

نقش سالیسیلیک اسید و متیل جاسمونات روی افزایش ویژگی های آنتی اکسیدانی میوه هلو (*Prunus persica* L.)

حمیده محمدی، زهرا پاک کیش و وحید رضا صفاری

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶)

چکیده:

میوه هلو دارای ارزش غذایی بالایی است که به صورت تازه خوری و فرآوری شده مورد استفاده قرار می گیرد. از این رو، در این تحقیق سعی شده است، تاثیر سطوح مختلف متیل جاسمونات (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) و سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ میلی مولار) و همچنین اثرات متقابل آنها بر برخی شاخص های کیفی و بیوشیمیایی میوه هلو رقم آلبرتا در زمان برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین ترتیب، محلول پاشی درختان، در دو مرحله نوک سبزی و نوک صورتی جوانه به صورت یک آزمایش اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط باغ انجام گرفت. در زمان برداشت، خصوصیات کیفی و آنتی اکسیدانی میوه ها نظیر کل مواد جامد محلول، اسکوربیک اسید، اسیدهای آلی، کارتوئید، میزان آنتوسیانین و میزان فنل میوه هلو مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، ویژگی های کیفی و آنتی اکسیدانی میوه درختان تیمار شده در هر دو مرحله (نوک سبزی و نوک صورتی جوانه) نسبت به تیمار شاهد، افزایش یافت و در بین تیمارها، تیمار متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی-گرم در لیتر و ترکیب توام با سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار بیشترین و در بین مراحل اعمال تیمار، محلول پاشی در مرحله نوک سبزی جوانه، بیشترین تاثیر را در بهبود ویژگی های کیفی و آنتی اکسیدانی میوه های هلو البرتا داشت.

واژه های کلیدی: سالیسیلیک اسید، متیل جاسمونات، هلو

مقدمه:

(Jackson and Looney, 1999). معروفترین ارقام تجاری هلو دارای رنگ گوشت و پوست سفید و زرد هستند. هلوهای با گوشت سفید دارای عطر و طعم خاص خود می باشند (Robertson et al., 1990). رنگیزه کاروتنوئید می تواند به عنوان محافظ در برابر اکسیداسیون و لهیدگی عمل کند. گزانتوفیل ها، رنگیزه های زرد رنگی هستند که از هیدرولیز کارتوتنوئیدها تولید می شوند. لوتئین از بتا-کاروتن، زاگزانتین و ویولاگزانتین از بتاکاروتن حاصل می شوند (Demming-Adams and Adams, 2002). آنتوسیانین ها، مشتقات گلوکوزیدی از آنتوسیانین ها می باشند و دارای رنگ

میوه هلو حاوی طیف وسیعی از ترکیبات مختلف می باشد و از این جهت تفاوت های زیادی در ترکیب و ساختمان از خود نشان می دهند. هر میوه از بافت زنده ای تشکیل شده که به صورت متابولیکی فعال بوده و مرتباً در ترکیب آنها تغییر ایجاد می شود. سرعت و دامنه تغییرات بستگی به ترکیبات شیمیایی آن دارد. رنگ گوشت و پوست از معیارهای ظاهری طبقه بندی ارقام هلو می باشد. هلوهای مختلف به رنگ های مختلف سفید تا زرد کمرنگ، صورتی، پرتقالی و قرمز هستند. رنگ هلو به دلیل ترکیبی از آلفا و بتاکاروتن و بتاکریپتوگزانتین می باشد

* نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: zpakkish@gmail.com

ترکیبات پلی فنولیک در اثر قهوه‌ای شدن ناشی از اکسیداسیون بوسیله آنزیم پلی فنول اکسیداز ایجاد می‌شوند. در نتیجه این ترکیبات در معرض اکسیداسیون آنزیم پلی فنل اکسیداز قرار می‌گیرند. در نتیجه کینون تشکیل شده و به رنگ‌های قهوه‌ای رنگ پلیمریزه می‌شوند (Hansche and Boynton, 1986).

سالیسیلیک‌اسید و متیل جاسمونات از جمله هورمون‌های گیاهی هستند که نقش مهمی در فرآیندهای متابولیکی سلول زنده ایفا می‌کنند، از جمله این اثرات رسیدن میوه، تولید دانه گرده زنده و فعال، رشد ریشه، پیچ خوردگی تندرل‌ها، پاسخ به زخم و تنش‌های غیرزیستی و دفاع در برابر میکروب‌های بیماری‌زا و حشرات را تحت تاثیر قرار می‌دهند. همچنین، جاسمونات‌ها از هورمون‌هایی هستند که با دخالت در بیان ژن‌های مختلف، گیاهان را در برابر تنش‌های مختلف محیطی محافظت می‌نمایند (Leon et al., 1999 و Popova et al., 1997). تحقیقات نشان داد، توت فرنگی‌های تیمار شده با متیل جاسمونات، کیفیت‌شان به طور چشمگیری افزایش یافت (Ayala-Zavala et al., 2004). طبق پژوهش‌های پیشین، گیاهانی که با اسیدجاسمونیک، تیمار شدند، دارای رنگ‌های بیشتری نسبت به تیمار شاهد بودند (Saiprasad et al., 2004; Rudell, 2005)، تیمار سالیسیلیک اسید در رشد دانهال *Vigna mungo* و کاهش میزان تنش، بسیار موثر بوده است (Singh et al., 2012). از اثرات سالیسیلیک اسید، می‌توان بر نقش این هورمون گیاهی بر افزایش میزان رنگدانه‌های گیاه *Brassica napus* تیمار شده با سالیسیلیک اسید، اشاره کرد. ثابت شده که اسپری برگی سالیسیلیک اسید بر روی این گیاه مقدار کارتنوئیدها را افزایش داده است که با ایجاد این تغییرات مقاومت گیاه را به شرایط نامناسب محیطی افزایش داده است (Ghai et al., 2002). هدف اصلی باغداران از کشت و پرورش درختان میوه، تولید میوه‌ای با کیفیت بسیار بالا و همراه با افزایش میزان تولید عملکرد با حداقل هزینه می‌باشد. استفاده از ارقام مناسب و مدیریت صحیح و اصولی باغ، هر دو در رسیدن به این هدف و همچنین در تداوم عملکرد باغ دارای اهمیت می‌باشند. میوه هلو به دلیل ارزش تغذیه‌ای و عطر و طعم بسیار خوب و همه

آبی تا قرمز در واکوئل، سلولهای اپیدرم و یا گوشت میوه می‌باشند. آنتوسیانین‌ها از فلاونوئیدها از طریق مسیر فنیل آلانین تولید می‌شوند. حضور آنتوسیانین مستقل از رنگ پوست یا رنگ زرد و سفید گوشت میوه می‌تواند، منشا کمی و کیفی داشته باشد. صفات کمی به وسیله مواجهه با نور و رنگ‌ها تاثیر می‌گیرند، در حالی که صفات کیفی به اپیدرم و پوست میوه محدود می‌شوند (Beckman and Sherman, 2003). چندین ترکیب در عطر و طعم هلو دخیل هستند. مواد عطری فرار، مواد آلی، فنل و قندها شناخته شده‌ترین مواد می‌باشند. در میان مواد عطری فرار (الکل‌ها، آلدئیدها، استرها و...) از عوامل عمده ایجاد عطر در هلو عمدتاً هگزانولها، لینالول (۲۵۰ پی پی ام) و آلفا دی کالاکتون (۱۳۰-۲۵ پی پی ام) در بین ارقام گوشت سفید و زرد یافت می‌شوند (Robertson et al., 1990). اسید عمده در هلو اسید مالیک (بیش از ۵۰ درصد از کل اسیدها)، پس از آن اسیدسیتریک، اسیدکینیک و اسید سوکسینیک می‌باشند. اسید کل به صورت اسید مالیک بیان میشود که محدوده آن از ۰/۹ تا ۱/۶ می‌باشد. اسید آسکوربیک (ویتامین ث) موجود در میوه هلو عمدتاً پایین است (کمتر از ۱۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) و در برخی ارقام مقدار آن بالاتر است (Liverani and Alessandro, 1999). محتوای قند عموماً بر اساس ارزیابی مواد جامد محلول بوسیله انکسارسنجی انجام می‌شود. این مقدار ممکن است تا ۲۰ درصد یا بیشتر هم برسد (Liverani et al., 2003). اندازه‌گیری میزان اسید بر اساس اسید قابل تیتراسیون بهترین روش برای تشخیص میوه‌های کم اسید می‌باشد. با اندازه گیری مواد جامد محلول هم می‌توان میوه‌های با اسید پایین را تشخیص داد ولی برخی از میوه‌های با میزان اسید کم ممکن است قند پایین داشته باشند و بنابراین معیار خوبی برای ارزیابی میوه‌های با اسید پایین (اسیدیته بالا یا پی اچ بالا) نمی‌باشد (Liverani et al., 2003). فنول‌ها ممکن است نقش مهمی در طعم میوه داشته باشند زیرا آنها عامل گسی می‌باشند. در ارقام مختلف هلو میزان مواد فنولی متفاوت می‌باشد، به طوریکه در ارقام با کیفیت بالا مقدار آن ۱۴۰-۱۲۰ میلی‌گرم بر وزن تر میوه می‌باشد (Robertson et al., 1990).

همکاران (۱۹۹۸)، اندازه‌گیری باغداران در صدد افزایش عملکرد و کیفیت محصول آن می‌باشند. بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت و افزایش تولید هلو، هدف از انجام این پژوهش، استفاده از هورمون‌های گیاهی نظیر متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید به منظور افزایش ویژگی‌های کیفی میوه هلو در زمان برداشت بوده‌است.

تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش حاضر، به صورت آزمایش اسپلیت- فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی (با دو فاکتور زمان و تیمار) با ۹ تیمار و ۴ تکرار در دو زمان (مرحله نوک سبزی جوانه و مرحله نوک صورتی جوانه) اجرا شد. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.1) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و مقایسه میانگین اثرات متقابل توسط نرم افزار MSTATC انجام گرفت. نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شد.

نتایج:

تاثیر تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی کل مواد جامد محلول هلوی "آلبرتا": طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، بیشترین میزان کل مواد جامد محلول، در میوه‌های درختان محلول پاشی شده با متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان در میوه‌های درختان شاهد، مشاهده گردید. در بین سایر تیمارها و زمان محلول پاشی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

تاثیر تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی اسید- اسکورییک و اسیدهای آلی هلوی "آلبرتا": نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲)، تیمارهای مورد استفاده باعث افزایش میزان اسیدهای آلی در میوه شدند، بطوریکه تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر متیل جاسمونات در هر دو مرحله بیشترین میزان اسید آلی را دارا بود ولی به طور کلی، در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به محلول پاشی توسط تیمارهای متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به تنهایی و کمترین میزان مربوط به تیمارهای سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار، متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر توام با سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار، متیل جاسمونات

پسندی که دارد، به میزان چشمگیری باغداران در صدد افزایش عملکرد و کیفیت محصول آن می‌باشند. بنابراین، با توجه به سطح زیر کشت و افزایش تولید هلو، هدف از انجام این پژوهش، استفاده از هورمون‌های گیاهی نظیر متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید به منظور افزایش ویژگی‌های کیفی میوه هلو در زمان برداشت بوده‌است.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش در سال ۹۲-۹۱ در یک باغ تجاری، واقع در ۱۵۰ کیلومتری مرکز استان کرمان در حومه شهرستان راین به مرحله اجرا در آمد. پژوهش بر روی درختان ۴ ساله هلو رقم آلبرتا با فواصل کشت ۴ متر روی ردیف و ۶ متر بین ردیف، مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری ۵ روز انجام گردید.

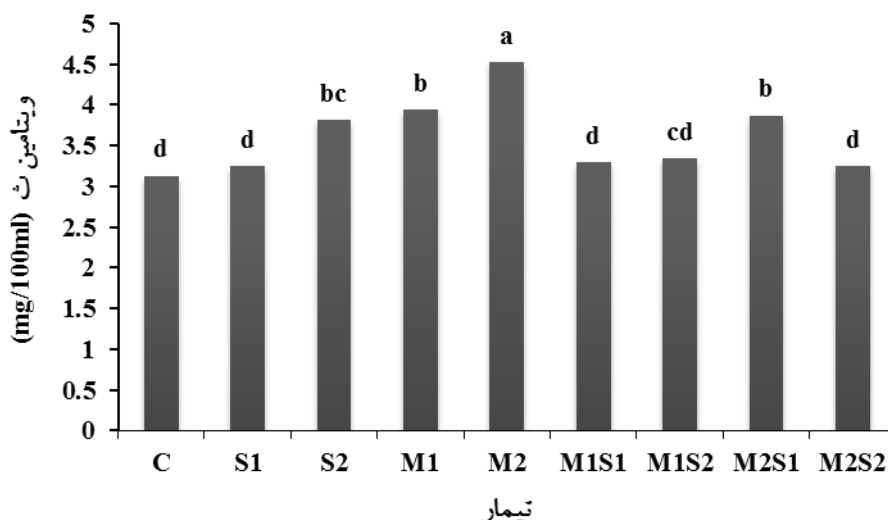
تیمارها شامل متیل جاسمونات با غلظت های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، سالیسیلیک اسید با غلظت‌های یک و دو میلی مولار به تنهایی و متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار، متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار، متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار، متیل- جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار، درختانی که هیچ کدام از تیمارهای فوق روی آنها انجام نشد و فقط با آب مقطر محلول پاشی شدند، به عنوان درختان شاهد در نظر گرفته شدند. جهت اجرای آزمایش در دو مرحله زمانی (۱- مرحله نوک سبزی جوانه و ۲- مرحله نوک صورتی جوانه) درختان در دو کرت جداگانه ولی کاملاً کنار هم و با شرایط آبیاری و مدیریت یکسان، انتخاب شدند. سپس میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری برداشت شدند و جهت بررسی ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی میوه‌ها نظیر کل مواد جامد محلول، اسید اسکورییک، اسیدهای آلی، کارتنوئید، میزان آنتوسیانین و میزان فنل مورد آزمایش قرار گرفتند.

در این تحقیق اندازه‌گیری مواد جامد محلول توسط رفراکتومتر دستی (مدل MT-098P8A)، اسیدهای آلی از روش Basiouny (۱۹۹۶)، سنجش آنتوسیانین، از روش Krizek و

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به تاثیر غلظت های مختلف متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید در میوه هلو رقم آلبرتا.

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول	اسیدهای آلی	ویتامین ث	آنتوسیانین	فنل میوه	کارتونوئید میوه
زمان	۱	۲۷/۴۴*	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۷۱ ^{ns}	۲۱۸/۰۸**	۵/۴۹**	۰/۰۶**
خطای ۱	۲	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲۹ ^{ns}
متیل جاسمونات	۲	۹۲/۸۶**	۰/۰۰۰۶*	۱/۰۹**	۲۱۰/۳۶**	۱۴/۶۷**	۰/۰۰۵۹**
سالیسیلیک اسید	۲	۱۷/۱۷*	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۹۳**	۱۷۳/۳۳**	۸/۰۰**	۰/۰۰۲۲**
متیل جاسمونات × زمان	۲	۲/۹۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۲/۵۸**	۰/۱۷**	۰/۰۰۰۲ ^{ns}
سالیسیلیک اسید × زمان	۲	۱/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۳/۶۱**	۰/۲۴**	۰/۰۰۰۳ ^{ns}
متیل جاسمونات × سالیسیلیک اسید	۴	۱۹/۳۹*	۰/۰۰۴*	۱/۶۴**	۳۳/۹۴**	۰/۹۵**	۰/۰۰۰۷**
متیل جاسمونات × سالیسیلیک اسید × زمان	۴	۱/۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۹۵*	۰/۲۷**	۰/۰۰۰۲۹**
خطای ۲	۳۲	۵/۲۴**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۸۷**	۰/۳۶**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۰۲۹**
ضریب تغییرات (cv)	-	۱۵/۰۳	۲۴/۴۲	۷/۷۰	۰/۴۱	۰/۷۲	۳/۱۵

* معنی دار در سطح ۱٪، * معنی دار در سطح ۵٪، ^{ns} عدم معنی داری



شکل ۱- تاثیر محلول پاشی متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان ویتامین ث هلو "آلبرتا". میانگین هایی که دارای حروف یکسانی هستند، تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن با هم ندارند. C: شاهد، S₁: سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، S₂: سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار، M₁: متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، M₂: متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، M₁S₁: متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، M₁S₂: متیل جاسمونات ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار، M₂S₁: متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، M₂S₂: متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار.

تاثیر تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان کارتونوئید میوه هلو "آلبرتا": طبق نتایج حاصل تجزیه واریانس، بیشترین میزان کارتونوئید میوه مربوط به تیمار توام

۲۰۰ میلی گرم بر لیتر توام با سالیسیلیک اسید ۲ میلی گرم بر لیتر و شاهد بوده است. بین سایر تیمارها از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱).

جدول ۱- برهمکنش بین زمان غلظت تلومر جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی کل مواد جامد محلول، اسیدهای آلی محلول، میزان کانتیرید، میزان آنتوسیانین، میزان فنل محلول و میزان کل پروتئین

تیمار	زمان محلول پاشی		زمان محلول پاشی		زمان محلول پاشی		زمان محلول پاشی		تیمار
	میزان فنل (mg/100g FW)	میزان آنتوسیانین (µg/g FW)	میزان کانتیرید (µg/ml)	میزان اسیدهای آلی محلول (g/100ml)	میزان کل پروتئین (g/100ml)	میزان کل مواد جامد محلول (g/100ml)	میزان سالیسیلیک اسید (µg/g FW)	میزان فنل (mg/100g FW)	
سالیسیلیک اسید (حطل محلول)	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	۰
	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	۰
جوانه	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	نوک صحرایی	۰
	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	نوک سبزی	۰
۲	۸/۳۵±۰/۰۹۰	۱۳۶/۸۴±۰/۳۹۱	۱۳۶/۸۴±۰/۳۹۱	۰/۴۶±۰/۰۰۵	۰/۴۶±۰/۰۰۵	۰/۰۶±۰/۰۰۱	۱۰/۷۳±۰/۳۳۶	۱۰/۵۰±۰/۲۹۹	۰
	۹/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۱	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۲	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۱	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۲	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۱	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
۲	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰
	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۱۰/۱۱±۰/۰۳۳	۰/۴۴±۰/۰۰۴	۰/۰۵±۰/۰۰۰	۰/۰۹±۰/۰۰۱	۱۳/۳۳±۰/۳۳۶	۱۴/۰۰±۰/۰۰۰	۰

میکنیم مطمئنیم که در این مورد، تفاوت معنی دار بین تیمارها در این خصوص مشاهده نمیگردد.

حضور نور، مقدار کربوهیدراتی که به صورت تریوز فسفات در یک برگ گیاه تولید می‌شود. بیش از میزان مورد نیاز آن برای تولید انرژی یا سنتز به صورت پیش سازها می‌باشد. کربوهیدرات مازاد به سوکروز تبدیل شده و به سایر قسمتهای گیاه انتقال داده می‌شود، تا در آن محل‌ها به عنوان سوخت مصرف شود. در اکثر گیاهان، نشاسته شکل اصلی ذخیره‌ای است. اما اسید آمینه هم در گیاهان سنتز شده و پلی پپتیدها را می‌سازند (Lichtenthder, 1987). تحقیقات نشان داد، کاربرد متیل جاسمونات در غلظت‌های بالا با فعال کردن ژن‌های لازم برای فتوسنتز، احیا کربن صورت گرفته و کربن در سلول تثبیت و یا به فرم ذخیره‌ای در آمده و یا به قسمت‌های دیگر منتقل می‌شود. با مهار ژن‌های فتوسنتزی در این شرایط، تعادلی بین جذب و استفاده انرژی ایجاد می‌شود (Creelman and Mullet, 1997). بنابراین متیل جاسمونات با افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان قندهای احیا کننده، سایر هیدرات‌های کربن و اسیدهای آلی را در میوه و گیاه تیمار شده افزایش می‌دهند (Janoudi and Flore, 2003). به طوری که، میوه‌های توت فرنگی تیمار شده با متیل جاسمونات باعث افزایش میزان مواد جامد محلول شده است (Ayala-Zavala et al., 2004) که این یافته‌ها، نتایج حاصل از پژوهش حاضر را مبنی بر اثر تیمار سالیسیلسک اسید و متیل جاسمونات روی افزایش ویژگی‌های کیفی میوه هلو، آلبرتا، تأیید می‌نمایند. ثابت شده است که ترکیبات فنلی نظیر سالیسیلیک اسید با تأثیر بر فرآیندهای مانند فتوسنتز، تنفس، جذب یون، نفوذ پذیری غشا، فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌ها، میزان رشد و تولید بیومس را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نتیجه این تغییرات باعث افزایش تجمع هیدرات‌های کربن، اسیدهای آلی، پروتئین‌ها و سایر ماکرومولکول‌ها می‌گردد (Hayat et al., 2007). بنابراین افزایش اسیدهای آلی همراه با محلول پاشی درختان هلو با سالیسیلیک اسید با توجه به یافته‌های Hayat و همکاران (۲۰۰۷) امری است طبیعی و یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌نماید. ترکیب تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مول با علف کش Pendimethalin با غلظت ۲۵ و ۱۰ پی پی ام، رشد دانهال *Vigna mungo* را

متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کمترین میزان کارتنوئید میوه مربوط به تیمار شاهد در هر دو زمان محلول پاشی (نوک سبزی و نوک صورتی جوانه ها) بخصوص مرحله نوک سبزی جوانه ها، که در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۲).

تأثیر تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان آنتوسیانین میوه هلو "آلبرتا": طبق نتایج حاصل تجزیه واریانس، بیشترین میزان آنتوسیانین میوه مربوط به تیمار توام متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کمترین میزان آنتوسیانین میوه مربوط به تیمار شاهد در هر دو زمان محلول پاشی (نوک سبزی و نوک صورتی جوانه ها) بخصوص مرحله نوک سبزی جوانه‌ها، که در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۱ و ۲).

تأثیر تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان فنل میوه هلو "آلبرتا": طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بیشترین میزان فنل میوه مربوط به تیمار توام متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کمترین میزان فنل میوه مربوط به تیمار شاهد در هر دو زمان محلول پاشی (نوک سبزی و نوک صورتی جوانه‌ها) بخصوص مرحله نوک سبزی جوانه ها، که در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۱ و ۲).

بحث:

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، محلول پاشی درختان هلو با سطوح مختلف متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید نشان داد، ویژگی‌های آنتی اکسیدانی میوه هلو در زمان برداشت با تیمارهای بکار برده شده بهبود یافت. به طوری که، در بین تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش، تیمار متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ترکیب توام آن با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین تیمار شاهد کمترین اثر را دارا بودند. در طی فتوسنتز فعال و در

آب و هوایی قبل از برداشت، روش‌های برداشت و حمل و نقل و همچنین شرایط انبار مانی (دما و طول مدت انبار) قرار می‌گیرد (Lee and Kader, 2000). اسیدآسکوربیک در بسیاری از مسیرهای آنتی‌اکسیدانی که رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برد نقش دارد. آنتی‌اکسیدان‌ها نقش قابل توجهی در نگهداری میوه‌ها در طول رشد و نمو روی درخت و همچنین پس از برداشت در طول انبار مانی به عهده دارند (Felicetti and Mattheis, 2010). که این یافته‌ها، نتایج این پژوهش را تایید می‌نمایند. در نهایت، افزایش در میزان ویتامین ث یک فاکتور مهم در افزایش کیفیت میوه می‌باشد که طبق نتایج پژوهش حاضر، تیمار سالیسیلیک-اسید و متیل جاسمونات باعث افزایش ویتامین ث میوه‌های آلبرتا شدند. طبق نتایج حاصل از این پژوهش، بیشترین میزان کارتنوئید میوه مربوط به تیمار توام متیل جاسمونات ۲۰۰ میلی-گرم بر لیتر و سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین میزان کارتنوئید میوه مربوط به تیمار شاهد در هر دو زمان محلول پاشی (نوک سبزی و نوک صورتی جوانه‌ها) بخصوص مرحله نوک سبزی جوانه‌ها، که در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. طبق تحقیقات انجام شده، ترکیب تیمار سالیسیلیک اسید با علف کش Pendimethalin، علاوه بر تاثیر معنی‌دار روی رشد دانه‌ها *Vigna mungo*، رنگدانه، میزان قند این گیاه را نیز به طور معنی‌داری افزایش داده‌است (Singh et al., 2012). کارتنوئید تتراترپن‌هایی هستند که در پلاستیدهای بافت‌های فتوسنتزی و غیر فتوسنتزی گیاهان وجود دارد و از جرانیل پیروفسفات از مسیر ایزوپرنوئید در پلاست‌ها سنتز می‌شوند (Egert and Tevini 2002; Marty et al., 2005; Arora and Sairam, 2002). در کلروپلاست‌ها کارتنوئیدها به عنوان رنگیزه کمکی عمل می‌کنند اما نقش مهم‌تر آنها نقش آنتی‌اکسیدانی آنها می‌باشد (Egert and Tevini, 2002). اسید جاسمونیک نقش محافظت از RNA و DNA، کنترل سنتز پروتئین و عمل آنزیم‌ها و خواص بافیری دارا هستند که بدین صورت جلوی از بین رفتن کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌های اندام‌های گیاه را می‌گیرند (Sai prasad et al., 2004; Rudell, 2005). از اثرات

افزایش داده جوانه‌زنی بذر، طول ریشه چه، رنگدانه، میزان قند به طور معنی‌داری افزایش داده‌است (Singh et al., 2012). اسیدآسکوربیک یک آنتی‌اکسیدانت قابل حل در آب است و در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. همچنین به طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های اکسیژن منفرد یا سوپراکسید و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در باز تولید آلفا توکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند. بعلاوه افزایش در میزان اسیدآسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان می‌تواند سبب کاهش گونه‌های فعال اکسیژن شود (Noctor and Foyer, 1998). اسید آسکوربیک در کلروپلاست به صورت یک کوفاکتور برای چرخه ویولاگزانتین نیز عمل می‌کند (Smirnov, 2000). کاهش در بعضی از مواد غذایی مانند اسیدآسکوربیک یک فاکتور بحرانی در عمر انبارمانی در بسیاری محصولات باغبانی می‌باشد. همان طور که از نتایج بر می‌آید میزان ویتامین ث در طی انبارمانی دستخوش تخریب قرار می‌گیرد. در این رابطه بیان شده که این ترکیب، پیش ماده‌ای برای تولید رنگدانه‌های قهوه‌ای است و کاهش در میزان اسیدآسکوربیک سبب قهوه‌ای شدن بافت و در نهایت کاهش کیفیت میوه‌ها می‌شود (Burdurlu et al., 2006). بررسی‌ها نشان داده‌است که اسیدآسکوربیک در سیتوسول، دیواره سلولی، کلروپلاست، میتوکندری، واکوئل و آپوپلاست وجود دارد و می‌تواند در واکنش مستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن نظیر سوپراکسید، رادیکال اکسیژن یا هیدروکسیل اکسیده شود و یا به عنوان عامل احیا کننده در بازسازی مجدد آلفا توکوفرول به کار گرفته شود و در برابر تنش اکسیداتیو موجب حفاظت از غشا گردد (Parida and Das, 2005). آسکوربات در همکاری با آلفا توکوفرول، رادیکال‌های پراکسیل لیپید را از بین برده و مانع از گسترش پراکسیداسیون لیپیدها در غشا می‌گردد (Abdul-jalil et al., 2009). بنابراین، اسیدآسکوربیک یکی از فاکتورهای مهم در سنجش کیفیت و ارزش غذایی برخی محصولات کشاورزی به شمار می‌آید. میزان اسیدآسکوربیک تحت تأثیر عوامل مختلف شامل تفاوت‌های ژنتیکی، شرایط

ترکیبات فنولی از طریق پراکسیداز از جمله گایاکول پراکسیداز از بین می‌روند، ترکیبات فنولی به رادیکال‌های فنوکسیل اکسید می‌شوند که می‌توانند مجدداً توسط اسیدآسکوربیک احیا شوند. این چرخه هم در آپوپلاست و هم در واکوئل قابل انجام است، زیرا در این مکان‌ها تجمع ترکیبات وجود دارد (Abdul Jalil *et al.*, 2009). بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و کل ترکیبات فنولی ارتباط مثبتی وجود دارد (Wang and Lin, 2000). ترکیبات فنلی نظیر، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین‌ها از ترکیبات فنلی و جز متابولیت‌های ثانویه حاصل از مسیر فنیل پروپانوئید می‌باشند که در بافت‌های گیاهی به وفور یافت می‌شوند (Soleckad, 1997). ترکیبات فنولیکی در شرایط طبیعی در سلول سنتز می‌گردند، اما تنش‌های محیطی یا زیستی مقدار آنها را در سلول تغییر می‌دهند (Wu and Ng, 2008).

نتیجه‌گیری:

به طور کلی محلول‌پاشی با متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید در دو مرحله نوک سبز جوانه و نوک صورتی جوانه، باعث افزایش ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی میوه هلوی آلبرتا شدند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، به نظر می‌رسد کاربرد این مواد به صورت تجاری به دلیل افزایش کیفیت ظاهری و عطر و طعم میوه هلو و در نهایت افزایش سود اقتصادی در بسیاری از محصولات باغبانی، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

سالیسیلیک اسید بر این رنگدانه‌ها می‌توان به گزارشی که در مورد گیاه *Brassica napus* آمده اشاره کرد، ثابت شده‌است که اسپری برگی سالیسیلیک اسید بر روی این گیاه مقدار کارتنوئیدها را افزایش داده‌است (Ghai *et al.*, 2002). شاید متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید با افزایش سنتز هورمون‌های گیاهی، آنزیم‌ها و افزایش فرایند فتوسنتز، تجمع رنگیزه‌هایی نظیر کارتنوئیدها و آنتوسیانین را در گیاه و محصول آن افزایش می‌دهند (Capitani *et al.*, 2005; Faridadin *et al.*, 2003). زیرا تاکنون گزارشی مبنی بر اثر مواد ذکر شده روی تجمع رنگیزه‌های کارتنوئید و آنتوسیانین در میوه‌ها نشده‌است. بنابراین طبق نتایج حاصل از این پژوهش، افزایش در میزان کارتنوئیدها در میوه هلوی آلبرتا می‌تواند به دلایل فوق باشد و با نتایج ذکر شده همخوانی دارد. ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها گیاهی مثل اسیدهای فنلی، تانن‌ها و لیگنین‌ها در برگ‌ها، بافت‌های گل‌دار و سایر بخش‌های چوبی مثل ساقه و پوست درختان وجود دارند. این ترکیبات در گیاهان برای رشد طبیعی و توسعه سیستم دفاعی در برابر آلودگی‌ها و آسیب‌ها نقش دارند (Larson, 1988). ترکیبات فنولیکی در کاهش یا مهار اکسیداسیون لیپیدها، از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا تجزیه پراکسیدها به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ضروری برای حفاظت علیه تکثیر و پیشروی زنجیره اکسیداسیون و دفاع علیه گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌نمایند. خصوصیات آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیکی مربوط به ساختار شیمیایی آنها می‌باشد که می‌تواند به عنوان دهنده الکترون یا H^+ عمل نماید. محققین بیان کرده‌اند در چرخه‌ای که در آن H_2O_2 توسط

منابع:

- antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research Technology* 221: 731-738.
- Basiouny, F. M. (1996) Blueberry fruit quality and storability influenced by postharvest application of polyamines and heat treatments. *Proceeding Fland State Horticulturæ Society* 109: 269-272.
- Beckman, T. G., and Sherman, W. B. (2003) Probable qualitative inheritance of full red skin color in peach. *HortScience* 38: 1184- 1185.
- Burdurla, H. S., Nuray, K. and Feryal, K. (2006) Degradation of vitamin C in citrus. *Food Engeneering* 74:211-216.
- Abdul- Jalil, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim, H., Juburi, A., Somasundaram, A and Panneersel-Vam, R. (2009) Drought stress in plant: A Review on Morphologiccal characteristics and pigments composition. *Journal of Agricultural Biology* 11: 100-105.
- Arora, A., Sairam, R. K., and Srivastava, G. C. (2002) Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science* 82: 1227-1238.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Gonzalez-Aguilar, G. A. (2005) Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases

- Liverani, A., Alessandro, D. D. (1999) La qualità gustative dei frutti nell'attività di miglioramento genetico del pesco presso l'ISF di Forlì. Rivista di Frutticoltura ed Ortofl oricoltura 2: 30–37.
- Liverani, A., Giovannini, D., Brandi, F., and Merli, M. (2003) The Peach: Botany, Production and Uses. CABI Publishion.614P.
- Malik, C. P., and Singh, M. B., (1980) In: Plant Enzymology And Histoenzymology. Kalyani Publishers. New Dehli. 286p.
- Marty, I., Bureau, S., Sarkissian, G., Gouble, B., Audergon, J. M. and Albagnac, G. (2005) Ethylene regulation of carotenoid accumulation and carotenogenic gene expression in colour-contrasted apricot varieties (*Prunus armeniaca*). Journal of Experimental Botany 56: 1877–1886.
- Noctor, G and Foyer, C. H. (1998) Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annual Review Plant Physiology Plant and Molecular Biology 49: 249-279.
- Pardia, A. K and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effect on plant: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
- Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A. (1997) Salicylic acid: Properties, Biosynthesis and Physiological role. Plant Physiology 23: 85-93.
- Robertson, J. A., Horvat, R. J, Lyon, M. B. G., Stener, S. D., and Okie, W. R. (1990) Comparison of quality characteristics of selected yellow and white fleshed peach cultivars. Journal of Food Science 55: 1308-1311.
- Rudell, D. R., and Fellman, J. (2005) Pre harvest application of methyl jasmonate to 'Funji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. Horticultural Science 40: 1760-1762.
- Saiprasad, G. V. S., Raghuvver, P., Khetarpal, S. and Chandra, R. (2004) Effect of various polyamines on production of protocorm- like bodies in orchid- denarobium esonia. Science Horticulturea 100: 161-168.
- Singh, N. B., Yadan, K., and Amist, N. (2012) Mitigating effects of salicylic acid against herbicide stress. Journal of Biochemistry Stress Physiology. 8: 27-35.
- Smirnoff, N. (2000) Ascorbic acid: metabolism and function of a multi-faceted molecule. Current Opinion and Plant Biology 3:229-235.
- Soleckad, D. (1997) Role of phenylpropanoid compounds in plant responses to different stress factors. Acta Physiology of Plant 19: 257-268.
- Wang, S.Y., and Lin, H. S. (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of Agricultural Food Chemistry 48: 140–146.
- Wu, S. J and Ng, L. T. (2008) Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn. var. abbreviata Ser.) in Taiwan. Food Science Technology 41: 323-330.
- Capitani, F., Biondi, S., Falasca, G., and Ziosi, V. (2005) Methyl jasmonate disrupts shoot formation in tobacco thin cell lters by over-inducing mitotic activity and cell expatsion. Planta 22: 507-519.
- Creelman, R. A., and Mullet, J. E. (1997) Biosynthesis and action of Jasmonates in plants. Plant Physiology 48: 355-381.
- Demming- Adams, B., and Adams, W. W. (2002) Antioxidant in photosynthesis and human nutrition. Science 298: 2149- 2153.
- Egert, M and Tevini, M. (2002) Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental and Experimental Botany 48: 43-49.
- Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and see yied in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41 :281-284.
- Felicetti, E. P and Matheis, J. (2010) Quantification and histochemical localization of ascorbic acid in "Delicious Golden Delicious" and fuji apple fruit during on- tree development and cold storage. Postharvest Biology and Technology 56: 56-63.
- Ghai, N., Setia, R. C., and Setia, N. (2002) Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L(cv .GSL-1.). Phytomorphol 52 : 83-87.
- Hansche, P. E., and Boynton, B. (1986) Heritability of enzymatic browning in peaches. HortSciences 21: 1197– 1198.
- Hayat, A., and Ahmad, T. (2007) Salicylic Acid. A plant Hormone, Salicylic acid :biosynthesis, metabolism and physiological role in plants Pp.15-23.
- Jacksone, D., and Looney, N. E. (1999) Temperate and Subtropical Fruit Production. CABI Publishing. USA. 321p.
- Janoudi, A., Flore, J. (2003) Effects of multiple application of methyl jasmonate on fruit ripening leaf gas exchange and vegetative growth in fruit trees. Journal Horticultural Science and Biotechnology 78:793-797.
- Krizek, D. T., Brita, S. J., and Miewcki, R. M. (1998) Inhibitory effect of ambient level of solar Uv-A and Uv-B on Growth of cv New red fine lettuce. Plant Physiology 103: 1-7.
- Larson, R. A. (1988) The antioxidants of higher plants. Phytochemistry 27: 969-978.
- Lee, J. C. and Lim, K. T. (2000) Effects of cactus and ginger extracts as dietary antioxidants on reactive oxidant and plasma lipid level. Food Sciences and Biotechnology 9:8-83.
- Leon, J., and Sanchez-Serrano, J. (1999) Molecular biology of jasmonic acid biosynthesis in plants. Plant Physiology and Biochemistry 37:373-380.
- Lichtenthder, H. K. (1987) Chlorophyllus and carotenoids: Pigments of phorosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

