أثر الصدمة الحرارية في القدرة التخزينية للخس المقطّع الجاهز للاستهلاك

عبير سلمان[1] حنان شرابي[2]

الملخص

نُفِّذَ البحث في ربيع عام 2012 وكُرر في عام 2013، في مخبر التخزين في كلية الزراعة، جامعة دمشق، وهدف إلى دراسة فعاليّة الصدمة الحرارية (50 °م، مدة 90 ثانية) في الحدّ من ظاهرة الاسمرار الأنزيمي في الخس رومين المقطّع الجاهز للاستهلاك في أثناء التخزين المبرد (+4°م). أشارت النتائج إلى أنّ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية لم تتأثّر بالصدمة الحرارية؛ إذْ حافظت قطع الخس على محتواها من TSS في المعاملات كلّها حتى نهاية مدة التخزين. أمّا تركيز فيتامين C خلال مدة التخزين فلم يتأثر بمعاملة الصدمة الحرارية. من الواضح أنّ الصدمة الحرارية ثبّطت حدوث التلوّن الأحمر، فعينات الشاهد غير المعرضة للصدمة الحرارية تلوّنت بوضوح من اليوم الثاني للتخزين وزادت قيم معيارها اللوني*a معنوياً زيادة خطية خلال ثمانية أيام من التخزين، فيما بقيت عروق العينات المعرضة للصدمة الحرارية بيضاء، ولم تتغيّر قيم معيارها اللوني*a. إذاً يمكن تطبيق الصدمة الحرارية بوصفها طريقةً فعالةً في منع ظاهرة الاسمرار الأنزيمي وتأخيرها في الخس المقطع، ومن ثَمَّ في إطالة العمر التخزيني ثمانية أيام.

الكلمات المفتاحية: خس رومين، الصدمة الحرارية، الاسمرار الأنزيمي، التخزين.

(1) دكتورة مدرسة في قسم علوم البستنة – كلية الزراعة – جامعة دمشق

(2) مهندسة مشرفة على الأعمال في قسم علوم البستنة – كلية الزراعة – جامعة دمشق

عنوان العمل والمراسلة: قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، صندوق بريد 30621، سورية.

Effect of Heat Shock Treatment in Shelf-life of Fresh-cut Lettuce

(1) **(2)**

Abstract

The research was conducted in the spring of 2102 and repeated in 2103 at the Laboratory of storage in the Faculty of Agriculture, University of Damascus.

The research aims to study the effectiveness of heat shock (50ºc, 90 sec) in reducing the enzymatic browning in fresh-cut romaine lettuce during cold storage (+4ºc). The results indicated that the percentage of total soluble solids was not affected by heat shock. The content of vitamin C during cold storage did not affect by heat shock treatment. It is clear that heat shock prevent the discoloration, not treated samples turn brown from the second day of storage and a* values increased linearly during 8 days of storage, while the treated samples kept white and a* value didn't change. So the heat shock can be applied as a safe way to prevent and delay the enzymatic browning in fresh-cut lettuce and thus prolong the shelf-life 8 days.

Keywords: Romaine lettuce, heats shock, enzymatic browning, storage.

(1) Assistant Prof., Horticulture Dept.,
(2) Instructor Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Damascus, P.O.Box 30621, Syria

المقدمة:

منذ عدة سنوات ومع تغيّر العادات الغذائية في عدد من دول العالم تضاءل استهلاك الخضار والفاكهة الطازجة في حالتها الأوليّة، وازداد استخدام ما يُسمى الفاكهة والخضار الجاهزة للاستهلاك، تلك التي تكون طازجة ونيئة ومقطعة ومغلفة، وجاهزة للاستهلاك. ويعدّ الجزر والبندورة والقرنبيط من المحاصيل الأكثر حظاً في اتباع هذه الطريقة. يعدّ الخس بأنواعه من الخضار الرائدة في سوريةً إذْ يحتلّ مرتبة مهمّة ويُسْتَهْلَكُ من قبل شريحة واسعة في المجتمع، ويعدُّ من ضمن أهم الخضار الخمسة الأكثر استهلاكاً، إلّا أنّه حتى الآن لا نجد أنواع الخس الجاهز للاستهلاك في السوق العربية عامةً والسورية خاصةً، ولم تتمّ تجارته بعد كنوع من الخضار الجاهز للاستهلاك، وذلك بسبب مشكلة الاسمرار السريع للأنسجة بعد التقطيع.

إنَّ تقطيع الخضار والفاكهة يسبّب بصورة عامة سلسلة من التفاعلات الاستقلابية كزيادة معدل التنفس وتراكم نواتج الاستقلاب الثانوية، كما يسبّب زيادة نشاط بعض الأنزيمات كالأنزيم المسؤول عن تصنيع المركبات الفينولية فينيل ألانين أمونيا لياز (PAL). ومن نواتج الاستقلاب الثانوية هناك المركبات الفينولية التي تتأكسد بوجود الأوكسجين وبمساعدة عدة أنزيمات مثل البولي فينول أوكسيداز (PPO) والبيروكسيداز (POD)، وتؤدّي إلى تشكيل مركب الكينون الذي يتحوّل لاحقاً عبر مجموعة من التفاعلات الوسيطة إلى الصبغات البنية أو الحمراء التي تسبّب تلوّن الأنسجة المقطعة متجسّداً بالاسمرار الأنزيمي للفواكه والخضار المقطعة (Deglinnocenti وزملاؤه'2005).

تشكّل ظاهرة الاسمرار الأنزيمي للأنسجة النباتية أحد أهم أسباب تراجع نوعية المنتجات النباتية الجاهزة للاستهلاك وتقليل مدة تخزينها، ولمّا كان الاسمرار الأنزيمي يؤثر سلباً في مظهر الخضار الجاهزة للاستهلاك فإنّه من الضروري تثبيط التفاعلات المسببة لهذا الاسمرار. هناك تقنيات عدة تُسْتَخْدَمُ لتأخير هذه الظاهرة في الخضار و الفاكهة أو تقليلها أو تثبيطها، ومن هذه التقنيات استعمال المواد الكيميائية ذات التأثير المضاد للأكسدة، والحموض العضوية أيضاً كحمض الستريك وحمض الكربون التي استخدمت

في مجالات عدَّة للحد من التغيّر اللوني في أنسجة المنتجات الجاهزة للاستهلاك ولا سيَّما الفاكهة.

هناك تأثيرات لمركبات كيميائية عدّة في الاسمرار الأنزيمي، ومع أنّ هذه المركبات الكيميائية أثبتت فعاليّتها، إلّا أنَّ المستهلك يفضّل المنتجات الطازجة المقطعة التي تحافظ على نوعيتها دون استخدام المواد الحافظة. المعاملات التي يمكن أن تحلّ محلّ هذه التطبيقات الكيميائية للحدّ من ظاهرة الاسمرار الأنزيمي أو كبحها هي التخزين في الجو الغازي المعدّل وتطبيق الصدمة الحرارية (Barrett و Garcia, 2002). أجريت مجموعة من الدراسات على تأثير الصدمة الحرارية في نوعية الفاكهة والخضار، فالعالم Reynes (1997) وجد أن تطبيق الصدمة الحرارية كانت فعّالة لكبح نشاط الأنزيمات المتعلقة بفقدان الصلابة في الفاكهة الكاملة مثل الفريز والإجاص والتفاح. كما أنَّ صدمة حرارية مدة 90 ثانية في درجة حرارة 50 م ثبطت نشاط أنزيم الفينيل ألانين أمونيا لياز، ومن ثَمَّ منعت حدوث الاسمرار في الخس المتموج، كما أنّها حافظت على المظهر الجيد للخس، وقلّلت من فقد الرطوبة في أثناء التخزين (Peiser وزملاؤه,1998). أمَّا Loaiza-velarde وزملاؤها (2003) فقد أوضحوا أنَّ الصدمة الحرارية المطبقة 50 م مدة 90 ثانية على الكرفس قبل التخزين استطاعت الحدّ من ظاهرة الاسمرار في أثناء التخزين المبرد. أظهرت عدة دراسات على الخس فعالية المعاملات الحرارية بوصفها طريقةً غير كيميائية لتحسين نوعية المنتجات ما بعد القطاف، فالصدمة الحرارية فوق 45 درجة مئوية دقائق معدودة قد تؤخّر وتقلّل من تراكم المركبات الفينولية، ومن ثَمَّ تقلّل من اسمرار الأنسجة النباتية في أثناء التخزين المبرد. ونظراً إلى قلة البحوث في سورية التي تدرس تأثير الصدمة الحرارية في جودة الخس المقطع، وكبح ظاهرة الاسمرار الأنزيمي في قطع الخس في أثناء التخزين، كان هدف البحث هو دراسة فعّالية الصدمة الحرارية عند 50 درجة مئوية مدة 90 ثانية في الحفاظ على جودة الخس المتطاول (خس رومين) المقطّع، وفي الحدّ من ظاهرة الاسمرار الأنزيمي في القطع في أثناء التخزين المبرد، وإطالة العمر التخزيني لهذه القطع.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية:

استخدم في هذه الدراسة صنف الخس رومين *Romaine* Lettuce، ويسمى أيضاً الخس المتطاول (*Lactuca sativa L.var.longifolia*)، وهو صنف ذو لب قوي ورأس متطاول، الأوراق سميكة متطاولة (20–30 سم)، يراوح لونها من الأخضر الفاتح إلى الأخضر الداكن، النصل عريض أبيض قوي، تلتف الأوراق حول البرعم الطرفي لتشكّل رأساً مندمجة. تمَّ الحصول على رؤوس الخس المطلوبة من أحد المزارع الخاصة في ريف دمشق.

تطبيق الصدمة الحرارية على الخس المقطع

اِخْتيرَ الخس ذو المظهر الجيد، والأوراق النظيفة الخالية من الأمراض والحشرات التي تتمتع بالألوان الخضراء الزاهية، استُبعدت الأوراق الخارجية يدوياً، ومن ثمّ قطعت أوراق خمسة رؤوس من الخس إلى قطع أو شرائح بسماكة 1 سم تقريباً بواسطة سكين حادة، وخلطت القطع جيداً. عُقمت هذه القطع مباشرةً بغمرها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم 80 ppm مدة دقيقة واحدة، ومن ثمّ غُسلت بالماء الجاري مدة 30 ثانية، وبعد أن جففت من الماء الزائد باستخدام أوراق التنشيف وُضعت في أكياس بولي إثيلين سماكة 20 ميكروناً وأبعاد 15*15 سم، مثقبة بمعدل 15 ثقباً في كل كيس وبقطر 5 ملم وبوزن 100 غ في الكيس الواحد، واستخدمت شاهداً. أمّا بالنسبة إلى تلك التي طُبقت عليها الصدمة الحرارية، فبعد استبعاد الأوراق الخارجية وتلك المجروحة والمصابة بالجروح الميكانيكية أو الحشرات، قطعت أوراق خمسة رؤوس من الخس إلى شرائح بسماكة 1 سم تقريباً يدوياً بواسطة سكين حادة وخلطت خلطاً جيداً ، ومن ثم وُضعت في حمام مائي درجة حرارته 50 ْم مدة 90 ثانية، ثُمَّ غمرت مباشرة في الماء البارد 0–4 ْم لمدة 30 ثانية (Murata *et al*, 2004)،ووضعت الشرائح بعدها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم 80 ppm مدة دقيقة واحدة، ثم غسلت 30 ثانية بالماء الجاري، ومن ثم جففت من الماء الزائد بواسطة أوراق التنشيف، ووضعت في أكياس من البولي إثيلين بأبعاد 15*15 بسماكة

20 ميكروناً، مثقبة بمعدل 15 ثقباً في كل كيس بقطر الثقب الواحد 5 ملم وبوزن 100 غ في الكيس الواحد.

ظروف التخزين:

خُزنت العينات جميعها في غرفة التخزين المبرد في درجة حرارة 4 ±1°م ورطوبة نسبية 95 ±5 % مدة 15 يوماً، ويعود سبب الاكتفاء بمدة التخزين هذه إلى أنّ تطور ظاهرة الاسمرار وبداية ظهور الأمراض الأخرى تظهر بعد ثمانية أيام من التخزين المبرد في العينات المعاملة بالصدمة الحرارية.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

نُفذت التجربة وفق تصميم التجربة العاملية في قطاعات عشوائية بسيطة، كل معاملة تضم ثلاثة مكررات. حُلِّلَتِ البيانات باستخدام برنامج Xlstat 2008 لحساب قيمة أقل فرق معنوي بين المتغيرات المدروسة على مستوى ثقة 95%.

المؤشرات المدروسة:

أجريت القياسات والتحاليل الكيميائية في أثناء مدة التخزين بفاصل قدره 48 ساعة من بداية التخزين (0، 2، 4، 6و 8 أيام).

1- نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (% TSS) Total soluble solids:

عُصِرَتْ أوراق الخس، ورشح العصير عبر قمع. عُوِيرَ جهاز الريفراكتومتر بالماء المقطر بهدف تصفيره، ثمّ وضعت قطرة من رشاحة الأقراص على عدسة الريفراكتومتر (Refractometer Digital, RL. Atago, model pocket PAL-1, 0-53, Germany). أخذت القراءة على ثلاث عينات خس / مكرر.

2- تركيز فيتامين C (ملغ/ليتر عصير):

قِيسَ تركيز فيتامين C باستخدام جهاز قياس الفيتامين (RQ-Flex easy, Germany) الذي يمكنه قياس كمية الفيتامين ضمن المجال 52–450 ppm، اِمْتُّصَتْ عينة من العصير

بواسطة شرائح إسفنجية خاصة بالجهاز، حيث أُدْخِلَتِ الشريحة في المكان المخصص، وانْتُظِرَ مدة 30 ثانية للحصول على قراءة تعبّر عن تركيز فيتامين C (ملغ/ ليتر عصير) في العينة المختبرة. أخذت القراءة على ثلاث قطع خس / مكرر.

3– تطور اللون في شرائح الخس المقطع (L*a*b*):

قيس تطور اللون على العرق الوسطي في شرائح الخس باستخدام جهاز المينولتا (نظام الـ سي أي أي) الذي يعتمد على قياس ثلاثة معايير لونية عالمية لكل مقطع نباتي كما وصفها العالم Rocculi وزملاؤه (2007)؛ وذلك باستخدام جهاز خاص (Minolta chroma meter, CR-300 with an 8-mm aperture) . يقيس*L الإضاءة (تراوح قيمته من 100 للون الأبيض إلى صفر للأسود)، و*a يقيس اللون الأخضر (–) باتجاه الأحمر (+)، و*b يقيس اللون الأزرق (–) باتجاه اللون الأصفر (+)، إذْ يعدُّ نظام الألوان هذا تمثيلاً لنموذج من الألوان وضع في عام 1976 من قبل اللجنة الدولية للإضاءة (CIE)، وقد صُمم خِصِّيصَى لتتوافق المسافات المحسوبة بين الألوان مع الاختلافات المتصورة من قبل العين البشرية.

النتائج والمناقشة:

1– تأثير الصدمة الحرارية في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (%) في أثناء التخزين:

حافظت قطع الخس على محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية في المعاملات كلّها خلال مدة التخزين حتى نهايته. تظهر نتائج التحليل الإحصائي لمحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية في عينات الخس المقطع (جدول 1) بأنَّه لا توجد أية فروق معنوية بين المعاملات، وكانت الفروق ظاهرية، وهذه النتائج توافقت مع (Alegria وزملاؤه 2010) في تجربتها على جزر المائدة المقطع، ومن ثَمَّ لم تؤثّر الصدمة الحرارية في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في قطع الخس في أثناء التخزين المبرد.

جدول (1) نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية % للخس المقطع والمخزن في درجة حرارة +4° م ورطوبة نسبية 95% المعرض للصدمة الحرارية والشاهد.

المعاملة	متوسط نسبة TSS %			
	بعد 2 يوم	بعد 4 يوم	بعد 6 يوم	بعد 8 يوم
الصدمة الحرارية	3.50 [a]	3.75 [a]	3.50 [a]	3.55 [a]
الشاهد	3.50 [a]	4.35 [a] .	4.02 [a]	3.75[a]
$LSD_{5\%}$	0.75			

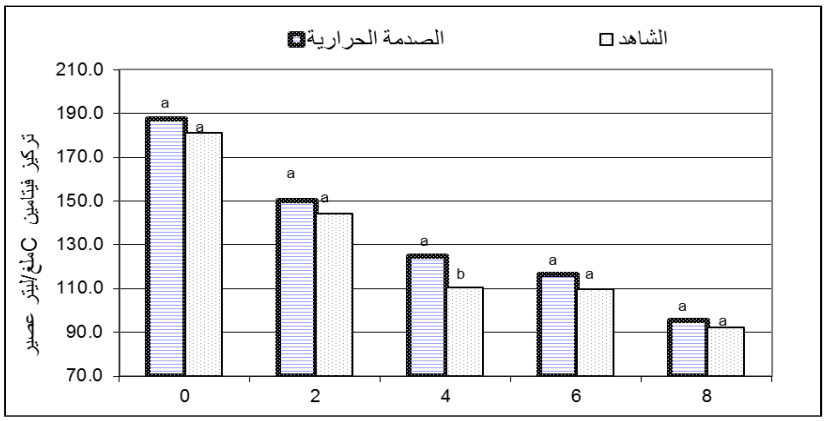
يشير اختلاف الأحرف في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%.
($LSD_{5\%}$=0.75)

2- تأثير الصدمة الحرارية في متوسط تركيز فيتامين C في الخس المقطع في أثناء التخزين:

يعدُّ تركيز فيتامين C من العوامل المهمّة في الجودة الغذائية للخس، وهو يتأثر بمجموعة من العوامل منها: ظروف النمو، وعمليات التخزين. في هذه التجربة درسنا تأثير الصدمة الحرارية في تركيز فيتامين C في الخس في أثناء التخزين المبرد بواسطة جهاز (RQ-Flex easy, Germany).

انخفض تركيز فيتامين C في قطع الخس تدريجياً خلال مدة التخزين للمعاملات كلّها (الشكل 1)، فكانت في بداية التخزين 187.33 ملغ/ ليتر عصير، وانخفضت لتصل بعد ثمانية أيام من التخزين إلى مدى يراوح من 95.21 إلى 92.01 ملغ/ ليتر عصير في العينات المعرضة للصدمة الحرارية والشاهد على التوالي. وتظهر النتائج أن الصدمة الحرارية لم يكن لها أي تأثير معنوي في كمية فيتامين C. تشابهت هذه النتائج مع تلك التي توصّل إليها Murata وزملاؤه (2004) عن الانخفاض التدريجي لتركيز الفيتامين في أثناء التخزين في الخس المتموج المقطع المغسول بالماء الساخن مقارنة بالشاهد. كما أنّ هذه النتائج توافقت مع نتائج Nazar وزملاؤه (1996) إذْ وجدوا أن تركيز فيتامين C تناقص تدريجياً في بعض الخضار كالقرنبيط والخس في أثناء التخزين المبرد،

وقد يرجع السبب إلى أكسدة حمض الأسكوربيك إلى حمض ديهايدرو أسكوربيك بواسطة أنزيم أوكسيداز حمض الأسكوربيك.



مدة التخزين (يوماً)

الشكل 1: متوسط تركيز فيتامين C (ملغ/ ليتر عصير) للخس المقطع والمخزّن في درجة حرارة +4°م ورطوبة نسبية 95% المعرض للصدمة الحرارية والشاهد.

LSD5%= 6.88

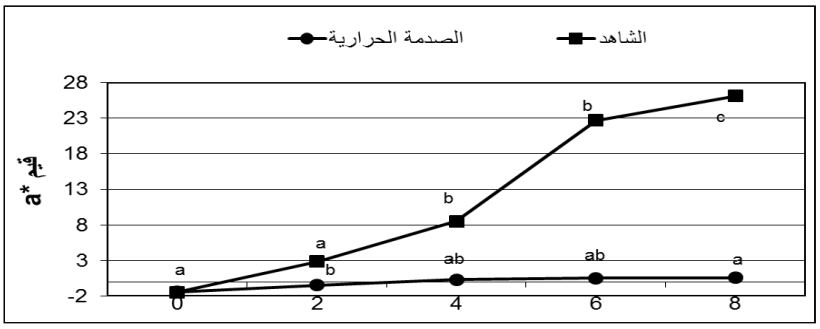
3– تأثير الصدمة الحرارية في تغيرات اللون في شرائح الخس المقطع في أثناء التخزين:

تمت متابعة تأثير الصدمة الحرارية في المظهر اللوني للخس المقطع المخزن في +4°م مدة 15 يوماً وذلك من خلال التصوير الفوتوغرافي (الشكل 2). كما أنَّ تغيرات اللون للعينات كلّها خلال مدة ثمانية أيام من التخزين في +4°م تمت متابعتها من خلال قياس قيم المعيار اللوني *a الذي يقيس التغيّر من اللون الأخضر إلى الأحمر (الشكل 3)؛ علماً بأنّه اكتفينا بعرض الصور لليوم الثامن لأنه بعد اليوم الثامن من التخزين بدأت العينات المعرضة للصدمة الحرارية تحمّرُ. من الواضح تماماً أن الصدمة الحرارية ثبّطت حدوث التلون الأحمر، فعينات الشاهد غير المعرضة للصدمة الحرارية تلوّنت بوضوح

من اليوم الثاني للتخزين (الشكل 2). وكانت الفروقات في المعيار a* معنوية بين الشاهد والمعاملة بالصدمة الحرارية، إذْ ازداد المعيار a* بصورة معنوية في أثناء التخزين في الشاهد، في حين لم يتغيّر في العينات المعرضة للصدمة الحرارية (الشكل 3). قد يعزى السبب في تثبيط التلون إلى أنّ النبات في أثناء تعرضه لصدمة حرارية ينتج بروتينات الصدمة الحرارية التي بدورها تثبط الأنزيمات المسؤولة عن الاسمرار، مثل: أنزيم البولي فينول أوكسيداز، والبيروكسيداز؛ ومن ثَمَّ تقلل أو تمنع أكسدة المواد الفينولية (Kang and Saltveit, 2003). سمحت لنا نتائج هذا البحث باقتراح طريقة فعالة وطبيعية وغير مكلفة لتثبيط التلوّن في شرائح الخس، والحصول على نوعية جيدة حتى ثمانية أيام من التخزين في درجات الحرارة الموصى بها +4°م. فتطبيق صدمة حرارية على 50°م ومدة 90 ثانية على شرائح الخس مباشرة بعد التقطيع ثبطت تفاعلات الأكسدة والتلون (الاسمرار) حتى ثمانية أيام من التخزين.

من الناحية العلمية يمكن التعمق في دراسة تأثير الصدمة الحرارية والبحث عن العلاقة بين بروتينات الصدمة الحرارية التي تنتج في الخلية عند تعرضها للإجهاد الحراري وأنزيم البولي فينيل أمونيا لياز، كما يمكن التعمق في دور بروتينات الصدمة الحرارية في كبح الاسمرار الأنزيمي في الخس المقطع والجاهز للاستهلاك.

الشكل 2: الخس المقطع بعد ثمانية أيام من التخزين في +4°م . المعامل بالصدمة الحرارية والشاهد.



مدة التخزين (يوماً)

الشكل 3: تلون أضلاع قطع الخس (قيم a*) المعرضة للصدمة الحرارية والشاهد خلال ثمانية أيام من التخزين في +4°م .($LSD_{5\%}$ =3.18).

المراجع العلمية

-Alegria, C., J Pinheiro. EM Gonçalves. I Fernandes. M Moldão and M. Abreu. 2010. Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot, Innovative Food Science and Emerging Technologies Vol 11:155-161.

-Degl'Innocenti, F., L. Guidi. A. Pardossi and F. Tognon. 2005. Biochimical study of leaf browning in minimally processed leaves of letuuce (*Lactuca sativa L.var. acephala*), Journal of Food Science 53: 9980-9984.

-Garcia FL and DM. Barrett. 2002. Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. In: Lamikanram (ED), Fresh-cut fruits and vegetables Sience, Technology and Market.CRC press: 269-303.

-Kang H.m and ME. Saltveit. 2003. Wound induced PAL activity is suppressed by heat shock treatments that induce the synthesis of heat shock proteins, physiologia plantarum, 119: 450-455.

-Loiza-Velarde JG., ME. Mangrich. R. Campos-Vargas and ME. Saltveit. 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles, Postharvest Biology and technology 27: 305-311.

-Murata M., E. Tanaka. E. Minoura and S. Homma. 2004. Quality of cut lettuce treated by heat shock: prevention of enzymatic browning, repression of phenylalanine ammonia-lyase activity, and improvement on sensory evaluation during storage, Biosci Biotechnol Biochem.68(3):501-7.

-Nazar M., M. Jamil. M. Anwar and AFM. Ehtashamuddin. 1996. Film packaging of fresh vegetables, Sarhad Journal of Agricultural and Food Chemistry, 12 (2):185-192.

-Peiser G., LG Gloria. M. Cantwell and M E. Saltveit. 1998. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut Lettuce, Postharvest Biology and Technology 14: 171–177.

-Reynes M. 1997. Désinsectisation des dates par les micro-onds, These doctorat de l'INPL. 225 p.

-Rocculi p., FG. Galindo. F. Mendoza. L. Wadsö. S. Romani. MD. Rosa and I. Sjöholm. 2007. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes, Postharvest Biology and Technology, v.43: 151-157.

Received	**2015/11/18**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2016/2/9**	**قبول البحث للنشر**