مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ـ (2011) ـ المجلد (27) ـ العدد 1 ـ الصفحات: 159-174

تأثير معاملة ثمار التفاح صنف ‘Cox Orange’ بالمركبين 1-MCP و$CaCl_2$ منفردين أو مقترنين في عملية نضجها وإنتاج الإثيلين منها في أثناء تخزينها

عبد الرحمن الشيخ(1)

الملخص

عوملت ثمار التفاح الصنف "Cox Orange Pippin" بمادة 1-MCP أو $CaCl_2$ وكذلك $CaCl_2$ + 1-MCP بعد القطاف لمعرفة تأثيرها في التنفس وإنتاج الإيثيلين ضمن الثمرة، ثم خزنت الثمار بعد معاملتها في شروط الهواء العادي في حرارة 3 م أو 10 م لمدة 0، 2، 4، 6، 8، 10 أسابيع، وبعد انتهاء كل مرحلة من مراحل التخزين، أُعيد تخزين أربع ثمار من كل معاملة في أوعية زجاجية خاصة لقياس معدل إنتاج CO_2 وC_2H_4 مدة أسبوع في 20 م؛ وقد تبين انخفاض معدل التنفس بشكل معنوي في الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP أو 1-MCP+$CaCl_2$ مقارنة بالثمار المعاملة بمحلول كلوريد الكالسيوم أو غير المعاملة، كما لوحظ انخفاض معنوي من يوم إلى آخر في معدل تنفس الثمار ولاسيما تلك الثمار التي خزنت في حرارة 3 م، ولم يلاحظ تأثير معنوي لدرجة حرارة التخزين في معدل تنفس الثمار؛ كما أدت معاملة الثمار بالمركب 1-MCP و1-MCP+$CaCl_2$ إلى انخفاض معنوي في معدل إنتاج الإيثيلين في مرحلة ما بعد التخزين (عمر الرف).

الكلمات المفتاحية: تنفس النضج الأعظمي، تفاح كوكس أورانج، عمر الرف، 1- ميثيل سايكلوبروبان، إيثيلين، تنفس.

---

(1) قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة الفرات، دير الزور، سورية.

The Effect of 1-Mcp and $CaCl_2$ Treatment (Separated or Compound) on the Ripening and Ethylene Production of ‘Cox’s Orange Pippin’ Apples During Storage Stage

A. Alchikh(1)

ABSTRACT

The effect of 1-MCP, $CaCl_2$ and $CaCl_2$ + 1-MCP treatments on the respiration and ethylene production of ‘Cox’s Orange Pippin’ apples was investigated. Treatments were applied at harvest and apples stored under air storage (3°C or 10°C) for 0, 2, 4, 6, 8 and 10 weeks. At storage removal apples were held at 20°C for 7 days shelf-life and respiration and ethylene production measured. The CO_2 rate in the $CaCl_2$ and $CaCl_2$ + 1-MCP treatments was significantly lower than either the $CaCl_2$ treatment or untreated control. The CO_2 rate reduced steadily during shelf-life especially for the 3°C stored fruit. A significant effect of storage temperature on the CO_2 rate during shelf-life could not be determined. Application of 1-MCP or $CaCl_2$+1-MCP decreased significantly ethylene production during shelf-life at all storage periods.

Key words: Climacteric, ‘Cox’s Orange Pippin’ apples, Shelf-life, 1-methylcyclopropene, Ethylene, Respiration .

---

(1) Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Alfurat University, Deer Al-Zoor, Syria.

المقدمة

يعد الإيثيلين C_2H_4 أحد منظمات النمو العديدة في النبات، إذ يؤثر في نموه وتطوره، كما يؤثر بشكل خاص في تنظيم نضج الثمرة بعد جنيها؛ وهو مركب هيدروكربوني غازي بسيط يستطيع الانتشار عبر أنسجة النبات، ويؤثر بشدة في الصفات النوعية في منتجات البساتين مثل اللون color، والبنية Texture والمواد المسؤولة عن النكهة flavor، ويمكن أن تكون هذه الآثار نافعة أو ضارة حسب المنتج واستعمالاته، وقد تطورت إستراتيجية استعمال الإيثيلين أو تجنب آثاره السلبية بشكل واسع خلال عمليات النضج، والجني، والتخزين، والنقل والتداول، إذ انعكست أهميته في التأثير في نضج الثمار وشيخوختها على جهود الباحثين الذين ركزوا على دراسة تمثيله وفهم دوره، وقد تداخلت هذه الدراسات بنضج الثمار ونوعيتها (Jiang and Fu, 2000; Saltveit, 1999).

يعد تنفس النضج الأعظمي climacteric respiration وبلا تنفس النضج الأعظمي non climacteric respiration مفهومين أساسيين في أي نقاش يدور حول الإيثيلين في أنظمة ما بعد الجني؛ ويذكر Knee (2002) أن المصطلح climacteric معمول به من قبل Kidd and West منذ عام(1925) في وصف زيادة شدة التنفس المرافقة لمرحلة نضج ثمرة التفاح، ويمكن أن يرافق تلك الزيادة إنتاج الإيثيلين أو يسبقها أو يتأخر عنها؛ ولا تزال أهمية زيادة شدة التنفس في عمليات الاستقلاب التي تصاحب إنتاج الإيثيلين غامضة، إلا أنه من ناحية تطبيقية (Brady, 1987; Solomos, 1988) يعد الإبقاء على معدل التنفس في حده الأدنى والانتفاع بالمواد الكربوهيدراتية أمراً مرغوباً فيه للحفاظ على نوعية الثمرة.

ويعتمد وجود تنفس النضج الأعظمي أو غيابه حالياً على ظهور إنتاج الإيثيلين أكثر من التنفس، ومن ثم يمكن تصنيف الثمار إلى ثمار ذات تنفس نضج أعظمي وأخرى بلا تنفس نضج أعظمي؛ وذلك من حيث استجابتها للتنفس وإنتاج الإيثيلين أو عدم إنتاجه، وقد عرض كل من Biale and Young (1981) وKays (1997) لائحة تتضمن أنواع النباتات التي توجد فيها الثمار ذات تنفس النضج الأعظمي مثل التفاح والمشمش والموز وغيرها، والثمار بلا تنفس نضج أعظمي مثل الصبار والكرز والحمضيات والزيتون والفريز وغيرها.

ويؤثر الإيثيلين تأثيراً كبيراً في نضج الثمار ذات تنفس النضج الأعظمي، في حين يبقى أثره منخفضاً في غياب الضرر الفيزيولوجي والمرضي في الثمار بلا تنفس نضج أعظمي، ويمكن أن تتأثر به نوعية الثمار تأثراً كبيراً، إذ يمكن أن يكون هذا التأثير نافعاً أو ضاراً في المحصول، كما يتعلق ذلك الأثر بموعد المعاملة، وتستجيب الثمار ذات

تنفس النضج الأعظمي بدرجات مختلفة للإيثيلين، فثمار الكيوي أكثر استجابة من ثمار النكتارين. وتتضرر نوعية الثمار بلا تنفس نضج أعظمي بدرجات مختلفة بالإيثيلين، إذ تتأثر به الحمضيات بشكل أكبر من الكرز والأناناس (Thompson *et al.*, 2000). وتتأثر بشكل مفيد به الثمار الطازجة من خلال حثها على تشكيل اللون الأحمر وتحفيز نضجها وفقدها اليخضور وطراوتها الزائدة؛ ومن آثاره الإيجابية في الحمضيات إزالة اللون الأخضر وحثها على تمثيل المواد الكاروتينية والحد من فسادها الناجم عن إصابتها بالعفن الأخضر *Pencillium degitatum* والأزرق *P. italicum* (Goldschmidt *et al.*, 1993)، ومن آثاره السلبية زيادة تأثر الثمرة بأضرار انخفاض الحرارة (Yuen *et al.*, 1995).

وتوجد في الوقت الحاضر توجهات في الحفاظ على نوعية ثمار التفاح بحالة جيدة مدة طويلة بمعاملتها بالمركب 1-methylcyclopropene، الذي يختصر بالرمز (1-MCP) وصيغته الكيميائية C_4H_6؛ وقد صنفت وكالة الوقاية البيئية الأمريكية هذا المركب على أنه أحد منظمات النمو growth regulator، وتبين أنه يؤخر حدوث العمليات الفيزيولوجية أو يحد منها، ولاسيما إنتاج الإيثيلين، والتنفس، وانخفاض نسبة الحموضة القابلة للمعايرة، والاحتراق السطحي الظاهري، وتشكيل المواد الأستيرية والكحولية، والتلون البني والتدهور بفعل الشيخوخة، ولم تتأثر به نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (Watkins *et al.*, 2000).

وبشكل عام يثبط المركب 1-MCP إنتاج الإيثيلين في الثمرة، إلا أنه يمكن أن يزداد في بعض الأنواع مثل الموز، إشارة إلى أن المركب 1-MCP يعيق رد الفعل الطبيعي في تنظيم تمثيل الإيثيلين (Golding *et al.*, 1998)، كما تبين ازدياد إنتاج الإيثيلين في ثمار الجريب فروت بعد معاملتها بالمركب 1-MCP، إلا أنها بقيت خضراء اللون (Mullins *et al.*, 2000).

وقد تبين من دراسات (Fan and Mattheis,1999) تأخر عمليات النضج في معظم الثمار ذات تنفس النضج الأعظمي وبعض الثمار بلا تنفس نضج أعظمي مثل الطراوة softening، والاصفرار yellowing، والتنفس respiration كما يتوقف تراجع الحموضة القابلة للمعايرة (loss of titratable acidity) في حال معاملتها بالمركب 1-MCP، كما يثبط هذا المركب إنتاج المواد الطيارة في التفاح والمشمش والموز، لأن الإيثيلين يقوم بتنظيم مثل هذه المركبات.

وتشير الدراسات إلى أهمية عنصر الكالسيوم في بناء ثمار متميزة نوعياً، ولا شك في أنه يشارك في حدوث عدد كبير من عمليات الاستقلاب في النبات ولاسيما الثمرة، إذ يؤثر في عملية النضج، وفي بعض الحالات يستطيع أن يحد من إنتاج CO_2 (Luan *et al.*, 2002)؛ وبغمر الثمار بمحلول كلوريد الكالسيوم يمكن الحد من بعض الأمراض

الفيزيولوجية مثل الانهيار الداخلي internal breakdown والنقرة المرة bitter pit وطراوة الثمرة الناجمة عن تفكك جدر الخلايا، (Cooper and Bangerth, 1976) إذ يقوم الكالسيوم بربط البكتينات أو الهيميسللوز بالسيللوز، كما يؤثر الكالسيوم في مستقبلات الإيثيلين أو تمثيله، ويؤخر تأثير هرمون النضج (الإيثيلين) في الثمار؛ ويمكن تدعيم جدر الخلايا في الثمرة بغمرها في محلول مخفف من كلوريد الكالسيوم، إذ يقود هذا الإجراء إلى حدوث عمليات الاستقلاب ببطء في الخلية، الأمر الذي يسهم في تأخير نضج الثمرة، فضلاً عن ذلك فإن التخزين في الجو المتحكم به باستخدام تراكيز منخفضة من الأوكسجين وتراكيز مرتفعة من CO_2 في جو المخزن يؤدي إلى عرقلة تمثيل الإيثيلين وعمله (Siddiqui and Bangerth, 1995). وعلاوة على ذلك توجد منذ عدة سنوات إمكانية عرقلة نشاط الإيثيلين من خلال استخدام المركب 1-MCP، إلا أنه غير معروفة حتى الآن فعالية هذا المركب على مدى تزويد الثمرة بالكالسيوم، إذ تهدف الدراسة الحالية إلى اختبار تأثير المركب 1-MCP بعلاقة مع الكالسيوم في عملية تنفس ثمار التفاح وقدرتها على بناء الإيثيلين في شروط حرارة مختلفة.

مواد البحث وطرائقه

أُجري العمل في هذا البحث على ثمار صنف التفاح Cox`s Orange Pippin، التي تتميز بطعمها الحلو الحامض ونكهتها المميزة، وهي صغيرة إلى متوسطة الحجم دائرية الشكل لونها الأساسي أخضر مصفر، إلى أصفر، أما لونها الكثيف فأحمر فاتح إلى بني محمر (Fischer, 1995).

جمعت ثمار التفاح من البستان التابع للمركز المتخصص بزراعة الفاكهة Kompetenzzentrum-Obstbau-Bodensee في جامعة هوهنهايم بألمانيا، وخزنت في مخازنه، ونفذت الاختبارات والتحاليل جميعها في مخابره، حيث يقع على أطراف مدينةRavensburg جنوب ألمانيا.

طريقة العمل: جنيتْ ثمار التفاح في الصباح الباكر بتاريخ 2009/8/30 ضمن صناديق خشبية، وقد روعي بذلك موعد الجني المنصوح به في ألمانيا للصنف Cox`s Orange (Streif, 1991)، ثم نقلت إلى مركز التخزين، وهناك اختيرت ثمار التجربة، حيث وزعت الثمار المتماثلة في الحجم والشكل الخالية من الإصابات والأمراض في أربعين صندوقاً من البلاستيك، وقد بلغ عدد الثمار 40 ثمرة في كل صندوق.

وزعت الصناديق الأربعون الحاوية على الثمار في أربع مجموعات، حيث غمرت عشرة صناديق منها في محلول $CaCl_2$ بنسبة تركيز 3% مدة دقيقتين، كما غمرت عشرة صناديق منها في محلول $CaCl_2$ بنسبة تركيز 3% مدة دقيقتين، ثم عوملت بالمركب (1-MCP) المسمى تجارياً Smart Fresh بنسبة تركيز1 ملغ/ليتراً (أي مايعادل 0.625

ميكروليتر 1-MCP /ليترهواء) مدة 24 ساعة في حرارة قدرها 6 م في حجرة تخزين محكمة الإغلاق، فيما عومات عشرة صناديق بالمركب Smart Fresh بنسبة تركيز 1 ملغ/ليتر، وبقيت الثمار في الصناديق العشرة الأخيرة من دون معاملة كشاهد للمقارنة، ومن ثم خزن نصف ثمار التجربة في حرارة قدرها 3 م ورطوبة نسبية (Relative humidity) قدرها 91% والنصف الآخر في حرارة قدرها 10 م ورطوبة نسبية قدرها 91% مدة عشرة أسابيع، ثم جرى اختبار الثمار كل أسبوعين.

قياس تركيز غاز CO_2: قيست شدة تنفس الثمار الموضوعة في وعاء زجاجي سعته 4.25 ليتراً بوساطة الجهاز GFM-1700 Massenflussmesser، الذي يقيس شدة اندفاع الغاز من الوعاء، ويتصل بدوره بالجهاز الألماني Gasanalyse CO_2- Messgeraet، الذي يقيس نسبة CO_2 مقدراً بجزء من المليون ppm في هواء الحجرة الزجاجية الحاوية على الثمار، ويعمل على مبدأ الأشعة تحت الحمراء Infrared-measuring principle.

طريقة العمل:

الموعد الأول T1: بعد الانتهاء من المعاملات تم في اليوم الثاني اختيار 12 ثمرة متماثلة في الوزن والشكل من كل معاملة من معاملات التجربة، ثم وزعت الثمار بعد تحديد وزنها بدقة في ثلاثة مكررات (أربع ثمار في المكرر الواحد)؛ ووضعت ثمار المكرر الواحد في وعاء زجاجي، حيث بلغ مجموع الأوعية الزجاجية 12 وعاء في غرفة قياس التنفس بالنسبة إلى هذا الموعد فقط، وقد حفظت في 20 م، وتسمى عملية حفظ الثمرة في هذه الحرارة مدة أسبوع shelf-life، وهي مدة تحاكي عملياً مدة عرض الثمرة في الأسواق، ثم حددت نسبة غاز CO_2 في كل وعاء بواقع سبع مرات بفاصل زمني قدره 24 ساعة بين القراءة والأخرى بدءاً من2009/9/2 حتى 2009/9/11.

الموعد الثاني T2: وبدأ بتاريخ 2009/9/16، بعد تخزين ثمار التجربة مدة أسبوعين في حرارة قدرها 10 م للمجموعة الأولى و3 م للمجموعة الثانية، إذ اختيرت الثمار بشكل متجانس في الوزن من كل معاملة، وقد وزعت بعد تحديد وزنها بدقة في الأوعية الزجاجية بحيث خصص 12 وعاء زجاجياً للثمار التي خزنت في حرارة 10 م بمعدل ثلاثة أوعية زجاجية لكل معاملة ومثلها للثمار التي خزنت في حرارة 3 م، (الشكل 1)، وقد قيس تركيز CO_2 في حرارة 20 م. وقد أخذت القراءات بشكل يومي الساعة الثامنة صباحاً خلال التجربة التي استمرت سبعة أيام وانتهت بتاريخ 2009/9/22؛ ثم كُررت التجربة السابقة بالطريقة نفسها على الثمار الأخرى بعد تخزينها في حرارة 3 م و10 م، وذلك بعد أربعة أسابيع (الموعد الثالث T3)، وستة أسابيع (الموعد الرابعT4)، وثمانية أسابيع (الموعد الخامس T5)، وعشرة أسابيع (الموعد السادس T6).

الشكل (1) يمثل الأوعية الزجاجية الخاصة بقياس غاز CO_2 وغاز C_2H_4

قياس تركيز غاز الإيثيلين: قيس بوساطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية Gas-Chromatograph Carlo Erba، الذي زود بالجهاز الملحق المكمل C-R3A CHROMATOPAC، وهو من إنتاج الشركة Shimadzu، بحيث أخذت عينات هوائية بوساطة إبرة طبية (Syringe) سعتها 1 مل من الأوعية الزجاجية التي خصصت لقياس تركيز غاز CO_2 بعد إحكام إغلاقها مدة 48 ساعة، ثم حقن هواء هذه الحقن المحمل بالإيثيلين في الجهاز Gas-Chromatograph Carlo Erba، حيث حدد معدل إنتاج الإيثيلين بالميكروليتر الذي ينتجه 1 كغ من الثمار في الساعة ($\mu L\ C_2H_4\ Kg^{-1}\ h^{-1}$).

وقد تم في الموعد الأول(قبل تخزين الثمار في حرارة منخفضة) البدء بقياس غاز الإيثيلين في الثمار بتاريخ 2000/9/2 ،حيث أُخذت القياسات بشكل دوري ثلاث مرات بمعدل مرة كل 48 ساعة، وفي الموعد الثاني بعد أسبوعين قيس غاز الإيثيلين في الثمار بعد تخزينها في حرارة 10 م و3 م ثلاث مرات أيضاً وذلك بتاريخ 9/18، 9/20 و9/22 /2009 على التوالي؛ وقد كررت هذه القياسات ثلاث مرات أيضاً على ثمار أخرى بالطريقة ذاتها بعد أربعة أسابيع للموعد الثالث، وستة أسابيع للموعد الرابع، وثمانية أسابيع للموعد الخامس وعشرة أسابيع للموعد السادس.

التحليل الإحصائي Statistical Analysis: تمت إدارة التجربة من خلال تصميم عشوائي كامل completely randomized design، حيث تحتوي التجربة أربع معاملات وخمس مدد تخزين في حرارة 3 م و10 م، وقد حلّلتْ نتائج التجارب باستخدام

البرنامج الإحصائي SPSS Statistics 17.0، وللتحقق هل هناك تأثير معنوي للعوامل السابقة في معدل إنتاج غاز CO_2 وكذلك غاز الإيثيلين في الثمرة، وأُجري الاختبار باستخدام تحليل التباين ثلاثي العوامل، كما حسب أقل فرق معنوي LSD عند مستوى (α=0.05) للمقارنة بين متوسطات القيم بالاعتماد على اختبار Games-Howell.

النتائج

عرض في الجدول (1) معدل تنفس الثمار في الأيام السبعة الأولى بعد الانتهاء من مراحل تخزينها، إذ يلاحظ بعد مضي 24 ساعة على إعادة تخزينها في 20 م زيادة معدل التنفس CO_2 بشكل معنوي في الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ بقيمة قدرها 9.3 مل CO_2 /كغ/ساعة على باقي المعاملات، كما تفوق معدل التنفس بشكل معنوي في الثمار غير المعاملة على الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP وبالمركب $CaCl_2$+1-MCP، وفي اليوم الثاني انخفض معدل التنفس في المعاملات كلّها، وقد زاد معدل التنفس في ثمار الشاهد وكذلك في الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ على باقي المعاملات، وفي اليوم الثالث استمرت تلك الزيادة، وفي اليوم الرابع انخفض بشكل عام معدل التنفس ولكنه بقي مرتفعاً بشكل معنوي في الثمار غير المعاملة وكذلك في الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$، وفي اليوم الخامس والسادس لوحظت النتائج نفسها، وفي اليوم السابع لوحظ انخفاض معنوي في معدل تنفس الثمار غير المعاملة وكذلك الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ في حين استقر معدل التنفس بقيمة قدرها 5 مل CO_2 /كغ/ساعة في الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP والمعاملة بالمركب $CaCl_2$+1-MCP. كما يلاحظ انخفاض معنوي من يوم إلى آخر في معدل تنفس الثمار التي خزنت في حرارة 3 م، إذ بلغ معدل تنفس الثمار في اليوم الأول 8.1 مل CO_2/كغ/ساعة، في حين بلغ ذلك المعدل 6.5 مل CO_2/كغ/ساعة في اليوم السابع؛ وقد بلغ معدل التنفس 7.4 مل CO_2 /كغ/ساعة في اليوم الأول في الثمار التي خزنت في حرارة 10 م، ثم انخفض بشكل قليل وغير ثابت في باقي الأيام.

الجدول (1) تأثير المعاملات وحرارة المخزن في معدل تنفس ثمار التفاح خلال مدة خزنها سبعة أيام في درجة حرارة 20 مْ.

المعاملات وحرارة المخزن	كمية إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون $ml\ CO_2\ Kg^{-1}\ h^{-1}$ في الأيام السبعة						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	8.7	8.5	8.6	8.3	8.5	8.6	8.3
$CaCl_2$	9.3	8.6	8.7	8.5	8.6	8.7	8.4
1-MCP	6.6	5.5	5.3	5.1	5.1	5.1	5.0
$CaCl_2$+1-MCP	6.3	5.6	5.5	5.1	5.1	5.0	5.0
تخزين في 3 م	8.1	7.3	7.0	6.8	6.7	6.7	6.5
تخزين في 10 م	7.4	6.9	7.1	6.7	6.9	7.0	6.8

إذ إن أقل فرق معنوي(α =0.05) LSD بين حرارة المخزن(1.04) وبين المعاملات (0.15) وبين أيام التخزين السبعة (0.23)

وقد عرض في الجدول (2) معدل تنفس الثمار خلال مراحل تخزينها المختلفة بعلاقة مع درجة حرارة التخزين، إذ تلاحظ زيادة معدل تنفس الثمار بدءاً من الأسبوع الرابع بشكل معنوي حتى الأسبوع الثامن في الثمار التي خزنت في 3 م، واستمرت هذه الزيادة حتى الأسبوع العاشر في الثمار التي خزنت في 10 م، حيث بلغت هذه الزيادة ذروتها بمعدل قدره 8 مل CO_2 /كغ/ساعة. وبشكل عام لم تلاحظ فروق معنوية بين معدل تنفس الثمار التي خزنت في حرارة 3 م والتي خزنت في حرارة 10 م.

الجدول (2) تأثير درجة حرارة المخزن ومدة التخزين في معدل تنفس ثمار التفاح.

مدة التخزين	كمية إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون $ml\ CO_2\ Kg^{-1}\ h^{-1}$		الخطأ المعياري
	تخزين في حرارة 3 م	تخزين في حرارة 10 م	
أسبوعان	6.7	6.2	0.03
أربعة أسابيع	6.0	5.7	0.06
ستة أسابيع	7.0	7.0	0.08
ثمانية أسابيع	7.8	7.9	0.06
عشرة أسابيع	7.5	8.0	0.06
المتوسط	7.00	6.96	0.06

إذ إن أقل فرق معنوي($\alpha = 0.05$) LSD بين مدة التخزين(0.18) و بين حرارة المخزن (0.08)

وفي الجدول (3) عرض معدل تنفس ثمار التفاح في علاقة مع المعاملات ومراحل التخزين المختلفة، إذ تلاحظ زيادة معنوية في قيمة معدل تنفس الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ على المعاملات جميعها، كما زادت بشكل معنوي قيمة معدل تنفس الثمار غير المعاملة على الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP أو بالمركب $CaCl_2$+1-MCP.

الجدول (3) تأثير مدة تخزين الثمار والمعاملات المختلفة في معدل تنفسها خلال مدة خزنها سبعة أيام في حرارة 20 م°.

مدة التخزين	كمية إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون في الأيام السبعة $ml\ CO_2\ Kg^{-1}\ h^{-1}$				الخطأ المعياري	المتوسط
	شاهد	$CaCl_2$	1-MCP	$CaCl_2$+1-MCP		
قبل التخزين	**4.3**	**4.3**	**4.8**	**4.5**	**-**	**4.48**
أسبوعان	8.1	8.7	4.4	4.5	0.09	**6.43**
أربعة أسابيع	7.3	7.8	4.1	4.3	0.11	**5.88**
ستة أسابيع	8.5	9.0	5.4	5.1	0.08	**7.00**
ثمانية أسابيع	9.4	9.3	6.5	6.1	0.09	**7.83**
عشرة أسابيع	9.1	8.8	6.5	6.8	0.08	**7.18**
المتوسط بعد التخزين	**8.5**	**8.7**	**5.4**	**5.4**	**0.04**	

إذ إن أقل فرق معنوي($\alpha = 0.05$) LSD بين مدة التخزين(0.18) و بين المعاملات (0.15) $ml\ Co_2Kg^{-1}\ h^{-1}$.

وتلاحظ زيادة معدل التنفس مع الاستمرار في مراحل تخزين الثمار حتى الأسبوع الثامن، إذ بلغ معدل التنفس ذروته بقيمة قدرها 7.83 مل CO_2 /كغ/ساعة، ثم تراجع هذا المعدل بشكل معنوي في الأسبوع العاشر مسجلاً قيمة قدرها 7.18 مل CO_2 /كغ/ساعة مقارنة بالأسبوع الثامن.

ويتبين من الجدول (4) أن هناك تأثيراً معنوياً لمعاملات الثمار في معدل إنتاجها من الإيثيلين، إذ بلغ معدل إنتاج الإيثيلين بعد تخزين الثمار في 3 م قيمة قدرها 0.8/ $\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$ في الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP و1.3/ $\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$ في الثمار المعاملة بالمركب $CaCl_2$+1-MCP، وقد انخفض ذلك المعدل بشكل معنوي مقارنة بالثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ 44.4/ $\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$ أو الثمار غير المعاملة 45.9/ $\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$، كما لوحظ الأثر نفسه في الثمار التي خزنت في 10م.

الجدول (4) تأثير معاملات ثمار التفاح وتخزينها في درجة حرارة 3 م أو 10 م وفي فترة تخزين مختلفة في معدل إنتاجها من الإيثيلين $\mu L\ C_2H_4\ Kg^{-1}\ h^{-1}$.

مدة التخزين وحرارة المخزن	**المعاملات المختلفة**			
	شاهد	**$CaCl_2$**	**1-MCP**	**$CaCl_2$+1-MCP**
قبل التخزين	2.3	-	-	-
أسبوعان	27.3	23.7	0.1	0.2
أربعة أسابيع	41.3	40.4	0.4	0.5
ستة أسابيع	51.7	47.7	4.4	4.0
ثمانية أسابيع	59.7	61.1	14.3	15.4
عشرة أسابيع	65.7	62.0	23.4	29.0
تخزين في 3 م	45.9a	44.4a	0.8c	1.3c
تخزين في 10 م	53.0a	50.2a	16.2b	18.4b

إذ إن أقل فرق معنوي(α =0.05) LSD بين المعاملات (1.98) ومدة التخزين(2.36) وبين حرارة التخزين (1.04).

ويتبين أن هناك زيادة معنوية في معدل إنتاج الثمرة من الإيثيلين في الثمار التي خزنت في حرارة قدرها 10 م مقارنة بالثمار التي خزنت في 3 م؛ كما تلاحظ بشكل عام زيادة معنوية في معدل إنتاج الثمرة من الإيثيلين كلما طالت مدة تخزينها؛ وقد بلغ معدل إنتاج الإيثيلين 2.3 في الثمرة قبل تخزينها، وارتفع ذلك المعدل إلى 65.7 /$\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$ في ثمار الشاهد بعد عشرة أسابيع من التخزين، في حين لم يتجاوز هذا المعدل 23.4 في الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP أو 29.0/ $\mu l\ C_2H_4Kg^{-1}\ h^{-1}$ في الثمار المعاملة بالمركب $CaCl_2$+1-MCP.

الجدول (5) تأثير مدة التخزين في معدل إنتاج ثمار التفاح من الإيثيلين $\mu L\ C_2H_4\ Kg^{-1}\ h^{-1}$ وذلك أثناء خزنها في حرارة 20 م° .

المعاملات وحرارة المخزن	**أيام القياس**			**الخطأ المعياري**
	1	**3**	**5**	
قبل التخزين	3.2	-	1.4	0.46
أسبوعان	9.3	15.0	14.1	0.85
أربعة أسابيع	11.9	22.0	35.5	0.81
ستة أسابيع	23.3	27.2	30.5	1.19
ثمانية أسابيع	29.0	38.5	45.4	1.22
عشرة أسابيع	36.7	54.7	43.6	0.94

إذ إن أقل فرق معنوي(α =0.05) LSD بين مدة التخزين(2.36) وبين أيام التخزين (1.56).

ويتبين من الجدول (5) أن معدل إنتاج الإيثيلين يزداد بشكل معنوي في اليوم الثالث مقارنة باليوم الأول من التخزين اللاحق في 20 م في مراحل التخزين المختلفة جميعها، كما تلاحظ زيادة معنوية في معدل إنتاج غاز الإيثيلين في اليوم الخامس مقارنة باليوم الثالث في الأسابيع الثمانية الأولى من التخزين .

المناقشة

تأثير الكالسيوم والمركب 1-Methycyclopropene في عملية تنفس ثمار التفاح:

تُهدم في عملية التنفس المركبات العضوية في الثمرة ولاسيما السكر، والحموض العضوية، والفيتامينات والمركبات المسؤولة عن النكهة، حيث تتحول إلى CO_2 وماء، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض القيمة الغذائية الفيزيولوجية للثمرة فضلاً عن تدني طعمها.

ويتم هدم الحموض العضوية في ثمرة التفاح في بداية مراحل التخزين، إذ تنخفض نسبة هذه الحموض إلى النصف أو أكثر من ذلك حسب طول مدة التخزين، ثم تُهدم في المرحلة اللاحقة الكربوهيدرات؛ ويتعلق معدل التنفس بدرجة الحرارة بشكل كبير، حيث ينخفض معدل التنفس كثيراً إذا انخفضت درجة الحرارة عن 10 م، فيما يرتفع معدل التنفس في حال إصابة الثمار بالعفن أو الكدمات، وانطلاقاً من ذلك فإن سلامة الثمرة شرط أساسي لتخزين ناجح حسب (Streif, 2002).

ويعد قياس معدل التنفس مهماً جداً ،لأنه يعطي فكرة عن نشاط عمليات الاستقلاب في أنسجة النبات، و يرتبط معدل التنفس على نحو وثيق بمستوى نشاط عمليات الاستقلاب في الخلية، لأن الطاقة الناتجة عن عملية التنفس تنشط حدوث جميع التفاعلات الحيوية في الخلية، وإن قياس معدل التنفس يعطي فكرة بسيطة بناءة عن الحالة الاستقلابية والفيزولوجية في الأنسجة، وله أهمية خاصة في مرحلة ما بعد الجني، حيث تحدث في أثناء مراحل الشيخوخة والنضج تغيرات حادة في سلوك التنفس، ولهذا السبب يهتم علماء فيزيولوجيا ما بعد الجني كثيراً في قياس معدل التنفس.

وفي دراستنا لمعدل التنفس الثمار في الأيام السبعة الأولى بعد الانتهاء من مراحل تخزينها في حرارة 3 م أو 10 م وإعادة تخزينها في حرارة قدرها 20 م، لاحظنا بعد مضي 24 ساعة تفوق معدل التنفس بشكل معنوي في الثمار المعاملة بمحلول $CaCl_2$ على باقي المعاملات، كما تفوق معدل التنفس بشكل معنوي في الثمار غير المعاملة على الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP أو بالمركب 1-MCP +$CaCl_2$، وهذا يعني أن معاملة الثمار بالمركب 1-MCP تثبط عملية التنفس وتحد من إنتاج CO_2، وتتفق هذه النتائج مع نتائج Lippert (2006) الذي لاحظ انخفاضاً شديداً في حدة التنفس ثمار صنف التفاح Berlepsch وصلت إلى 60% في الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP مقارنة بالشاهد.

وقد لاحظنا انخفاضاً تدريجياً في معدل التنفس من يوم إلى آخر خلال التخزين اللاحق الذي استمر سبعة أيام، ومع كل هذا بقي معدل التنفس منخفضاً في الثمار التي عوملت بالمركب 1-MCP وبالمركب $CaCl_2$+1-MCP مقارنة بالثمار المعاملة بكلوريد الكالسيوم أو الثمار غير المعاملة (جدول 1)، الأمر الذي يؤكد فعالية المعاملة بالمركب 1-MCP وحده أو مقترناً بكلوريد الكالسيوم في تخفيض عملية التنفس، إذ يقود مثل هذا الإجراء إلى إطالة المدة التخزينية للثمرة.

كما تلاحظ زيادة معدل التنفس مع الاستمرار في تخزين الثمار حتى الأسبوع الثامن، وهذا يعني أن الثمرة قد وصلت إلى ذروة نضجها، ثم يبدأ تراجع معدل تنفسها بعد ذلك، وتقود هذه النتيجة إلى أن معدل التنفس يمكن أن يعطي فكرة جيدة عن حالة نضج الثمرة؛ وتتعلق إمكانية حفظ الثمرة بمعدل شدة التنفس، فكلما كانت شدة التنفس منخفضة زادت إمكانية خزنها مدة أطول.

تأثير الكالسيوم والمركب 1-Methycyclopropene في تكوين الإيثيلين في ثمار التفاح:

عرف غاز الإيثيلين كمنظم للنمو منذ أكثر من قرن من الزمان، ويمتلك معظم الأنسجة النباتية القدرة على إنتاجه بكميات قليلة. وتزداد عملية إنتاجه ازدياداً كبيراً خلال حوادث التطور المتعددة مثل عملية الإنتاش وشيخوخة الأوراق والأزهار ونضج الثمار؛ كما تؤثر عمليات إجهاد النبات في مراحل تكوينه (Schaller and Kieber, 2002).

ويتم تكوين الإيثيلين بدءاً من الحمض الأميني methionine عبر المركب S-adenosyl-L-methionine الذي يختصر بالرمز (Ado Met) والمركب 1-amino-cyclopropane-1-carboxylate الذي يختصر بالرمز (Acc)؛ وإن تحول المركب (Ado Met) إلى الشكل (Acc) بوساطة الأنزيم Acc-oxidase يمثل الخطوة الأولى نحو بناء الإيثيلين؛ وقد تم تطوير مركبين يعملان على تثبيط تكوين الإيثيلين ووظيفته، الأول هو AVG، ويقوم بتثبيط عملية تمثيل المركب (Acc)، والثاني هو 1-MCP ويقوم بمنع ارتباط الإيثيلين بمستقبلاته في الخلية (Tsuchisaka & Theologis, 2004).

وتم تطوير مركبات إعاقة مستقبلات الإيثيلين بهدف حماية النباتات من أثار الإيثيلين وإطالة حياة بعض أجزائها، ومنها المركب 1-MCP الذي يوجد تحت أسماء تجارية مثل EthylBloc® and SmartFresh™، ويستخدم حالياً في نباتات الزينة والفاكهة والخضار، إذ يقوم بالحد من شيخوختها وتساقط أعضائها، كما يؤخر عمليات نضجها (Sisler and Serek, 2003).

ويقوم المركب SmartFresh بتثبيط تأثير الإيثيلين،الذي تنتجه الثمرة بشكل طبيعي، ثم يتحرر بعد ذلك، ويعد الإيثيلين مسؤولاً عن حدوث عمليات النضج في الثمرة، إذ يرتبط بمستقبلات الإيثيلين في أغلفة الخلايا فيبدأ نضج الثمرة (Informationsmappe, 2009).

ومن جهة أخرى فإن غمر ثمار التفاح بمحلول مخفف من كلوريد الكالسيوم يساعد في الحفاظ عليها مدة أطول بحالة حسنة، إذ يحافظ الكالسيوم على بنية جدر الخلايا في الثمار من خلال ارتباطه بالمواد البكتينية بصورة بكتات الكالسيوم calcium pectate، الأمر الذي يساعد على تماسك عناصر هذه الجدر (Dong *et al.*, 2000)، إذ يسمح الكالسيوم بزيادة ضغط الانتفاخ في الخلية ويثبت غشاءها (Hernandez-Munoz *et al*., 2006)، كما يستطيع تنشيط الأنزيم pectinmethylesterase (Silva *et al*., 2006; Yildiz and Baysal, 2006)، الذي يسهم في تحرير الأحماض الكربوكسيلية، التي تتفاعل مع الكالسيوم مشكلة شبكة جزيئية معقدة تسهم في تحسين صلابة الثمرة (Degraeve *et al*., 2003; Sila *et al* ., 2004).

وقد تبين من نتائج هذا البحث أن معاملة الثمار بالمركب 1-MCP منفرداً أو مقترناً بمحلول كلوريد الكالسيوم تثبط إنتاج الإيثيلين بشكل معنوي مقارنة بالثمار المعاملة بمحلول كلوريد الكالسيوم أو غير المعاملة وذلك في الثمار التي خُزنت في 3 م، وكذلك في الثمار التي خُزنت في 10 م، وقد توصل سابقاً Rupasinghe ورفاقه (2000) وWatkins ورفاقه (2000) إلى نتيجة مفادها أن معاملة ثمار التفاح بالمركب 1-MCP تثبط إنتاج الإيثيلين في الثمرة في أثناء التخزين؛ إذ ويقوم المركب 1-MCP بتثبيط عمل الإيثيلين من خلال منع إنتاج مستقبلات جديدة للإيثيلين (Sisler *et al*., 1996).

ولم تلاحظ فروق معنوية في إنتاج الإيثيلين بين الثمار المعاملة بكلوريد الكالسيوم وغير المعاملة، رغم أن Luan ورفاقه (2002) أكدوا أن معاملة الثمار بمحلول كلوريد الكالسيوم تحد من إنتاج الإيثيلين في الثمرة.

كما تبين أن درجة حرارة المخزن تؤثر بشكل معنوي في إنتاج الإيثيلين في الثمرة، إذ يمكن الحد من إنتاجه حين تخزين الثمار في 3 م بشكل أكثر فعالية مقارنة بتخزينها في 10 م، وكما تلاحظ بشكل عام زيادة معنوية في معدل إنتاج الثمرة من الإيثيلين كلما طالت مدة تخزينها ولاسيما ثمار الشاهد تلتها الثمار المعاملة بكلوريد الكالسيوم، ثم الثمار المعاملة بالمركب $CaCl_2$+1-MCP، ثم الثمار المعاملة بالمركب 1-MCP. وتبين أن معدل إنتاج الإيثيلين يزداد من يوم إلى آخر في أثناء مراحل التخزين اللاحق، الأمر الذي يشير إلى تسارع حدوث عمليات نضج الثمرة.

التوصيات

ينصح بمعاملة ثمار تفاح الصنف ‘Cox Orange’ قبل الشروع بتخزينها بالمركب 1-MCP أو 1-MCP+$CaCl_2$ للحد من معدل تنفسها وإنتاجها غاز الإيثيلين، إذ يقود هذا الإجراء إلى إطالة مدة تخزينها، كما ينصح بتخزين هذه الثمار في حرارة 3 م للحد من إنتاجها لغاز الإيثيلين.

REFERENCES المراجع

Biale, J. B. and Young, R. E. (1981). Respiration and ripening in fruits-retrospect, in Recent Advances I the Biochemistry of Fruit and Vegetables (eds J. Friend and M. J. C. Rhodes) , Academic Press, London, PP. 1-39.

Brady, C, J. (1987). Fruit ripening. Annual Reviews of Plant Physiology, 38, 155-178.

Copper, T., and Bangerthm F. (1976). The effect of Ca and Mg treatments on the physiology, chemical composition and bitter pit development of, Cox Orange, apple. Hort. Sci. 5:49-57.

Degraeve, P., Saurel, R. and Coutel, Y. (2003). Vacuum impregnation with pectinmethyesterase to improve firmness of pasteurized fruits. J. Food Sci, 68, 716-721.

Dong, L., Lurie, S. and Zhou, H. W. (2002). Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of, Canino, apricots and, Royal Zee, plums. Postharvest Biol. Technol. 24:135-145.

Fan, X. T. and Mattheis, J. P. (1999). Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. J. Agric. Food Chem.47:3063-3068.

Fischer, M. (1995). Farbatlas Obstsorten, Eugen Ulmer GmbH& Co. Wollgrasweg 41,70599 Stuttgart (Hohenheim).

Friedrich, G. und M. Fischer. (2000). Physiologische Grundlagen des Obstbaus. Eugen Ulmer Verlag ,Stuttgart, 3.Auflage.

Goldschmidt, E. E., Hubermann, M. and Goren, R. (1993). Probing of endogenous ethylene in the degreening of citrus fruit with ethylene antagonists. Plant Growth Regulation, 12, 325-329.

Golding, J., Shearer, D., Wyllie, S. and McGlasson, W. (1998). Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene –dependent ripening processes in mature banana fruit. Postharvest Biology and Technology, 14, 87-98.

Hernandez-Munoz, P., Almenarm E., Ocio, M. and Gavara, R. 2006 Effect of calcium dips and chitosan coatings on postvarvest life of strawberries. Postharvest Biol. Technol. 39, 247-253.

Jiang, Y., and Fu, J. (2000). Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects. Plant Growth Regulation, 30, 193-200.

Informationsmappe. (2009). SmartFresh Qualitätssystem, Deutschland, www.smartfresh.com.

Kays, S. J. (1997). Postharvest physiology of Perishable Plant Products, Exon Press, Athens, Georgia.

Knee, M. (2002). Fruit Quality and Biological Basis, Published by Sheffield Academic Press Ltd Mansion House, 19 Kingfield Road Sheffield S11 9AS, UK. ISBN 1-84127-230-2

Lippert. (2006). 1-MCP verlängert die Lagerfähigkeit und vermindert Schalenbräune. Erwerbs-Obstbau, Springer Berlin/Heidelberg Verlag: Volumen 48, Number3, Seiten 69-77.

Luan, S., Kudla, J., Rodrigues, M., and Yalovsky. (2002). Calmodulins and calcineurin B-like proteins: Calcium sensors for specific signal response coupling in plants .The Plant Cell.14 (Supplement) :S389-S400

Mullins, E.; McCollum, T. and McDonald, R. (2000). Consequences on ethylene metabolism of inactivating the ethylene receptor sites in diseased non – climacteric fruit. Postharvest Biology and Technology, 19, 155-164.

Rupasinghe, H. P. V., Murr, D. P., Paliyath, G. and Skog, L. (2000). Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in, McIntosh and Delicious apple. J. Hort. Sci. Biotech. 75:271-276.

Saltveit, M. E. (1999). Effect of ethylene on Quality of fresh fruits and vegetables .Postharvest Biology and Technology.

Schaller, G. E. and Kieber, J. J. (2002). Ethylene .In: C. R. Somerville and E.M. Meyerowitz (eds.), The Arabidopsis Book, Amer. Sos. Of Plant Biologists, New York.

Siddiqui, S., and Bangerth, F. (1995). Effect of pre-harvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apple – influence of fruit size. J. Hort. Sci. 70:263-269.

Sila, D., Smout, C., Vu, T. and Hendrickx, M. (2004). Effects of high –pressure pretreatment and calcium soaking on the texture degradation kinetics of carrots during thermal processing. J. Food Sci. 69, 205-211.

Silva, K., Tadiotti, A., and Baldochi, D. 2006. Partial purification, heat stability and kinetic characterization of the pectinmethylesterase from Brazilian guava, paluma cultivars. Food Chem. 94, 565 -572.

Sisler, E., Serek, M. and Dupille, E. (1996). Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene and 3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plant, Plant Growth Regulation, 18. 169-174.

Sisler, E. C. and Serek, M. (2003). Compounds Interacting with the Ethylene Receptor in Plants. Plant biol (Stuttg) 2003; 5: 473-480.

Solomos, T. (1988) Respiration in senescing plant organs, Academic Press, San Diego, pp.111-145.

Streif. (1991). Hinweise zur Lagerung von Äpfeln . Obst und Garten 11,Verlag Eugen Ulmer Postfach 700561 7000 Stuttgart70 ,Seite 541-542.

Streif, J. (2002). Ernte, Lagerung,Sortierung und Verpackung. In (Link, H.) Lucas, Anleitung zum Obstbau .Eugen Ulmer Verlag ,Stuttgart, 32. Auflage.

Thompson, J. F., Brecht, P. E., Hinsch, T. and Kader, A. A. (2000). Marine Container of Chilled Perishable Produce, University of California Agriculture and Natural Resources Publication 21595.

Tsuchisaka, A. and Theologis, A. (2004). Unique and overlapping expression patterns among the Arabidopsis 1-amino-cyclopropane-1- carboxylate and synthase gene family members. Plant Physiol. 136:2982-3000.

Watkins, C., Nock, J. and Whitaker, B. 2000.Response of early, mid and late season apple to postharvest application of 1-MCP under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest Biol. Technol.19:17-32.

Yildiz, H., and Baysal, T. (2006). Effect of alternative current heating treatment on, *Aspergillus niger*, pectin methylesterase and pectin content in tomato. J. Food Eng. 75, 327-332.

Yuen, C. M., Tridjaja, N.O., and Wills R. (1995). Chilling injury development of „Tahitian„ lime„ Emperor„ mandarin„ Marsh„ grapefruit and „Valencia„ orange. Journal of the Science of Food and Agriculture, 67, 335-339.

Received	**2010/05/02**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2010/09/27**	**قبول البحث للنشر**