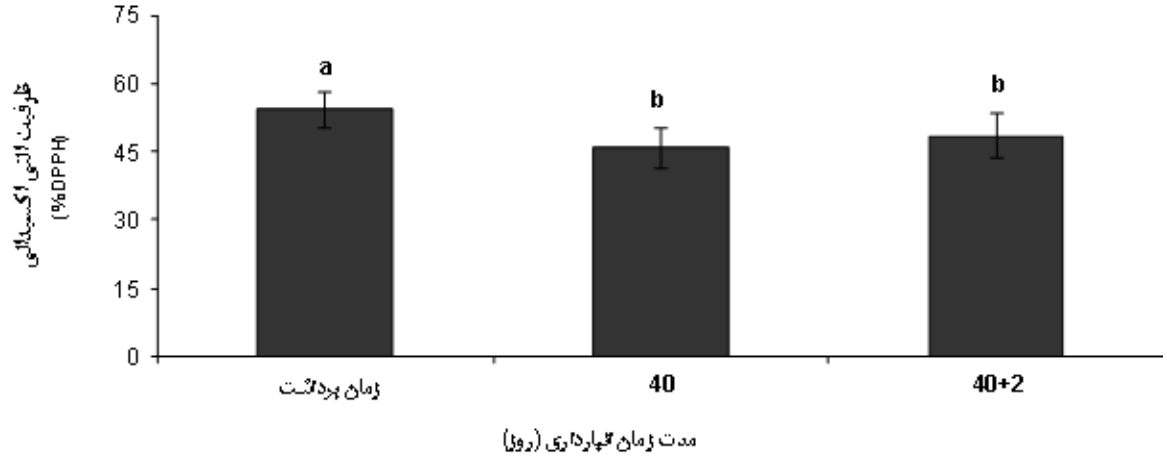
جدول 1- میزان کاتچین و اسید کلروژنیک گلچه‌های کلم بروکلی رقم جنرال و لیبرتی در زمان برداشت و دو روز نگهداری در دمای اتاق پس از خروج از در سردخانه

پوترسین (میلی‌مولار)	زمان انبارداری (روز)	کاتچین (میکروگرم در گرم بافت تر)		اسید کلروژنیک (میکروگرم در گرم بافت تر)	
		جنرال	لیبرتی	جنرال	لیبرتی
صفر (شاهد)	زمان برداشت	54/68±**5**	53/52±**5/2**	63/75±**6/5**	**25±3/3**
	40+2	39/51±**5/2**	37/64± **2/3**	52/63± **4/4**	**25±3/3**
0/5	زمان برداشت	54/68±**5**	53/52±**5/2**	63/75±**6/5**	**25±3/3**
	40+2	70/75±**6/5**	68/03±**4/4**	63/75±**5/3**	**25±3/3**
1	زمان برداشت	54/68±**5**	53/52±**5/2**	63/75±۶/۵	**25±3/3**
	40+2	84/96±**8/8**	71/54± **4/4**	75/43± **5/7**	**92/5±7**
1/5	زمان برداشت	54/68±**5**	53/52±**5/2**	63/75± **6/5**	**25±3/3**
	40+2	**100±7/5**	**100±7/5**	**100±7/5**	**100±7/5**

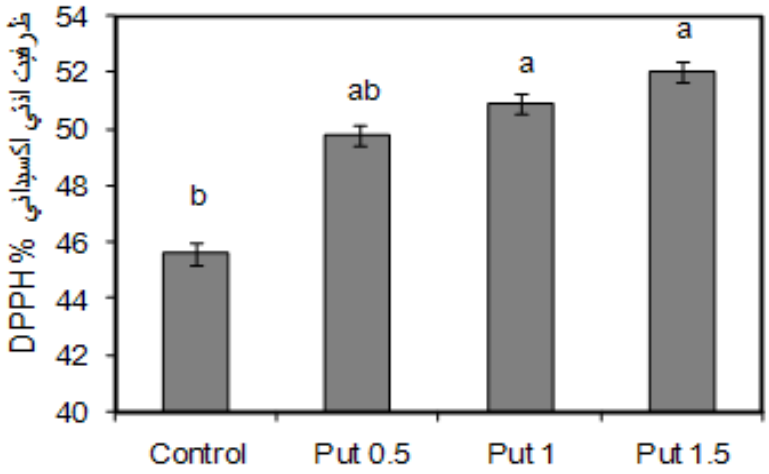
* علامت ± خطای استاندارد از میانگین (n=3) می‌باشد.



شکل 9- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های دو رقم کلم بروکلی



شکل10- تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدان کلم بروکلی در زمان برداشت، 40 روز نگهداری در سردخانه و 2 روز اضافی‌تر در دمای اتاق



شکل 11- اثر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های بروکلی

در زمان پیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گلچه‌های کلم بروکلی کاهش یافت که این نتایج با یافته‌های تاوارینی و همکاران (19) بر روی میوه کیوی، که بیان کردند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌صورت معنی‌داری پس از دو ماه انبارداری در دمای صفر درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد، هم‌خوانی دارد. ورما و میشرا (24) بیان داشتند که پوترسین قادر است با کم کردن میزان پراکسید هیدروژن نقش آنتی‌اکسیدانی در گیاه داشته باشد. هم‌چنین پوتریسین می‌تواند با خنثی کردن ROS از آسیب‌های احتمالی آن بر سلول، جلوگیری کرده و باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردد (15).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که متناسب با طولانی شدن مدت انبارداری گلچه‌های کلم بروکلی، هم میزان کلروفیل کاهش می‌یابد و هم خواص آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نیز کاهش می‌یابد. استفاده از دمای پایین به‌همراه پیش تیمار با پوترسین، با حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پیری را به تأخیر انداخت و از این طریق باعث حفظ کلروفیل و جلوگیری از کاهش وزن گلچه‌ها شد. کاهش میزان فنل کل و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم‌زمان با پیری گلچه‌های کلم بروکلی مشاهده شد. تیمار با غلظت‌های 1 و 1/5 میلی‌مولار پوترسین مانع کاهش بیش‌تر این ترکیبات شد و از این طریق سیستم آنتی‌اکسیدانی گلچه‌ها را تقویت کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله، مراتب سپاس خود را از دانشگاه گیلان به‌خاطر در اختیار قرار دادن امکانات مورد نیاز برای انجام این تحقیق و نیز تأمین هزینه‌های پژوهشی، ابراز می‌دارند.

منابع

1- Bakhshi D., and Arakawa O. 2006. Induction of phenolic compound biosynthesis with light irradiation in the flesh of red and yellow apples. Journal of Applied Horticulture, 8(2): 101-104.

2- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology, 28: 25–30.

3- Finger, F.L., Endres L., Mosquim P.R., and Puiatti M. 1998. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. Pesquisa Agropecuària Brasileira, 34:1565-1569.

4- Howard L.R., Talcott S.T., Brenes C.H., and Villalon B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected peppers cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 1713-1720.

5- Ju Z., Yuan Y., Liu C., Zhan S., and Wang M. 1996. Relationship among simple phenol, flavonoid and anthocyanin in apple fruit peel at harvest and scald susceptibility. Postharvest Biology and Technology, 8: 83-93.

6- King G.A., and Morris S.C. 1994. Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. Journal of American Society for Horticultural Science, 119: 1000-1005.

7- Koh E., Wimalasiri K.M.S., Chassy A.W and Mitchell A.E. 2009. Content of ascorbic acid, quercetin, kaempferol and total phenolics in commercial broccoli. Journal of Food Composition and Analysis, 10: 1016-1126.

8- Lemoine l., Civello P., Chaves A., and Martinez G. 2009. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh cut broccoli florets during refrigerated storage. Journal of LWT-Food and Technology, 42:1076-1081.

9- Lester G.E. 2000. Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. Plant Science, 160: 105–112.

10- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method in enzymology, 148:350-382.

11- Macheix J.J., Fleuriet A., and Billot J. 1990. Fruit Phenolics. CRC, Boca Raton, FL, pp. 1-25.

12- Makhlouf J., Castaigne F., Arul J., Willemot C., and Gosselin A. 1989. Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. HortScience, 24: 637–639.

13- Mirdehghan S.H., Rahemi M., Serrano M., Guillen F., Martinez-Romero D., and Valero D. 2007. The application of Polyamines by pressure or Immersion as tool to maintain functional properties in stored Pomegranate Arils. Journal of Agricultural and Food Chemistry**,** 55: 755-760.

14- Nambeesan S., Avtar K., Handa K., and Mattoo A. 2008. Polyamines and regulation of ripening and senescence. John Willy Press. 400pp.

15- Schindler C., Reith P., and Lichtenthaler H.K. 1994.Differential level of carotenoid and decrease of zea-xanthine cycle performance during leaf development in green and an aurea variety of tobacco. Journal of Plant Physiology, 143: 500-7.

16- Schirra M., and D'Hallewin G. 1997. Storage performance of 'Fortune' mandarins following hot water dips. Postharvest Biology and Technology, 10: 229- 238.

17- Serrano M., Martı´nez-Romero D., Guille´n F., and Valero D. 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. Postharvest Biology and Technolgy, 30: 259-271.

18- Singleton V.L., Orthofer R., and Lamuela-Raventós R.S. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin- Ciocalteau Reagent. Methods in Enzymology, 299: 152-178

19- Tavarini S., Degl Innocenti E., Remorini D., Massai R., and Guidi L. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Food Chemistry, 107: 282-288.

20- Tian M.S., Islam T., Stevenson D.G., and Irving D.E. 1997. Color, ethylene production, respiration, and compositional changes in broccoli dipped in hot water, Jornal of American Society for Horticultural Science 122: 112–116.

21- Vallejo F., García-Viguera C., and Tomás-Barberán F.A. 2003. Changes in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) health-promoting compounds with inflorescence development. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 3776-3782.

22- Vallejo F., Tomás-Barberán F.A., and García-Viguera C. 2002. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 1293-1297

23- Van Acker S.A.B.E., Tromp M.N.J.L., Haenen G.R.M.M., Van Der Vijgh W.J.F., and Bast A. 1995. Flavonoids as scavengers of nitric oxide radical. Biochemical and Biophysical Research Communications, 214: 755-759.

24- Verma S., and Mishra. S.N. 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica juncea* by inducing antioxidative defense system. Journal of Plant Physiology, 162: 669-677

25- Yong S.P., Soon T.J., Seong G.K., Buk G.H., Patricia A.A., and Fernando پT. 2008. Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. Food Chemistry, 107(2): 640–648.

26- Zokaee Khosroshahi M.R., Esna-Ashari M., and Ershadi A. 2007. Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. Scientia Horticulturae, 114: 27-32.