مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ــ (2014) المجلد (30) ــ العدد 3 ــ الصفحات: 9-17

تغيّر معايير الأكسدة والأنظمة المضادة للأكسدة في أثناء نمو ثمار البندورة

رمزي مرشد[1]

الملخّص

أجريت الدراسة في مخابر قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق بهدف قياس التغيرات الحاصلة في معايير الأكسدة والأنظمة المضادة للأكسدة أثناء تطور نمو البندورة. تم استخدام محتوى الثمار من بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ومقدار تأكسد ليبيدات الجدر الخلوية (MDA) كمؤشرات لمستوى عملية الأكسدة. أشارت النتائج إلى انخفاض في محتوى الثمار من H_2O_2 خلال طور النمو وارتفع بمقدار ضئيل خلال طور النضج، في حين ازداد محتوى الثمار من MDA في نهاية طور النضج فقط. لوحظ أيضاً حصول تغيّر في نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (SOD، CAT وAPX) في أثناء نمو الثمار، إذْ ازداد نشاط SOD وAPX أثناء طور النمو في حين ازداد نشاط CAT أثناء طور النضج. كذلك ازداد محتوى الثمار من الأسكوربات (AsA) أثناء نمو الثمار. تؤكد التغيّرات الحاصلة في الأنظمة المضادة للأكسدة الإنزيمية وغير الإنزيمية الدور المهم الذي تؤديه هذه الأنظمة في أثناء مراحل نمو ثمار البندورة.

الكلمات المفتاحية: مضادات الأكسدة، نمو الثمرة، نضج الثمرة، البندورة.

[1] مدرس في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ص. ب: 30621، سورية.

Changes in oxidative parameters and antioxidant systems during tomato fruit growth

Murshed, R.[(1)]

Abstract

This study was investigated at the laboratories of Horticultural department, Faculty of Agriculture, Damascus University to measure the changes in oxidative and antioxidative parameters during tomato fruit growth. Hydrogen peroxide (H_2O_2) and lipid peroxidation (MDA) contents were analysed as indicators of oxidative processes. Results showed that H_2O_2 content decreased during fruit growth phase and slightly increased during ripening, meanwhile MDA content was found to increase only at the end of fruit ripening. The activities of antioxidant enzymes (SOD, APX, CAT) were modified during fruit growth. Activities of SOD, APX increased during fruit growth phase, meanwhile CAT activity increased during fruit maturation. The level of ascorbate increased during fruit growth. These changes in antioxidant metabolites and enzymes establish that the antioxidant system plays an important role in the both phases of tomato fruit growth.

Keywords: Antioxidant; Fruit growth; Fruit ripening; Tomato.

[(1)]Assistant Prof., Dep. Hort. Sci. Fac. Agric., Univ. Damascus, P.O.Box 30621, Syria.

المقدمة

تعدُّ البندورة من أهم المحاصيل المنتجة عالمياً، وقد بلغت المساحة العالمية المزروعة منها نحو 4.5 مليون هكتار وبإنتاج قدره 146 مليون طن. كذلك تعد البندورة واحداً من أهم محاصيل الخضر في سورية، حيث بلغ إنتاجها نحو 1.2 مليون طن بمساحة 19 ألف هكتار. وهناك ازدياد مستمر في استهلاك هذا المحصول مع تزايد التركيز على النوعية المميزة للثمار (FAO، 2010). يمر تطور الثمار بشكل عام بخمس مراحل أساسية: العقد (تطور المبيض)، والانقسام السريع للخلايا، واستطالة الخلايا، والنضج والشيخوخة. تمت دراسة التغير في الهرمونات النباتية، واللون، والقوام والتكوين الحيوي للإثيلين في أثناء نمو الثمار بشكل مفصل (Lemaire-chamley، 2005). كذلك دُرس تراكم مضادات الأكسدة غير الإنزيمية التي تعدُّ مفيدة لصحة الإنسان، مثل المركبات الفينولية، والكاروتينات والأسكوربات في أثناء نضج الثمار (Wang وزملائه، 2001). تعدُّ الأسكوربات Ascorbic acid (AsA، الشكل النشط من فيتامين C) من مضادات الأكسدة الرئيسة الموجودة في جميع الأنسجة النباتية، وقد فسر وجودها في أثناء نضج الثمار بحصول ظاهرة الأكسدة خلال النضج (Huang وزملائه، 2007). كذلك لوحظ ازدياد محتوى الثمار من الماء الأوكسجيني H_2O_2 وزيادة عمليات أكسدة اللبيدات في أثناء نضج الثمار مما يدل على تعرض خلايا الثمار لإجهاد أكسدة ناتج عن زيادة إنتاج الأنواع النشطة من الأوكسجين Reactive oxygen species (ROS) (Jimenez وزملائه، 2002).

يعدُّ إنتاج الأنواع النشطة من الأوكسجين ظاهرة طبيعية ودائمة في الخلايا النباتية، وتجري حماية الخلايا من أضرار هذه الأنواع النشطة من الأوكسجين بواسطة الإنزيمات المضادة للأكسدة مثل: السوبر أكسيد ديزموتاز (SOD) الذي يحفز عملية تحول الأكسيد الفائق ($O_2^{\cdot-}$) إلى H_2O_2 وماء، الكاتالاز (CAT) الذي يحفز التخلص من H_2O_2 بتحويله إلى ماء وأوكسجين (McKersie وLeshem، 1994) والأسكوربات بيروكسيداز (APX) الذي يسهم في التخلص من H_2O_2 بتحويله إلى ماء وأوكسجين. يستخدم إنزيم APX الأسكوربات كمصدر للهدروجين للتخلص من H_2O_2. وتشارك الأسكوربات، بالإضافة لميزاتها كمضادات أكسدة، في تنظيم الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا، ومن ثمَّ تؤدي دوراً مهماً في نمو الثمار (Horemans وزملائه، 2000).

تعدُّ ثمار البندورة نموذجاً لدراسة نمو الثمار الكليماكتيركية ونضجها فضلاً عن محتواها المرتفع من مضادات الأكسدة، فقد دُرسَ نضج الثمار من حيث التغيرات الحاصلة في محتوها من الأسكوربات ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة. هناك معلومات متضاربة عن تغيّر مستوى مضادات الأكسدة غير الإنزيمية أثناء نضج الثمار سواء في

النوع الواحد أو بين الأنواع المختلفة (Agrawal وزملاؤه، 2002؛ Huang وزملاؤه، 2007). بالمقابل، هناك القليل من المعلومات عن تغيّر الأنظمة المضادة للأكسدة في أثناء مراحل نمو ثمار البندورة وتطورها كلّها، وكذلك عن أهمية الأنواع النشطة من الأوكسجين والدور الأساسي الذي تؤديه الأنظمة المضادة للأكسدة في عملية النمو والنضج.

لذلك هدفت الدراسة إلى قياس التغيّرات الحاصلة في بعض معايير الأكسدة والأنظمة المضادة للأكسدة في ثمار البندورة أثناء طوري النمو والنضج.

مواد البحث وطرائقه

المادة النباتية: يستخدم نبات البندورة (*Solanum lycopersicum* L, cv. Raïssa) كصنف غير محدود النمو في الزراعة المحمية ويتميّز بثمار كبيرة الحجم حمراء اللون. زُرعت النباتات ضمن ظروف البيت المحمي (درجة حرارة 25 درجة مئوية وفترة إضاءة 16 ساعة). عُلّمت الأزهار المتفتحة بعد الإزهار الأعظمي بهدف تحديد عمر الثمار. قُطفت الثمار عند وصولها إلى مراحل النمو الآتية: مرحلة الثمار الخضراء (بعمر 20، 25، 30 و35 يوماً بعد تفتح الأزهار days after flowering (DAF)، مرحلة الثمار الخضراء الناضجة (ثمار مكتملة النمو، 40 DAF)، ومرحلة بدء التلون، ومرحلة الثمار البرتقالية ومرحلة الثمار الحمراء. قُطفت ثمار عشرة نباتات من كل مرحلة من مراحل النمو السابقة، ثم جمدت مباشرة وطحنت في الآزوت السائل وخزن مسحوق الثمار على درجة حرارة - 80 درجة مئوية حتى إجراء التحاليل الكيميائية.

معايير الأكسدة:

قياس محتوى الثمار من H_2O_2: قِيسَ محتوى الثمار من H_2O_2 بحسب Murshed وزملائه (2008a)، أُضيفَ 1 مل من حَمض الخليك ثلاثي الكلور Trichloroacetic acid (TCA) بتركيز 0.1 % (w/v) إلى 0.25 غ من مسحوق الثمار. أخذ 500 µL من الرشاحة الناتجة بعدالتثفيل وأضيف لها 250 µL من محلول فوسفات البوتاسيوم تركيز 10 mM عند pH7 و 500 µL من يود البوتاسيوم تركيز 1M. قُرئ امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 390 nm بواسطة مقياس الطيف الضوئي.

قياس محتوى الثمار من المالون داي ألدهيد Malondialdehyd (MDA): تستخدم عادة درجة أكسدة اللبيدات لتقدير مدى تضرر الأغشية الخلوية بإجهاد الأكسدة. لذلك قُدّر تركيز المالون داي ألدهيد (MDA)، وهو الناتج النهائي لأكسدة لبيدات الأغشية الخلوية، وذلك بحسب Murshed وزملائه ([a]2008). أُضيف 1 mL من TCA بتركيز 0.1 % (w/v) إلى 0.25 غ من مسحوق الثمار. أُخذ 0.5 مل من الرشاحة الناتجة بعد التثفيل وأُضيف إليها 1 مل من محلول thiobarbituric acid (TBA) بتركيز 0.5 %. ثم تم

قراءة امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 532 nm بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي.

قياس نشاط مضادات الأكسدة الإنزيمية: أُجريت الاختبارات الإنزيمية بحسب طريقة Murshed وزملاؤه ([b]2008). استُخلصت الإنزيمات بأخذ مسحوق الثمار (0.2 – 0.4غ) ومجانسته في 1Ml من محلول MES/KOH بتركيز 50 mM و pH 6 الحاوي على 40 mM من كلوريد البوتاسيوم KCl و 2 mM من كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ و 1 mM من الأسكوربات. استخدمت الرشاحة الناتجة بعد التثفيل لقياس نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة بشكل مباشر، وكذلك لقياس تركيز البروتينات بطريقة Bradford (1976).

تقدير نشاط إنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD): أُجري 10 µL من المستخلص الإنزيمي إلى 1 mL من محلول التفاعل الحاوي على فوسفات البوتاسيوم بتركيز 50 mM و pH 7.8 والميثيونين بتركيز 13 mM و NBT بتركيز 75 µM و Ethylene diamen tetra acetic acid (EDTA) بتركيز 0.1 mM والريبوفلافين بتركيز 2 µM. ثم قُرئ امتصاص العينة على طول موجة 560 nm بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي.

تقدير نشاط إنزيم الكاتالاز (CAT): قيس الامتصاص عند طول موجة ضوئية 240 nm لمحلول التفاعل الحاوي على محلول فوسفات البوتاسيوم بتركيز 50 mM و pH 7 و 15 mM H_2O_2 و 100 µL من المستخلص الإنزيمي.

تقدير نشاط إنزيم الأسكوربات بيروكسيداز (APX): أُجري بقياس الامتصاص عند طول موجة ضوئية 290 nm لمحلول التفاعل الحاوي على محلول فوسفات البوتاسيوم بتركيز 50 mM و pH 7 و 0.25 mM من الأسكوربات و 50 µL من المستخلص الإنزيمي.

تقدير تركيز حمض الأسكوربيك (AsA): قُدّر تركيز الأسكوربات (AsA) بحسب طريقة Murshed وزملائه ([a]2008)، أخذ 0.5 غ من مسحوق الثمار ووضعت في 1 مل من TCA 6%. أخذ 10 µL من الرشاحة الناتجة بعد التثفيل وأضيف إليها 40µL من محلول الفوسفات بتركيز 0.2 mM (pH 7.4) و 150 µL من الملون المحضر مباشرة قبل الاستعمال بخلط 50 µL من محلول TCA (10%) مع 40 µL من H_3PO_4 (42%) و 20 µL من محلول كلوريد الحديد (3%) و 40 µL من 2.2-bipyridyl (4%). ثم قُرئ الامتصاص على طول موجة 525 nm بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي.

تكرار التجربة ثلاث مرات، والقيم المعروضة في النتائج عبارة عن متوسط التجارب الثلاث بالإضافة للانحراف المعياري. تم تحديد الفروقات المعنوية باستخدام تحليل التباين (ANOVA) عند مستوى 95 % بواسطة برنامج Systat.

النتائج والمناقشة

معايير الأكسدة: تبيّن النتائج أن الضرر الحاصل في الجدر الخلوية نتيجة أكسدة الليبيدات يلاحظ فقط في نهاية نضج الثمار، إذْ يبقى محتوى الثمار من MDA ثابتاً خلال نمو الثمار ونضجها حتى مرحلة الثمار البرتقالية، لكنه يزداد بشكل معنوي في مرحلة الثمار الحمراء (الجدول 1). على العكس من ذلك فإن محتوى الثمار من H_2O_2 كان أعلى خلال طور النمو منه خلال طور النضج، وأعلاه في الثمار بعمر 20 يوماً بعد الإزهار، ثم انخفض حتى مرحلة بدء التلون ثم ازداد، لكن بشكل طفيف، خلال النضج (الجدول 1). ويمكن تعليل ذلك بالإنتاج المرتفع من الأنواع النشطة من الأوكسجين (ROS) في الثمار الخضراء الناتج من عملية التركيب الضوئي والتنفس، وكذلك بزيادة نشاط مضادات الأكسدة مع تقدم الثمار في العمر (Jimenez وزملاءه، 2002).

محتوى الثمار من الأسكوربات: تعدُّ الأسكوربات من أهم الجزيئات المضادة للأكسدة. كانت الزيادة في محتوى الأسكوربات أكبر في الثمار من عمر 25 يوماً بعد الإزهار وحتى مرحلة بدء التلون مقارنة بالزيادة في الثمار البرتقالية والحمراء، إذْ وجد أعلى مستوى من الأسكوربات في الثمار الحمراء (الجدول 1). لوحظ تراكم الأسكوربات (AsA) أثناء نضج ثمار العديد من الأنواع مثل البندورة والفليفلة (Markus وزملاؤه، 1979؛ Jimenez وزملاؤه، 2002). كذلك لوحظ وجود علاقة عكسية بين محتوى الثمار من H_2O_2 وتركيز الأسكوربات.

الجدول (1) محتوى ثمار البندورة من الماء الأوكسجيني (H_2O_2)، المالون داي ألدهيد (MDA) والأسكوربات (AsA) (noml/g مادة طازجة) أثناء تطور الثمار. القيم عبارة عن المتوسط ± الانحراف المعياري لتسعة مكررات.

مرحلة تطور الثمار	H_2O_2	MDA	AsA
20 يوماً بعد الأزهار	367.53 ± 30.48 [a]	24.62 ± 1.71 [b]	16.49 ± 1.24 [cd]
25 يوماً بعد الأزهار	274.63 ± 18.20 [b]	24.24 ± 1.45 [b]	7.98 ± 0.95 [e]
30 يوماً بعد الأزهار	108.49 ± 6.86 [c]	24.86 ± 1.76 [b]	14.89 ± 1.02 [d]
35 يوماً بعد الأزهار	82.66 ± 6.62 [d]	23.08 ± 0.23 [b]	20.58 ± 0.99 [b]
ثمار خضراء ناضجة	35.68 ± 2.16 [e]	23.63 ± 1.99 [b]	17.62 ± 0.74 [c]
مرحلة بدء التلون	4.68 ± 0.86 [f]	22.20 ± 1.75 [b]	22.37 ± 1.29 [ab]
ثمار برتقالية	23.04 ± 1.84 [g]	24.67 ± 2.23 [b]	23.46 ± 0.96 [a]
ثمار حمراء	54.07 ± 2.54 [h]	40.69 ± 2.79 [a]	23.75 ± 1.60 [a]

يشير اختلاف الأحرف في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية ($p < 0.05$).

نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: تملك ثمار البندورة مجموعة من الأنظمة المعقدة للدفاع ضد إجهاد الأكسدة، متضمنةً الإنزيمات المضادة للأكسدة مثل السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD)، والكاتالاز (CAT) والأسكوربات بيروكسيداز (APX)، والجزيئات المضادة للأكسدة مثل الأسكوربات. لوحظ من خلال النتائج أن نشاط إنزيم SOD يزداد خلال نمو الثمار وحتى مرحلة الثمار الخضراء الناضجة (الجدول 2). تدل هذه الزيادة على زيادة إنتاج ROS خلال نموِ الثمار، وفي الوقت نفسه فإنّ انخفاض تركيز H_2O_2 الناتج من نشاط إنزيم SOD يدل على وجود نظام مضاد للأكسدة يقوم بإزالة H_2O_2 خلال نموِ الثمار. كان مستوى نشاط إنزيم SOD في طور نضج الثمارمرتفعاً لكنه ثابت، ممَّا يدلُ على أن إنتاج ROS كان في مستواه الأعظمي. وجد Rabinowitch وزملاؤه (1982) أن نشاط إنزيم SOD في ثمار البندورة ينخفض في مرحلة الثمار الخضراء الناضجة وبدء التلون، ثم يزداد في مراحل النضج اللاحقة، وربما يعزى ذلك إلى زيادة عملية الأكسدة وإنتاج ROS في مراحل النضج الأخيرة ومن ثمَّ زيادة الحاجة لإنزيم SOD. هذه الزيادة في نشاط إنزيم SOD لُوحظت أيضاً في أثناء نضج ثمار بعض الأنواع الأخرى مثل التفاح (Rogiers وزملائه، 1998).

الجدول (2) نشاط إنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD، U/mg)، إنزيم الكاتالاز (CAT، µmol/min/mg)، إنزيم الأسكوربات بيروكسيداز (APX، µmol/min/mg) في أثناء تطور ثمار البندورة. القيم عبارة عن المتوسط ± الانحراف المعياري لتسعة مكررات.

مرحلة تطور الثمار	SOD	CAT	APX
20 يوماً بعد الأزهار	0.53 ± 0.11^{c}	0.97 ± 0.09^{c}	1.24 ± 0.15^{e}
25 يوماً بعد الأزهار	1.70 ± 0.29^{b}	1.17 ± 0.18^{c}	3.73 ± 1.44^{d}
30 يوماً بعد الأزهار	1.31 ± 0.47^{b}	0.56 ± 0.20^{d}	3.45 ± 0.57^{d}
35 يوماً بعد الأزهار	1.78 ± 0.25^{b}	0.48 ± 0.03^{d}	7.52 ± 1.40^{c}
ثمار خضراء ناضجة	3.48 ± 0.43^{a}	1.70 ± 0.09^{b}	12.35 ± 1.38^{b}
مرحلة بدء التلون	4.43 ± 0.63^{a}	1.71 ± 0.16^{b}	16.25 ± 2.84^{b}
ثمار برتقالية	3.91 ± 0.33^{a}	3.54 ± 0.35^{a}	13.58 ± 1.62^{b}
ثمار حمراء	4.29 ± 0.32^{a}	1.90 ± 0.24^{b}	25.71 ± 3.58^{a}

يشير اختلاف الأحرف في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية ($p < 0.05$).

يُزال H_2O_2 المنتج من قبل إنزيم SOD في الخلايا النباتية بواسطة إنزيمي الكاتالاز (CAT) والأسكوربات بيروكسيداز (APX). في هذه الدراسة، يبقى نشاط إنزيم CAT ثابتاً تقريباً في أثناء نمو الثمار لكنه يزداد في أثناء نضج الثمار مع بلوغ أعلى مستوى له في مرحلة الثمار البرتقالية (الجدول 2). ويمكن ربط انخفاض نشاط إنزيم CAT في مرحلة الثمار الحمراء مع ازدياد أكسدة ليبيدات الجدر الخلوية (Jimenez وزملاءه،

2002). بالنسبة إلى ثمار البندورة، هناك معلومات متناقضة عن نشاط إنزيم CAT في أثناء النضج، فقد لوحظ ازدياد نشاطه (Martin وزملاؤه، 1979) كما لوحظ انخفاض نشاطه (Jimenez وزملاؤه، 2002). يمكن أن تفسر هذه المعلومات المتناقضة باختلاف الأصناف المدروسة وكذلك اختلاف ظروف الزراعة. بالنسبة إلى نشاط إنزيم APX، الذي يشارك أيضاً في إزالة H_2O_2 ويدخل في حلقة الاسكوربات-جلوتاثيون، فهو يزداد أثناء نمو الثمار ونضجها (الجدول 2) (Jimenez وزملاؤه، 2002).وهذه الزيادة يمكن أن تفسر انخفاض محتوى الثمار من H_2O_2 في أثناء نمو الثمار وحتى مرحلة بدء التلون (Mondal وزملاؤه، 2004).

في الخلاصة، تظهر هذه الدراسة حدوث تغيّرات مهمة في معايير الأكسدة (MDA وH_2O_2) والأنظمة المضادة للأكسدة، سواء الإنزيمية (SOD، CAT وAPX) أو غير الإنزيمية (AsA)، في أثناء تطور الثمار. ممَّا يدلُّ على حدوث ظاهرة الأكسدة في الثمار في أثناء مراحل النمو والنضج المختلفة.

References المراجع

Agrawal, R., P. Parihar, B.L. Mandhyan, and D.K. Jain. 2002. Physico-chemical changes during ripening of guava fruit (*Psidiumguajava* L.). Journal of food science and technology 39: 94-95.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. Anal. Biochem. 72: 248–254.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), http://www.fao.org/.

Horemans, N., C. H. Foyer, and H. Asard. 2000. Transport and action of ascorbate at the plasma membrane. Trends Plant Sci. 5: 263–266.

Huang, R., R. Xia, L. Hu, Y. Lu, and M. Wang. 2007. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. Scientia horticulturae 113: 166-172.

Jimenez, A., G. Creissen, B. Kular, J. Firmin, S. Robinson, M. Verhoeyen, and P. Mullineaux. 2002. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. Planta 214: 751– 758.

Lemaire-Chamley, M., J. Petit, V. Garcia, J. Daniel, B. Pierre, G. Véronique, *et al.*, 2005. Changes in transcriptional profiles are associated with early fruit tissue specialization in tomato. Plant Physiol. 139: 750-769.

Markus, F., H.G. Daood, J. Kapitany, and P. A. Biacs. 1979. Changes in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47: 100-107.

Martin, B. A., J. A. Gauger, and N. E. Tolbert. 1979. Changes in activity of ribulose-1,5- biphosphate carboxylase/oxygenase and three peroxisomal enzymes during tomato fruit development and ripening. Plant Physiol. 63: 486-489.

McKersie, B. D., and Y.Y. Leshem. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Ann. Bot. 75: 370–442.

Mondal, K., N.S. Sharma, S.P. Malhotra, K. Dhawan, and R. Singh. 2004. Antioxidant systems inripening tomato fruits. Biologia Plantarum 48: 49-53.

Murshed, R., F. Lopez-Lauri, C. Keller, F. Monnet, and H. Sallanon. 2008a. Acclimation to Drought Stress Enhances Oxidative Stress Tolerance in *Solanum lycopersicum* L. Fruits. Plant Stress 2:145-151.

Murshed, R., F. Lopez-Lauri, and H. Sallanon. 2008b. Microplate quantification of enzymes of the plant ascorbate–glutathione cycle. Analytical Biochemistry 383: 320–322.

Rabinowitch, H.D., D. Sklan, and P. Budowski. 1982. Photo-oxidative damage in the ripening tomato fruit: protective role of superoxide dismutase. Physiol. Plant 54: 369-374.

Rogiers, S. Y., M. G. N. Kumar, and N. R. Knowles. 1998. Maturation and ripening of fruit of *Amelanchier alnifolia* Nutt. are accompanied by increasing oxidative stress. Ann. Bot. 81: 203-211.

Wang, S. Y., and H. Jiao. 2001. Changes in oxygen-scavenging systems and membrane lipid peroxidation during maturation and ripening in blackberry. J. Agric. Food Chem. 49: 1612–1619.

Received	**2012/12/23**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2013/05/30**	**قبول البحث للنشر**