تجزیه کلروفیل پوست میوه و مشتقات آن، شاخصی معتبر در تعیین بلوغ تجاری میوه گلابی *(Pyrus communis L.)*

لیلا دوله [1]، حمید عبداللهی [2] و معظم حسن‌پور اصیل [3*]

تاریخ دریافت : 87/11/2 تاریخ پذیرش : 89/9/5

1– دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

2- استادیار و پژوهشگر بخش تحقیقات باغبانی، موسسه اصلاح و تهیه نهال وبذر- کرج

3- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

* مسئول مکاتبه: ***E-mail:*** hassanpurm@yahoo.com

چکیده

رسیدگی میوه در زمان برداشت یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده درافزایش انبارمانی وکیفیت میوه گلابی است. یکی از شاخص‌های رسیدگی مناسب طی برداشت تجاری میوه گلابی، تغییر رنگ زمینه پوست است. در این آزمایش روند تغییرات پروتوکلروفیل و مشتقات آن شامل کلروفیل ***a***، ***b*** و کلروفیل کل در میوه 9 رقم تجاری گلابی شامل: اسپادونا، بارتلت، بیروتی، درگزی، دوشس، شاه‌میوه، فلسطینی، کوشیا و لوئیزبون در چهار زمان مختلف، دو هفته قبل از بلوغ تجاری میوه، در زمان بلوغ تجاری میوه، یک ماه و دو ماه پس از انبارمانی مورد ارزیابی صورت گرفت. میزان کلروفیل به روش طیف‌سنجی نوری با ارزیابی میزان جذب نور تک فام در طول موج‌های 625، 647 و664 نانومتر اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین میزان کلروفیل ***a***، ***b*** و کلروفیل کل در مرحله بلوغ تجاری میوه و مراحل مختلف انبارمانی آن با تفاوت مشخصی نسبت به سایر ارقام در رقم اسپادونا مشاهده گردید، در حالی‌که رقم فلسطینی کم‌ترین میزان هر یک از عوامل فوق را طی مراحل مختلف بررسی نشان داد. هم‌چنین در تمامی مراحل آزمایش، میزان کلروفیل ***a*** بیش‌تر از ***b*** بود. در اغلب ارقام، در طی مراحل چهارگانه ارزیابی روند تغییرات کلروفیل، افت مشخصی را با انحراف استاندارد جزئی نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که ارزیابی میزان کلروفیل پوست میوه و روند تغییرات آن به عنوان شاخصی معتبر و قابل استفاده در تعیین بلوغ تجاری میوه ارقام مورد آزمایش به غیر از دو رقم شاه‌میوه و لوئیزبون قابل استفاده است.

واژه‌های کلیدی: بلوغ تجاری، رنگ زمینه پوست، کلروفیل و مشتقات آن، طیف سنجی نوری، میوه گلابی

Analysis of Fruit Skin Chlorophyll and Its Derivatives as a Valid Index in Determination of Commercial Maturity of Pear (Pyrus communis L.)

L Doleh[1], H Abdollahy[2] and M Hassanpour Asil[3]*

Received : 21 January 2009 Accepted: 26 November 2010
[1]Former MSc Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
[2]Assistant Professor and Researcher, Horticulture Research Section, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
[3]Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
** Corresponding author: E-mail: hassanpurm@yahoo.com*

Abstract

Fruit maturity at harvest is one of the most effective factors determining the increase of storage time and quality of pear fruit. One of the suitable fruit maturity indices during commercial harvest date of pear fruit is the change of its ground color. In this research, changes of proto-chlorophyll and its derivatives including a, b and total chlorophylls in 9 cultivars of pears namely: Spadona, Bartlett, Beyrouti , Dargazi, Dutchess, Shahmiveh, Felestini, Coscia and Louise Bonne during four different times, two weeks before commercial fruit maturity, commercial fruit maturity time, one and two months after fruit storage were evaluated. Measurement of chlorophyll was performed using spectrophotometric method and the amount of single spectrum light absorption under wave lengths of 625, 647, 664 nanometer. The most content of chlorophyll a and b and total chlorophyll in commercial maturity stage and different stages of storage devoted to Spadona that have clear difference in comparison to the others, but Felestini cultivar shows the less extent of the above mentioned factors during different stages of the evaluation. Also, in all stages of the experiment, chlorophyll a was greater than chlorophyll b. In most cultivars, changes of chlorophyll showed clear downfall with low standard deviation during the four different times. Based on the results, it can be concluded that evaluation of skin chlorophyll and its changes are valid and usable indexes in determination of commercial maturity of fruit in understudy cultivars except Shahmiveh and Louise Bonne cultivars.

KeyWords: Chlorophyll and its derivatives, Commercial maturity, Ground color, Pear fruit, Spectrophotometric method

مقدمه

احتمال بروز نابسامانی‌های فیزیولوژیکی پس از برداشت و کاهش قابلیت انبارمانی میوه ارتباط مستقیمی با عدم تشخیص زمان مناسب برداشت محصول دارد (فرانک و همکاران 2007). تعیین زمان دقیق برداشت میوه از اهمیت خاصی برخوردار بوده و بستگی به یکسری از شاخص‌های شیمیایی و فیزیکی میوه قبل از برداشت دارد (پریس و همکاران 2002). مقالات متعددی

در رابطه با بلوغ تجاری میوه گلابی و شاخص‌های تعیین کننده آن وجود دارد ولی در رابطه با این شاخص-ها اتفاق نظری وجود ندارد. به عنوان مثال عاطفی (1369) تعداد روز بعد از تمام گل را به عنوان شاخصی جهت تعیین رسیدگی میوه ارقام مختلف گلابی بیان کرده است. کراس ولر (1996) نیز معتقد است که شاخص-هایی که به طور معمول در تعیین بلوغ تجاری میوه سیب استفاده می‌شود به استثنای سفتی بافت میوه و احتمالاً تعداد روز بعد از تمام گل در رابطه با میوه گلابی چندان قابل اطمینان نیستند و با توجه به سال، محل کاشت (موقعیت جغرافیایی باغ، وضعیت خاک، محیط)، درخت، شرایط کاشت (استفاده از کودهای شیمیایی و رژیم آبیاری) و شرایط رشد (دما در طی دوره رشد، بارندگی) فرق می‌کند. ولی بر اساس مشاهدات کافرمن (2002) آزمون نشاسته نسبت به سفتی بافت میوه روش مطمئن-تری برای تعیین بلوغ تجاری میوه همه ارقام گلابی است، زیرا در فصول مشخصی سفتی بافت میوه برای مدتی بالا و ثابت می‌ماند در حالی که میزان نشاسته میوه تغییر می‌کند.

از سوی دیگر از دست دادن رنگ سبز یا رنگ زمینه در بسیاری از میوه‌ها راهنمای با ارزشی برای رسیدن به بلوغ میوه است. همزمان با فرآیند رسیدن میوه، رنگ زمینه پوست، از سبز تیره به سبز روشن تغییر یافته و در برخی از فرآورده‌ها رنگ سبز تقریباً به طور کامل از بین رفته و رنگ‌های زرد، قرمز یا بنفش پدیدار می‌شود. رنگ زمینه شاخصی مفید برای تشخیص زمان برداشت سیب، گلابی و میوه‌های هسته دار است، اما از آنجا که تحت تاثیر عواملی نظیر میزان جذب نیتروژن در هنگام رشد قرار می‌گیرد، چندان قابل اعتماد نبوده و کمتراستفاده شده است (راحمی1384). فرنکل و دایک (1973) از دو عامل سفتی بافت میوه و میزان تجزیه کلروفیل پوست میوه به عنوان شاخص‌های رسیدگی میوه گلابی یاد کرده‌اند، همچنین تحقیقات کاوامورا (2000) نشان داد که در گلابی ژاپنی "هاوسویی" [1] علاوه بر شاخص‌های بلوغ تجاری میوه نظیر وزن، طول، قطر، حجم میوه و درصد مواد جامد محلول آن می‌توان از شاخص رنگ پوست میوه نیز استفاده کرد. باور و همکاران (2003) نیز در گلابی رقم بارتلت از شاخص‌هایی نظیر آزمون نشاسته، درصد مواد جامد محلول، درصد اسیدیته، سفتی بافت و رنگ پوست میوه جهت ارزیابی کیفیت میوه در مقاطع مختلف برداشت و سه ماه انبارمانی استفاده کردند.

رنگ سبز زمینه سبزی‌ها و میوه‌ها به دلیل وجود رنگیزه‌هایی به نام کلروفیل است (کوکا و همکاران 2006). در طی فرآیند نوری دو اتم ئیدروژن به پروتو - کلروفیلد اضافه شده و آن را به کلروفیلاید[2] تبدیل می-کند. اضافه شدن زنجیر فیتول[3]، کلروفیلاید را به کلروفیل‌ها تبدیل می‌کند (مجتهدی و لسانی 1381). مهمترین کلروفیل‌ها در گیاهان کلروفیل a و کلروفیل b هستند که نسبت تقریبی 3 به 1 را دارند. کلروفیل a یک گروه متیل در کربن C_3 دارد در حالی که در کلروفیل b یک گروه فورمیل[4] در این جایگاه قرار دارد. این دو کلروفیل علاوه بر ساختار شیمیایی از نظر ثبات و پایداری در برابر عوامل محیطی و تنش‌های مختلف نیز با یکدیگر تفاوت دارند (کوکا و همکاران 2006). در حالت عادی در داخل کلروپلاست آنزیم کلروفیلاز[5] با غشاء درونی پیوند داشته و به سوبسترای اصلی خود که با تیلاکوئیدها پیوند شده، دسترسی ندارد، ولی در طی فرآیند بلوغ و پیری میوه یا برگ، انسجام کلروپلاست از بین رفته و این دو ترکیب در تماس مستقیم با هم قرار گرفته که در نهایت منجر به تجزیه کلروفیل می‌شود (وانگ و همکاران 2005). تجزیه کلروفیل و تبدیل شدن آن به فئوفیتین[6] و فئو فوربايد[7] منجر به تغییر رنگ

[1] ***Housui (Pyrus pyrifolia Nakai)***
[2] ***Chlorophyllide***
[3] ***Phytol***
[4] ***Formyl***
[5] ***Chlorophyllase***
[6] ***Pheophytin***
[7] ***Pheophorbide***

میوه ها و سبزی‌ها از سبز به سبز روشن و در نهایت زرد، قرمز یا بنفش می‌شود (کوکا و همکاران 2006). از دست دادن رنگ زمینه با مجموعه فعالیت‌های بیوشیمیایی میوه در زمان رسیدن نظیر میزان تنفس، تولید اتیلن و تجزیه پروتئین‌ها در ارتباط است (مارتینز و همکاران 2001، سرانو و همکاران 2006). اتیلن فعالیت آنزیم‌هایی موثر در تخریب کلروفیل نظیر کلروفیلاز، ***Mg*** - دشلاتاز[1] و کلروفیل پراکسیداز را تحریک کرده و در نهایت منجر به تجزیه کلروفیل می‌شود (کوستا و همکاران 2006)، همچنین تجزیه کلروفیل با کاهش وزن میوه در طی انبارمانی و فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداسیون چربی‌ها مرتبط است که این ارتباط به طور کامل شناخته شده نیست (سرانو و همکاران 2006). فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تجزیه کلروفیل و مشتقات آن در طی فرآیند بلوغ و پیری سبزی‌ها و میوه‌هایی نظیر توت فرنگی، مرکبات (لیموی عمانی)[2]، لیچی[3]، خیار، کلم بروکلی گزارش شده است (مارتینز و همکاران 2001، کوستا و همکاران 2006 و 2005، نیلسون 2005، وانگ و همکاران 2005، وین و همکاران 2006).

این تحقیق با هدف بررسی روند تجزیه کلروفیل پوست میوه گلابی در مراحل مختلف رشد و نمو میوه و طی دوره انبارمانی و یافتن ارتباطی میان آن و بلوغ تجاری میوه جهت ارائه شاخصی قابل اطمینان برای برداشت میوه گلابی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و صفات مورد مطالعه

این تحقیق در تابستان و پائیز سال 1385 در بخش تحقیقات باغبانی ستاد مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در شهرستان کرج انجام شد. نمونه‌برداری از میوه 9 رقم تجاری گلابی شامل: اسپادونا، بارتلت، بیروتی، درگزی، دوشس، شاه‌میوه، فلسطینی، کوشیا و لوئیزبون در چهار زمان مختلف، دو هفته قبل از بلوغ تجاری، در زمان بلوغ تجاری میوه، یک ماه و دو ماه انبارمانی میوه صورت گرفت. در این آزمایش تعداد روزهای بعد از تمام گل به عنوان شاخصی جهت تعیین رسیدگی میوه ارقام مختلف گلابی استفاده شد (عاطفی 1369، کراس ولر 1996). برداشت میوه‌ها به صورت دستی بود، به این نحو که میوه‌های سالم به صورت تصادفی از نقاط مختلف تاج[4] درخت برداشت شده و فوراً به آزمایشگاه انتقال یافتند و تک تک میوه‌ها توزین شده، داخل پاکت‌های کاغذی معمولی در ابعاد 23× 40 قرار گرفته و سپس در داخل جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد 20×25×37 سانتی‌متر چیده شده به طوری که هر جعبه حاوی 3 پاکت میوه بود. جعبه‌ها سپس به سردخانه بخش تحقیقات باغبانی انتقال یافته و به مدت دو ماه در دمای 1 ±0 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 90 درصد نگهداری شدند.

برای اندازه گیری میزان کلروفیل، ابتدا در دو نقطه مقابل هم از محیط میوه با دقت برش‌های نازکی از پوست میوه به ابعاد یک سانتی‌مترمربع جدا کرده و با ترازوی مدل ***A&D GF-300*** با حساسیت 0/02 تا 310 گرم توزین نموده سپس هر یک از نمونه‌ها را به یک لوله آزمایش درب‌دار که حاوی 3 میلی‌لیتر محلول دی‌متیل فرم‌آمید[5] ***(Merck, Germany)*** بود اضافه کرده و نمونه‌ها را به مدت 48 ساعت در یخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد انتقال داده و بعد از این مدت میزان جذب نورتک فام توسط محلول در طول موج‌های 625، 647 و 664 نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری ***Pharmaspec*** مدل ***UV-1700*** قرائت شد. مقدار کلروفیل نمونه‌ها با استفاده از روابط زیر به صورت میکروگرم در میلی لیتر محاسبه و در نهایت به

[1] ***Mg-dechelatase***
[2] ***West Indian Lime (Citrus aurantifolia Swingle)***
[3] ***Litchi chinensis Sonn.***
[4] ***Canopy***
[5] ***N,N-dimethylformamide (DMF)***

میلی گرم در گرم وزن تازه میوه تبدیل شده است (موران 1982).

اندازه‌گیری کلروفیل

$$C_p = -3/49A_{664} - 5/25A_{647} + 28/3A_{625} \quad [1]$$

$$C_a = 12/65A_{664} - 2/99A_{647} - 0/04A_{625} \quad [2]$$

$$C_b = -5/48A_{664} + 23/44\ A_{647} - 0/97A_{625} \quad [3]\ C_t = C_a + C_b \quad [4]$$

که به ترتیب نشان دهنده میزان پروتوکلروفیل، کلروفیل ***a***، کلروفیل ***b*** و کلروفیل کل هستند.

محاسبه‌های آماری

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار شامل رقم در 9 سطح (اسپادونا، بارتلت، بیروتی، درگزی، دوشس، شاه‌میوه، فلسطینی، کوشیا و لوئیزبون) و مدت زمان انبارمانی در سه سطح (زمان بلوغ تجاری میوه، یک‌ماه و دوماه انبارمانی) مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایش شامل 25 میوه در سه تکرار بود. پس از جمع آوری داده‌ها در طی مدت انجام آزمایش، اطلاعات وارد نرم افزار ***Microsoft Excel*** نسخه 2003 شد و پس از رسم منحنی روند تغییرات در طی مراحل ذکر شده، اطلاعات مربوطه به نرم افزار آماری ***Sigma Stat*** نسخه 2 انتقال یافت. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن[1] مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر رقم روی میزان کلروفیل کل میوه، رقم اسپادونا با میانگین 0/0727 میلی گرم در گرم وزن پوست میوه در بالاترین سطح (گروه ***a***) و رقم فلسطینی با میانگین 0/0188 میلی گرم در گرم وزن پوست میوه کمترین میزان کلروفیل میوه (گروه ***d***) را به خود اختصاص داده‌اند (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین تاثیر زمان انبارمانی روی مقدار کلروفیل میوه در طی دوره بلوغ تجاری میوه و دو ماه انبارمانی نشان می‌دهد که بیشترین میزان کلروفیل میوه در زمان بلوغ تجاری میوه ***(T_0)*** و کمترین میزان آن به دو ماه پس از انبارمانی ***(T_2)*** اختصاص دارد و تفاوت معنی‌داری بین میزان کلروفیل ***a***، کلروفیل ***b*** و کلروفیل کل در طی زمان بلوغ تجاری میوه و ماه‌های متفاوت انبارداری آن مشاهده می‌شود. صرفاً میزان پروتوکلروفیل از این روند تبعیت نکرده است (جدول 2). تفاوت معنی‌دار میزان کلروفیل پوست میوه و مشتقات آن در مراحل مختلف برداشت و انبارمانی میوه بیانگر این مطلب است که میوه‌های ارزیابی شده در هر مقطع زمانی در مرحله متفاوتی از بلوغ و رسیدگی قرار داشته و در زمان بلوغ تجاری سبزتر از مراحل بعدی بوده‌اند. باور و همکاران (2003) و کاوامورا (2000) به ترتیب در رابطه با گلابی رقم بارتلت و گلابی ژاپنی هاوسویی نتایج مشابه‌ای را گزارش کرده‌اند.

[2] ***Duncan's multiple range test***

جدول 1- اثر رقم در طی رشدونمو میوه و دو ماه انبارمانی میوه بر روی مشتقات کلروفیل پوست میوه

متغیرها / رقم	پروتوکلروفیل*	کلروفیل ***b***	کلروفیل ***a***	کلروفیل کل
بارتلت	0/0041***d***	0/0091***cd***	0/0248***c***	0/0338***c*****
کوشیا	0/0059***bc***	0/0099***bc***	0/0272***c***	0/0370***c***
لوئیزبون	0/0079***a***	0/0123***b***	0/0307***c***	0/0424***bc***
فلسطینی	0/0059***bc***	0/0060***e***	0/0129***d***	0/0188***d***
شاه میوه	0/0063***b***	0/0122***b***	0/0391***b***	0/0513***b***
اسپادونا	0/0064***b***	0/0179***a***	0/0548***a***	0/0727***a***
بیروتی	0/0048***bcd***	0/0089***cde***	0/0243***c***	0/0331***c***
درگزی	0/0061***bc***	0/0062***de***	0/0126***d***	0/0189***d***
دوشس	0/0044***cd***	0/0087***cde***	0/0257***c***	0/0342***c***

* واحد هر یک از متغیرها: میلی‌گرم در گرم وزن تازه میوه.

** حروف مشابه در هر ستون نشانگر غیر معنی‌دار بودن اختلاف‌ها است ***(P<0.05)***.

جدول 2- اثر زمان در طی رشدونمو میوه و دو ماه انبارمانی میوه بر روی مشتقات کلروفیل پوست میوه

متغیرها / زمان انبارمانی	پروتوکلروفیل*	کلروفیل ***b***	کلروفیل ***a***	کلروفیل کل
بلوغ تجاری ***(T_0)***	0/0067***a***	0/0164***a***	0/0436***a***	0/0598***a*****
یک ماه پس از انبارمانی ***(T_1)***	0/0061***a***	0/0088***b***	0/0237***b***	0/323***b***
دو ماه پس از انبارمانی ***(T_2)***	0/0045***b***	0/0052***c***	0/0167***c***	0/0220***c***

* واحد هر یک از متغیرها: میلی‌گرم در گرم وزن تازه میوه.

** حروف مشابه در هر ستون نشانگر غیر معنی‌دار بودن اختلاف‌هاست ***(P<0.05)***

میزان کلروفیل ***a*** در تمامی مراحل ارزیابی بیشتر از کلروفیل ***b*** بود و روند تجزیه آن نسبت به کلروفیل ***b*** سرعت بیشتری داشت (شکل‌های 1، 2، 3 و4). مارتینز و همکاران (2001) علت این امر را به تمایل زیاد آنزیم پراکسیداز به کلروفیل ***a*** نسبت داده‌اند. کوستا و همکاران (2005) اظهار داشتند که این امر احتمالاً به این دلیل است که همه کاتابولیت‌های نهایی کلروفیل‌ها از کلروفیل ***a*** مشتق شده‌اند و اینکه کلروفیل ***b*** باید به مشتقات کلروفیل ***a*** تبدیل شود. این نظریه توسط حضور کلروفیل***b*** ردوکتاز که تبدیل کننده کلروفیل ***b*** به کلروفیل ***a*** بوده، تایید شده است. دینگ و همکاران (2007) علت این پدیده را به حساسیت بیشتر کلروفیل ***a*** وکاروتنوئیدها نسبت به کلروفیل ***b*** به شرایط تنش نسبت داده‌اند.

نمودارهای روند تغییرات کلروفیل میوه در طی مراحل مختلف رشد و نمو و انبارمانی میوه ارقام مختلف بیانگر سیر نزولی میزان کلروفیل ***a*** ، کلروفیل ***b*** و در مجموع کلروفیل کل پوست میوه با انحراف استاندارد

پائین هستند. در بین ارقام فقط دامنه انحراف استاندارد کلروفیل پوست میوه رقم شاه میوه در دو مقطع زمانی دو هفته قبل از بلوغ تجاری و بلوغ تجاری میوه نسبت به سایر ارقام بزرگتر بود (شکل 1). این پدیده با توجه به تنوع بصری رنگ سبز پوست میوه در میوه‌های بالغ نارس و بالغ رسیده این رقم تا حدودی قابل توضیح است.

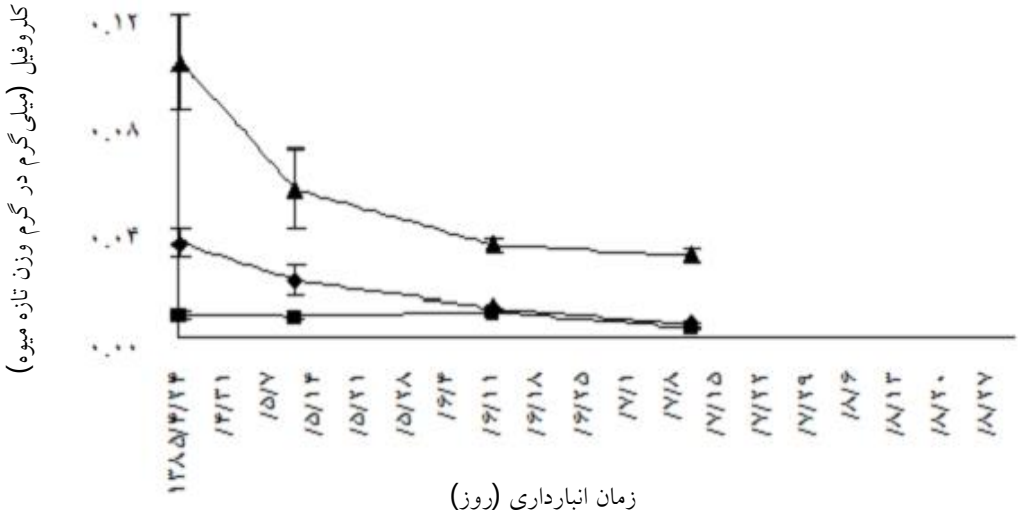
همچنین میزان کلروفیل رقم لوئیزبون در مرحله بلوغ تجاری نسبت به میزان این متغیر در دو هفته قبل از بلوغ تجاری میوه افزایش یافت. اگرچه تغییرات پروتوکلروفیل سیر نزولی ثابت و مشخصی را مانند کلروفیل ***a***، کلروفیل ***b*** و در مجموع کلروفیل کل پوست در طی مراحل مختلف ارزیابی هریک از ارقام نشان نداد، اما میزان پروتوکلروفیل میوه رقم لوئیزبون در مرحله بلوغ تجاری میوه نسبت به سایر ارقام بیشتر بود (شکل 2). با توجه به اینکه وقوع پدیده پیری تدریجی در زمان بلوغ میوه معمولاً با تجزیه کلروفیل پوست میوه همراه است، دلیل افزایش ناگهانی پروتوکلروفیل این رقم مشخص نبوده و احتمالاً ناشی از خطای نمونه گیری است.

به علاوه بررسی نمودارهای روند تغییرات میزان کلروفیل کل و مشتقات آن نشان می‌دهد که اگرچه سیر نزولی هر یک از این متغیرها در طی رشد و نمو و انبارمانی میوه همچنان ادامه دارد، ولی شیب این خط به ترتیب در فواصل زمانی مختلف یعنی دوهفته قبل از بلوغ تجاری، ، بلوغ تجاری، یکماه و دوماه انبارمانی ملایم‌تر می‌شود. به عبارتی به مرور زمان سرعت تجزیه کلروفیل کندتر می‌شود (شکل‌های 3 و4). از نظر سرعت تجزیه کلروفیل می‌توان ارقام را به دو دسته تقسیم کرد، در بعضی از ارقام نظیر بارتلت، بیروتی، دوشس، شاه میوه و فلسطینی روند تجزیه کلروفیل در مراحل مختلف ارزیابی سرعت بیشتری داشته در حالی که این پدیده در ارقامی مانند اسپادونا ، کوشیا و درگزی از سرعت کندتر و یکنواختری برخوردار است (شکل 3 و4). احتمالاً سرعت تجزیه کلروفیل ارتباطی با کمیت کلروفیل پوست میوه ندارد زیرا بیشترین میزان کلروفیل در مراحل مختلف رشد و نمو و انبارمانی میوه با تفاوت مشخصی نسبت به سایر ارقام به رقم اسپادونا اختصاص داشت، در حالی که سرعت تجزیه کلروفیل این رقم نسبتاً کند بود. همچنین در طی مراحل مختلف ارزیابی رقم درگزی بعد از رقم فلسطینی کمترین میزان این متغیر را داشته و رقم کوشیا نیز از نظر میزان کلروفیل بینابین ارقام اسپادونا و درگزی قرار گرفت (جدول 1). وانگ و همکاران (2005) در بررسی که روی میوه دو رقم لیچی فیزیکزایو[1] و نومیچی[2] داشتند علت این امر را به میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده و اینکه میزان این آنزیم نقش مهمتری نسبت به میزان کلروفیل در سرعت تجزیه کلروفیل و مشتقات آن ایفا می‌کند.

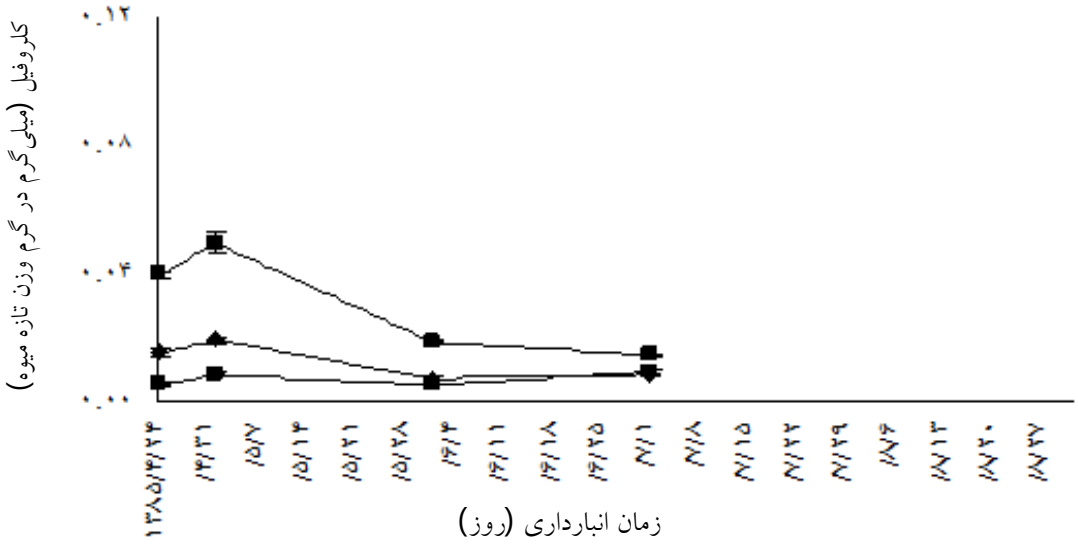
تجزیه اکسایشی کلروفیل در اثر کاهش انسجام دیواره سلولی و تخریب آن در طی رسیدگی و بلوغ میوه منجر به تولید هیدروژن پراکساید می‌شود. ترکیب اخیر با ویتامین ث و ترکیبات فنلی وارد عمل شده و سبب کاهش خاصیت آنتی اکسیدانی میوه همزمان با رسیدن یا بلوغ و پیری می‌شود (سرانو و همکاران 2006).

از نظر میزان کلروفیل پوست میوه به ترتیب ارقام اسپادونا، شاه میوه، لوئیزبون، کوشیا، دوشس، بارتلت، بیروتی، درگزی و فلسطینی بیشترین مقدار این متغیر را در مراحل مختلف رشد و نمو و انبارمانی میوه به خود اختصاص داده‌اند. به استثناء ارقام اسپادونا، درگزی و فلسطینی که با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر ارقام به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل را در مراحل مختلف ارزیابی داشتند.

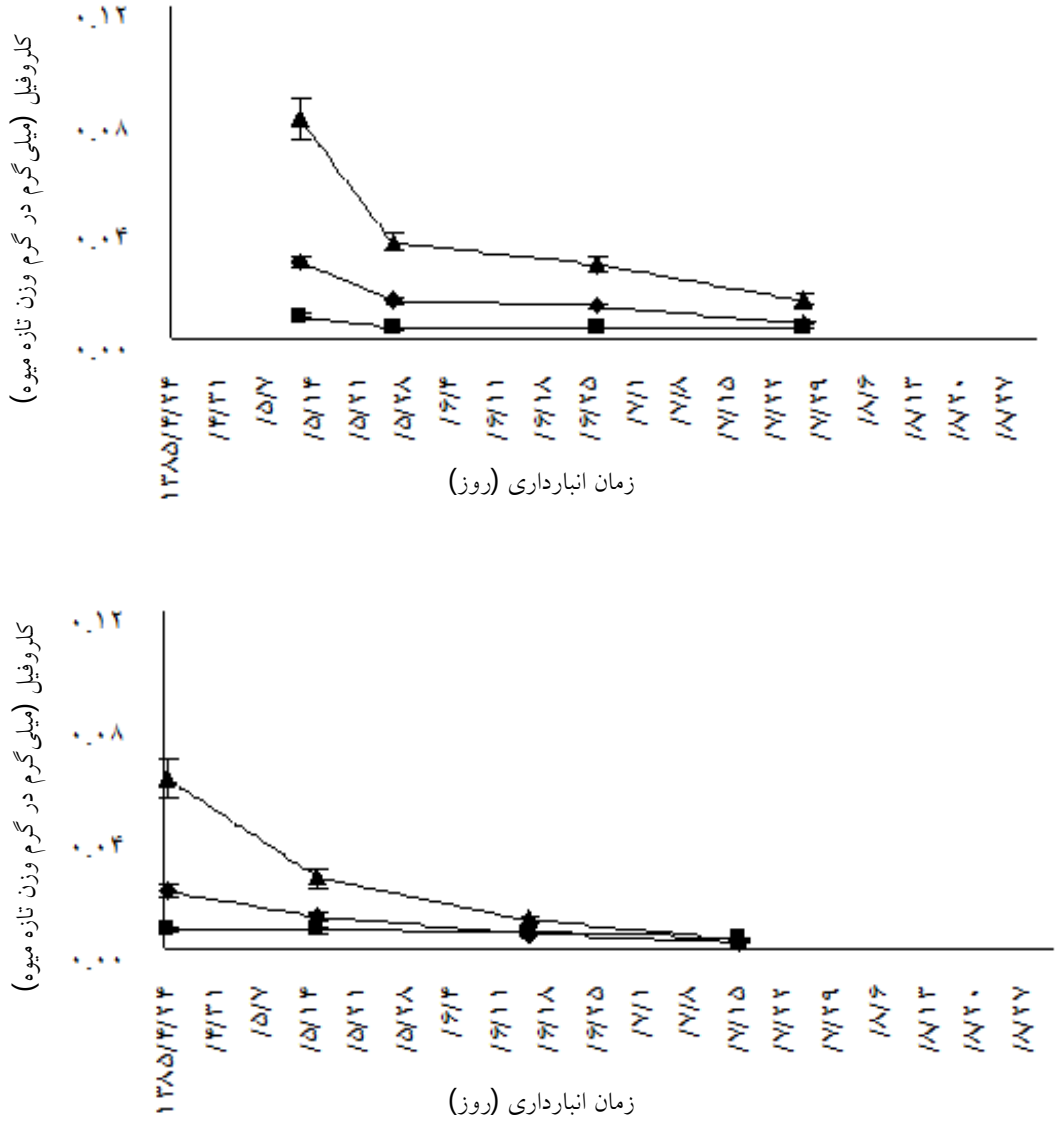
[1] ***Feizixiao (Litchi chinensis Sonn.)***
[2] ***Nuomici (Litchi chinensis Sonn.)***



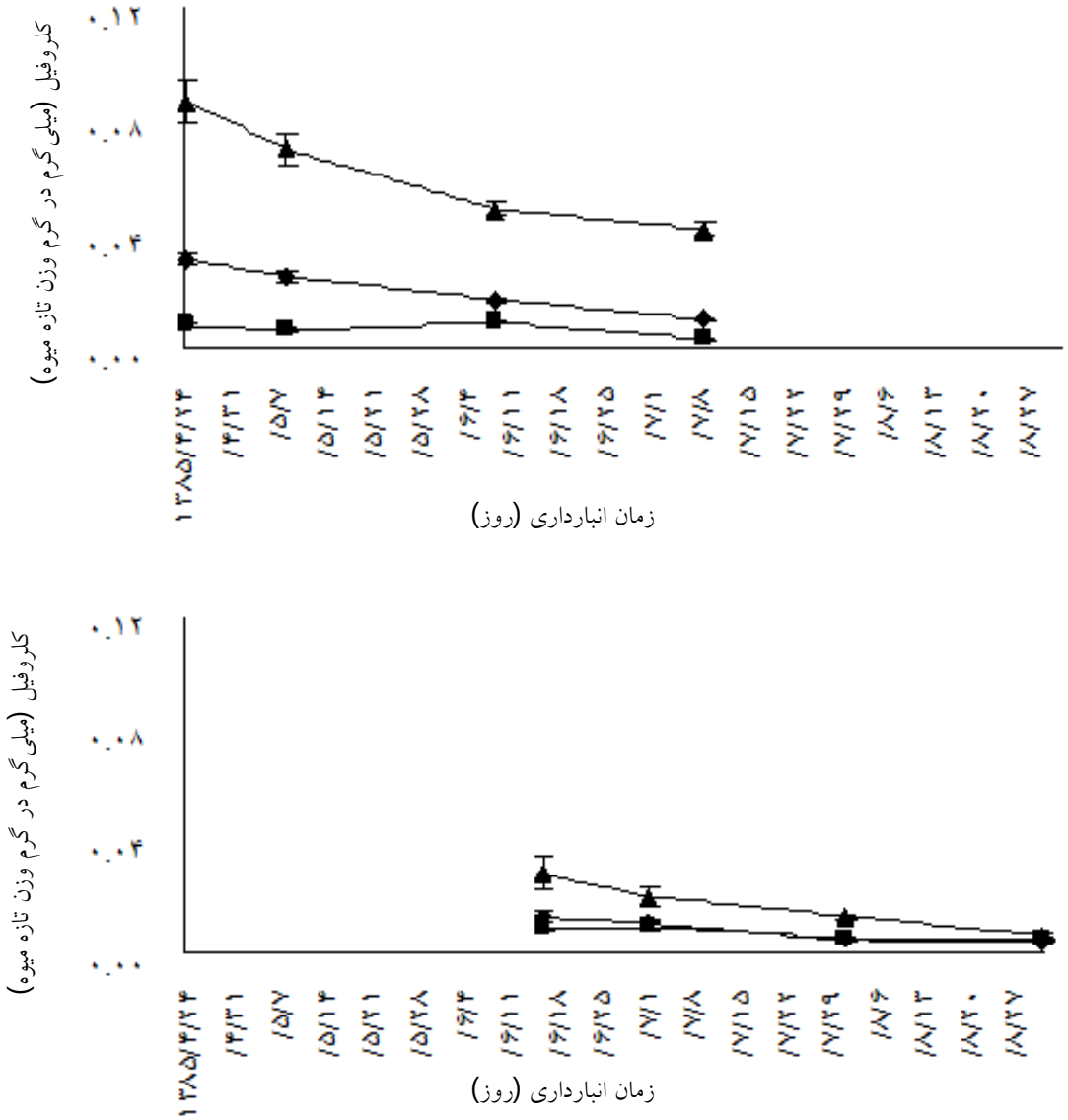
شکل1- مقایسه روند تغییرات میزان پروتوکلروفیل (■)، کلروفیل *b* (♦)، کلروفیل *a* (▲) میوه طی دو هفته قبل از بلوغ تجاری، بلوغ تجاری میوه، یک‌ماه و دو ماه انبارمانی میوه در رقم شاه میوه. دومین نقطه در هریک از منحنی‌ها بیانگر زمان بلوغ تجاری میوه است



شکل2- مقایسه روند تغییرات میزان پروتوکلروفیل (■)، کلروفیل *b* (♦)، کلروفیل *a* (▲) میوه طی دو هفته قبل از بلوغ تجاری، بلوغ تجاری میوه، یک‌ماه و دو ماه انبارمانی میوه در رقم لوئیزبون. دومین نقطه در هریک از منحنی‌ها بیانگر زمان بلوغ تجاری میوه است



شکل3- مقایسه روند تجزیه پروتوکلروفیل (■)، کلروفیل *b* (♦)، کلروفیل *a* (▲) میوه طی دو هفته قبل از بلوغ تجاری، بلوغ تجاری میوه، یک‌ماه و دو ماه انبارمانی میوه در ارقام گروه 1 (نظیر بارتلت و فلسطینی...) که روند تجزیه کلروفیل در مراحل مختلف ارزیابی سرعت بیشتری داشت. دومین نقطه در هریک از منحنی‌ها بیانگر زمان بلوغ تجاری میوه است



شکل4- مقایسه روند تجزیه پروتوکلروفیل (■)، کلروفیل *b* (♦)، کلروفیل *a* (▲) میوه طی دو هفته قبل از بلوغ تجاری، بلوغ تجاری میوه، یک‌ماه و دو ماه انبارمانی میوه در ارقام گروه 2 (نظیر اسپادونا و درگزی...) که روند تجزیه کلروفیل در مراحل مختلف ارزیابی سرعت یکنواختی داشت. دومین نقطه در هریک از منحنی‌ها بیانگر زمان بلوغ تجاری میوه است

نتیجه گیری

نتایج نشان دهنده این است که انباشتگی کلروفیل در حد متوسط 0/04 میلی گرم در گرم وزن تازه میوه شاخص مطلوبی جهت تعیین بلوغ تجاری میوه ارقام بارتلت، بیروتی، دوشس، شاه میوه، کوشیا و لوئیزبون بود با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان انتظار داشت که به استثناء میوه رقم شاه میوه که در مرحله بلوغ تجاری طیف‌های متفاوتی از رنگ سبز تا زرد را داشته و همچنین لوئیزبون که افزایش ناگهانی کلروفیل پوست را در مرحله بلوغ تجاری نشان داد، شاخص کلروفیل پوست میوه در سایر ارقام می‌تواند به عنوان شاخصی جهت تعیین زمان برداشت در شرایط

مدیریت بهینه و مطلوب باغ مورد استفاده قرار گیرد . علاوه بر این پایین بودن انحراف استاندارد این شاخص بیانگر تنوع پایین صفت در نمونه‌های حاصل از قسمت-های مختلف درخت و بخش‌های متفاوت میوه بوده و ضریب اطمینان این شاخص را می‌افزاید.

منابع مورد استفاده

راحمی م، 1384. فیزیولوژی پس از برداشت: مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه، سبزی‌ها و گیاهان زینتی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شیراز.

عاطفی ج، 1369. بررسی‌های مقدماتی ارقام گلابی در ایران، بخش تحقیقات باغبانی، نشریه فنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی.

مجتهدی م و لسانی ح، 1381. زندگی گیاه سبز (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران.

Bower JH, Biasi WV and Mitcham EJ, 2003. Effect of ethylene in the storage environment on quality of 'Bartlett' pears. Postharvest Biol Technol 28: 371-379.

Costa L, Vicente AR, Civello PM, Chaves AR and Martıınez GA, 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. Postharvest Biol Technol 39: 204–210.

Costa ML, Civello PM, Chaves AR and Martinez GA, 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during postharvest senescence of broccoli (Brassica oleracea L.) at 20 °C. Postharvest Biol Technol 35: 191-199.

Crassweller RM, 1996. Pennsylvania tree fruit production guide. Pennsylvania State College of Agricultural Sciences. Harvest and postharvest handling (eBook, revised 2008), 6, 239-248.

Ding B, Shi G, Xu Y, Hu J and Xu Q, 2007. Physiological responses of Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb leaves to cadmium stress. J Enviro Pollu 147: 800-803.

Franck C, Lammertyn J, Ho QT, Verboven P, Verlinden B and Nicolaï BM, 2007. Browning disorders in pear fruit. Postharvest Biol Technol 43: 1-13.

Frenkel C and Dyck R,1973. Auxin inhibition of ripening in Bartlett pears. J Plant Physiol 51: 6-9.

Kawamura T, 2000. Relationship between skin color and maturity of Japanese pear "Housui". Japanese Journal of Farm Work Research 35: 33-38.

Koca N, Karadeniz F and Burdurlu HS, 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. J Food Chemistry 100: 609-615.

Kupferman E, 2002. Observations on harvest maturity and storage of apples and pears. Washington State University. Tree Fruit Research and Extension Center. Postharvest Information Network, pp.1-7.

Martinez GA, Civello, PM, Chaves AR and Anon MC, 2001. Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit. Phytochem 58: 379-387.

Moran, R, 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide. J Plant Physiol 69: 1376-1381.

Nilsson T, 2005. Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. Postharvest Biol Technol 36: 113-125.

Peirs A, Scheerlinck N, Perez AB, Jancsok P. and Nicolaï BM, 2002. Uncertainty analysis and modelling of the starch index during apple fruit maturation. Postharvest Biol Technol 26: 199–207.

Serrano M, Martinez-Romero D, Guillen F, Castillo, S and Valero D, 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol Technol 39: 61-68.

Wang HC, Huang XM, Hu GB, Yang ZY and Huang HB, 2005. A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast- and slow-degreening litchi pericarp. Sci Hort 106: 247-257.

Win TO, Srilaong V, Heyes J, Kyu KL and Kanlayanarat S, 2006. Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (Citrus aurantifolia, Swingle) fruit. Postharvest Biol Technol 42: 23-30.