كفاءة الهواء المعدل عند نسب مختلفة من ثاني أكسيد الكربون ودرجات الحرارة المنخفضة في حفظ ثمار محصولي التين (*Ficus carica* L.) المبكر (البيثر) والرئيسي

محمد أبوصاع فنير، خالد مسعود أبوبكر المولف
قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

المستخلص

تناولت الدراسة تأثير الهواء المعدل بنسب مختلفة من ثاني أكسيد الكربون على طول فترة الحفظ وخصائص الجودة لثمار محصولي التين المبكر(البيثر) والرئيسي في موسم2015م، استخدمت تركيبات هوائية تكونت من 5، 10 و15% ثاني أكسيد الكربون كل مع 5% أكسجين إضافة إلى معاملة للهواء العادي كشاهد، وحُفظت العينات عند درجتي حرارة 0 و 5°م. قِيست خصائص الجودة عند القطف والمتمثلةً في المواد الصلبة الذائبة الكلية، وصلابة الثمار ولونها الخارجي والمعبر عنه بالخصائص اللونية (L, a ,b)، وكُرر القياس بعد أسبوع وثلاثة أسابيع من الحفظ، كما قُدرت نسبة الفقد في الوزن. أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً لدرجة الحرارة على فترة الحفظ، حيث زادت عند 0°م لما بين 3 و 5 أيام لجميع معاملات الهواء المعدل، أما تركيبات الهواء المعدل ذاتها فقد كان تأثيرها معنوياً على فترة الحفظ، حيث استمرت لثلاثة أسابيع مقارنة بمعاملة الهواء العادي والتي كانت أسبوعاً واحداً. عند المقارنة بين معاملات الهواء المعدل، كانت الأفضلية لمعاملة 5% ثاني أكسيد الكربون ودرجة حرارة 0°م، حيث أدت المعاملة إلى إطالة فترة الحفظ إلى 21 و18 يوماً للمحصول المبكر والرئيسي، على التوالي. مقارنة بين المحصولين، أظهرت ثمار البيثر فقداً للوزن أقل من المحصول الرئيسي لجميع معاملات الهواء المعدل، كما سُجل انخفاضاً معنوياً للمواد الصلبة الذائبة الكلية والصلابة بمرور الزمن للمحصولين مقارنة بتلك المقاسة عند القطف، ولم تسجل فروق معنوية لهما بين معاملات الهواء المعدل الثلاثة. أما خصائص اللون (L،a،b) فلم تُسجل اختلافات معنوية نتيجة لمعاملات الهواء المعدل فيما بينها. أثرت معاملات الهواء المعدل معنوياً على خاصيتي كثافة اللون (Chroma) ومؤشر اللون البني ((Browning Index (Bi)، حيث احتفظت الثمار بخصائصها اللونية للمحصولين طول فترة الحفظ. خلُصت الدراسة إلى أن ثمار التين الطازج يمكن حفظها بكفاءة في ظروف الهواء المعدل عند 5% ثاني أكسيد الكربون ومثلها من الأكسجين، ويمكن استخدام هذه التركيبة بكفاءة في مغلفات وعبوات ثمار التين الطازج أثناء الحفظ والتداول والتسويق.

الكلمات الدالة: التين، الهواء المعدل، ثاني أكسيد الكربون، القدرة التخزينية.

المقدمة

شجرة التين (*Ficus carica* L.) من الأشجار متساقطة الأوراق تنتمي إلى الجنس Ficus وتتبع العائلة التوتية Moraceae، يسود الاعتقاد أن غرب آسيا هي الموطن الأصلي لها، ومنها انتشرت زراعتها في حوض البحر الأبيض المتوسط، ثم نُقلت إلى مناطق كثيرة من العالم (الدحلة،2014). لثمار التين أهمية غذائية كبيرة، نظراً لاحتوائها على نسب عالية من السكريات والفيتامينات والمعادن والألياف (Pereira *et al.,* 2017)، كما لها أهمية صحية أيضاً، حيث أثبتت عديد الدراسات فوائدها كغذاء علاجي للعديد من الأمراض (Stover

للاتصال: محمد أبوصاع فنير: قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا.
هاتف: 0621-419-92-219+ البريد الالكتروني: m.fennir@uot.edu.ly

استلمت بتاريخ: 2021/5/2 أجيزت بتاريخ: 2021/10/03

(and Aradhya, 2007) . يعتبر محصول التين مصدر دخل هام لعدة دول، وتشير الإحصائيات الصادرة عن منظمة الغذاء والزراعة (FAO) لسنة (2019) إلى أن الإنتاج العالمي بلغ 1.31 مليون طن متري، تحتل تركيا المرتبة الأولى تليها مصر والجزائر وإيران والمغرب وسوريا. تُعد ليبيا من بين الدول المنتجة للتين وبكميات جيدة، ويقدر إنتاجها بحوالي 11 ألف طن متري (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2016). تنتشر زراعة أشجار التين في كافة أنحاء ليبيا، وتتركز زراعتها مرويةً في مناطق الساحل الغربي وبعليةً بالجبل الغربي. ثمار المحصول المبكر (Breba) والمعروف محلياً "البيثر" لا تحتاج الى تذكير لجميع الأصناف، تنضج الثمار بداية من منتصف شهر مايو ويستمر المحصول لعدة أسابيع، كمية محصول البيثر قليلة، كما أنه قليل السكريات وغير قابل للجفاف. المحصول الرئيس والمعروف محلياً "الكرموس"، غزير الإنتاج، وتحتاج ثمار بعض الأصناف إلى تلقيح (تذكير)، ونسبة السكريات فيه عالية، وقابل للتجفيف، ينضج بداية من شهر يونيو ويستمر المحصول لفترة أطول. هذا وتزرع أغلب الأصناف بالساحل لغرض الاستهلاك الطازج، بينما تتركز الزراعة لغرض التين الجاف بمناطق الجبل الغربي، ونظراً لاعتدال الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية وظروف الزراعة البعلية بمنطقة الجبل يكتمل نضج الثمار وتتساقط شبه جافة، يستكمل تجفيفها شمسياً وتستهلك جافةً. تتميز منطقة الجبل الغربي بدرجات حرارة معتدلة ورطوبة نسبية منخفضة عند نضج ثمار التين، ففي دراسة أجريت بمنطقة الجبل الغربي قِيست فيها درجات الحرارة والرطوبة النسبية طوال اليوم بداية من أغسطس حتى ديسمبر، سُجل فيها متوسط درجات حرارة النهار وكانت لأشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر 31.75، 31.30، 27.07 °م، ومتوسط درجات حرارة الليل وكانت 21.72، 21.16 و 18.01 °م، على التوالي، كما سُجل متوسط الرطوبة النسبية أثناء النهار وكانت 33.42، 35.61 و 44.15 وكانت أثناء الليل 59.4، 62.14 و 43.06، على التوالي (Fennir, 2014). درجات الحرارة تلك ومستويات الرطوبة النسبية المنخفضة تمكن من جفاف الثمار على الأشجار بدرجة كبيرة وتساقطها، كما تقلل من فرص التعفن. هذا وتشترط المواصفة الخاصة بالتين والصادرة عن لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوربا (UNECE STANDARD DDP-14) أن تكون الثمار مجففة كاملة ولا تزيد رطوبتها عن 26% (UNECE, 2016). تعتبر ثمار التين من الثمار الحساسة والقابلة للفساد بدرجة كبيرة، كما تتعرض سريعاً للتدهور الفسيولوجي (Ozkaya *et al.,* 2014)، أيضاً الثمار طرية ذات أنسجة لينة وعصارية، مما يجعلها عرضه للتلف السريع، ولحساسية قشرتها فأنها تتعرض للإصابات الميكانيكية أثناء الجني والتعبئة والنقل والمناولة والفرز والحفظ (Cakmak *et al.,* 2010)، الأمر الذي يجعل الفقد في الإنتاج كبيراً، عامة يقدر الفقد في الخضروات والفواكه بين المزرعة والمستهلك ما بين 30 و 40% (Peleg and Hinga, 1986). أيضاً، يعد تعرض المحصول لأشعة الشمس ودرجات الحرارة العالية وعدم الإسراع في إجراء عملية التبريد المبدئي عاملاً هاماً في زيادة الفاقد وتدهور جودة الثمار، هذا ويمكن تقليله باستخدام طرق التبريد بعد الجمع وأثناء النقل والتداول (اليتيم، 1991). يعد استمرار عمليات الثمار الحيوية بمعدلات عالية أيضاً عاملاً هاماً في زيادة الفقد في الوزن والقيمة الغذائية (Kays, 1997)، وللتقليل منه يمكن إجراء عديد المعاملات المكملة للتبريد، لعل من أهمها الهواء المعدل، والمتمثل في تغيير مكونات الهواء المحيط بالثمار برفع نسبة ثاني أكسيد الكربون عن 0.03% وخفض نسبة

الأكسجين عن 21%، مما يساعد على التقليل من معدل التنفس وإنتاج الإيثلين، والحفاظ على صفات الجودة وتأخير شيخوخة الثمار (D'Aquino *et al.*, 1997 ; Kader, 1992) . أستهدفت هذه الدراسة حفظ ثمار محصولي التين المبكر والمعروف محلياً البيثر والمحصول الرئيسي باستخدام الهواء المعدل، والتعرف على تأثير تركيبات هوائية مختلفة عند درجات حرارة منخفضة على طول فترة الحفظ، وعلى صفات الجودة الحسية التي لها علاقة بجودة المحصول.

المواد وطرائق البحث

المادة النباتية

استخدمت في الدراسة ثمار التين صنف (San Pedro) لمحصولي البيثر والرئيسي، جُمعت العينات من أشجار بالغة مزروعة تحت الظروف البعلية بمنطقة الجميل الواقعة على مسافة حوالي 110 كم غرب طرابلس. جُمعت العينات يدوياً في الصباح الباكر، وكانت عند درجة النضج المعروفة لثمار التين وفقاً للصلابة (متوسطة الصلابة) واللون (الأخضر المصفر)، ولتفادي الأضرار الميكانيكية فصلت الثمار باستخدام سكين. أثناء الجمع، وضعت العينات في صحون بلاستيكية، ثم نقلت إلى حوافظ معزولة حرارياً، وأجريت عملية التبريد المبدئي أثناء النقل باستخدام أكياس بلاستيكية مُلئت بالثلج المجروش ووضعت مع الثمار. عند وصولها للمعمل، فُرزت العينات واستُبعدت الثمار صغيرة الحجم والتي بها عيوب. وُزنت العينات بواقع 500 جرام لكل مكرر للبيثر، و300 جرام لكل مكرر للمحصول الرئيسي، وزعت العينات على الصحون عشوائياً، ثم على المعاملات الحرارية المحددة بمستويين للحرارة وثلاثة معاملات هوائية لتركيز ثاني أكسيد الكربون (5،10، و 15%) كل مع 5% أكسجين، إضافة إلى معاملة الهواء الجوي كشاهد وبواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة.

أوعية الحفظ

استُخدمت لحفظ العينات برطمانات زجاجية سعة 3 لتر مكعبة الشكل مزودة بغطاء بلاستيكي عليه سن لولبي (مقلوظ، threaded)، ثُبت على الغطاء صمامين كتلك المستخدمة في الإطارات المطاطية لغرض حقن الهواء وطرده لأجل تعديل مكوناته من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون داخل البرطمان، ولمنع تسرب الهواء استخدمت حلقات مطاطية بين البرطمان وغطاءه. وأجريَ اختبار إحكام الإغلاق بضغطها بالهواء بمقدار (0.4 بار) وغمرها في الماء كاختبار لكشف أي تسرب للهواء.

قياس مكونات الهواء المعدل

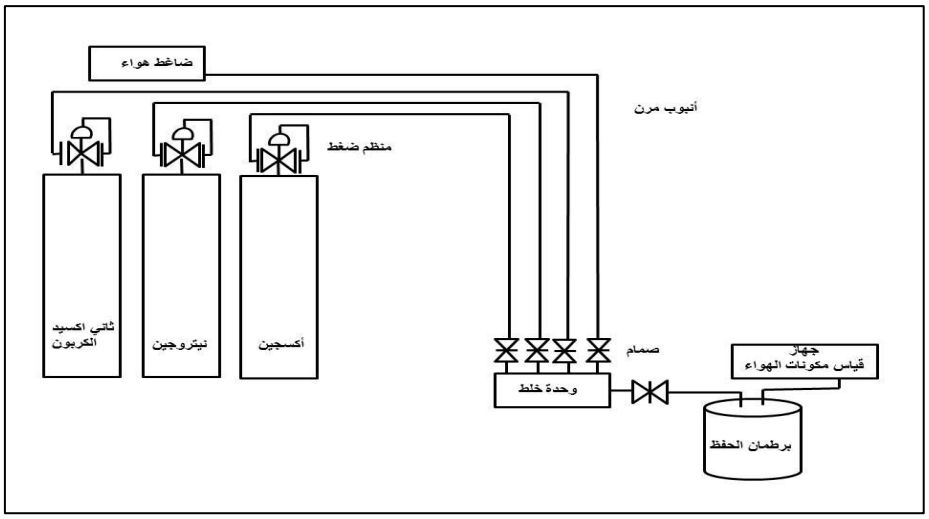
لقياس مكونات الهواء داخل أوعية الحفظ وتعديل مكونات الهواء من أكسجين وثاني أكسيد الكربون استُخدمت ذات الطريقة الواردة في (Fennir *et al.*, 2017) . يبين شكل (1) منظومة الحقن وجهاز تحليل مكونات الهواء. استُخدم لحفظ العينات غرفتا تبريد سعة كل منها 8 م^3، كل منها مزودة بمنظومة تبريد ميكانيكي ولوحة تحكم في درجات الحرارة، ضُبطت إحداهما على 0°م والأخرى على 5°م.

تقدير فقد الوزن

قُدر المحتوى الرطوبي (فقد الوزن) للعينات على أساس الوزن الرطب، استخدم لوزن العينات ميزان حساس، وزنت العينات في بداية التجربة بواقع 500 جم للبيثر، و 300 جم للمحصول الرئيسي. أعيد وزن العينات عند نهاية التجربة وقُدر فقد الوزن كنسبة مئوية (Fennir *et al.*, 2017).

المواد الصلبة الذائبة الكلية

قيست المواد الصلبة الذائبة الكلية للثمار معبراً عنها بدرجة Brix (Bx) باستخدام الطريقة الموضحة من قبل (Fennir *et al.* 2017) باستخدام جهاز قياس انكسار الضوء الرقمي المحمول (Model PAL-α, ATAGO Co, Ltd, Tokyo, Japan). أجريت عملية القياس في بداية التجربة أعيد القياس بعد أسبوع وثلاثة أسابيع.



شكل 1. منظومة الحقن والقياس

صلابة الثمار

قيست صلابة الثمار بالطريقة الموضحة من قبل Fennir *et al.,* (2017)، مراعاةً لخصائص ثمار التين اللينة، استخدم قضيب اختراق بقطر (11.1 ملم)، وضُغطت العينة ضد راحة اليد، وسجلت القراءة عند اختراق قشرة الثمرة، أجري الاختبار في بداية التجربة وأعيد بعد أسبوع وثلاثة أسابيع.

تقييم اللون

قيس اللون الخارجي للثمار باستخدام جهاز قياس اللون (Minolta CR 400, Minolta Corp., New Jersey, USA) لتحديد خصائص اللون الأساسية (L, a, b). عند القياس، رُكزت عدسة الجهاز ملامسة للثمرة بين قاعدتها وعنقها، وسُجلت قيم الانعكاس الضوئي الثلاثة، (L) معبرةً عن درجة سطوع اللون، بين الأبيض (100+) والأسود (0)، و (a) معبرةً على التدريج بين اللونين الأحمر(+100) والأخضر(-100)، و (b) معبرةً على التدرج بين اللونين الأصفر(+100) والأزرق (-100). استخدمت القيمة اللونية L، a، b في حساب زاوية درجة اللون (Hue) ودرجة صفاء اللون (Chroma) باستخدام المعادلات التالية والتي استخدمت من قبل (Wrolstad and Smith, 2010) في حساب تغير لون العينة عن اللون الأصلي وفقًا لما أورده (Saricoban and Yilmaz, 2010; Mohammadi, *et al.,* 2008) . كما حُسب مؤشر تغير اللون البني (Browning index (B.I)) وفقاً للعلاقات المستخدمة من قبل (Lopez-Malo *et al.* 1998) ، يمثل التغير في درجة اللون البني مؤشراً هاماً لتغير لون الثمار.

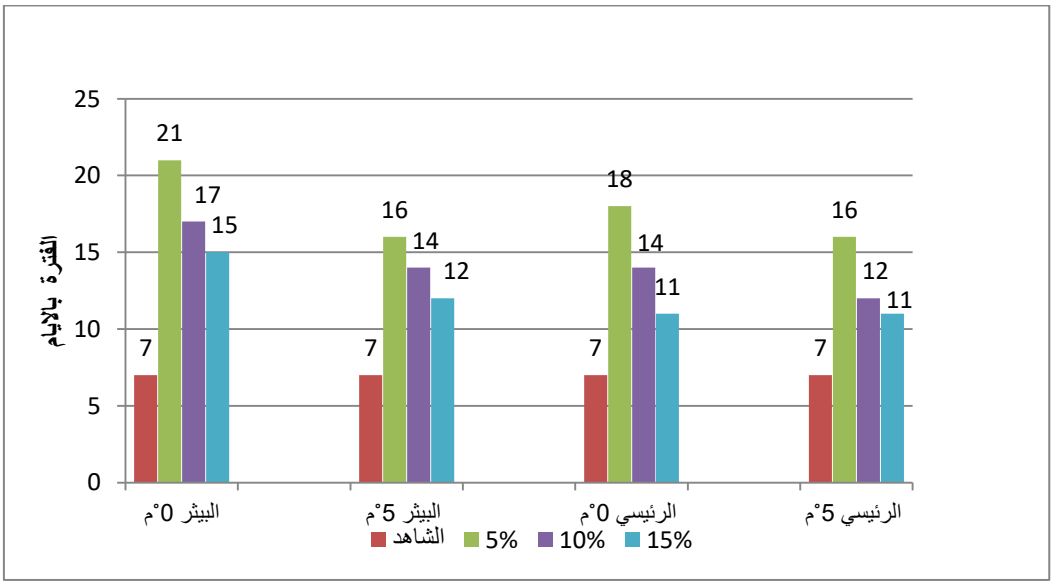
التحليل الاحصائي

صُممت التجربة بنظام القطاعات العشوائية الكاملة (CRBD) وكانت العوامل الرئيسية: (1) نوع المحصول (البيثر والرئيسي)، (2) الهواء المعدل عند نسب ثاني أكسيد الكربون (5، 10 و15 %) كل منها مع 5 % أكسجين والهواء العادي كشاهد، و (3) درجة الحرارة عند 0 و 5°م، وبثلاث مكررات لكل منها. أخذت قياسات العوامل التابعة وهي: (1) فقد الوزن، و(2) طول فترة الحفظ، و(3) صلابة الثمار، و(4) المواد الصلبة الذائبة الكلية، و(5) خصائص لون قشرة الثمار المتمثلة في القيم L، a و b ، و b عند القطف وكررت بنهاية الأسبوع الأول والثالث. أجريَ تحليل التباين باستخدام برنامج GenStat، إصدار VSN 19.1، وقورنت المتوسطات بواسطة اختبار (LSD) عند مستوي معنوية ($P<0.05$)، اتباعاً للطريقة الإحصائية الواردة في (Gomez and Gomez, 1984).

النتائج والمناقشة

تأثير درجة الحرارة والهواء المعدل على فترة حفظ الثمار

يوضح شكل (2) تأثير الهواء المعدل عند نسب ثاني أكسيد الكربون (5، و10، و 15%) مقارنة بالهواء العادي (الشاهد) عند درجتي الحرارة (0 و 5°م) على طول فترة حفظ ثمار محصولي البيثر والرئيسي. كان تأثير درجة الحرارة واضحاً حيث أدت درجة الحرارة 0°م إلى زيادة فترة الحفظ لجميع معاملات الهواء المعدل مقارنة بمعاملة الهواء العادي. أما تأثير الهواء المعدل فقد كان لنسبة ثاني أكسيد الكربون - أيضاً- تأثيراً معنوياً على طول فترة الحفظ، وسُجلت أطول فترة حفظ لمعاملة 5 % ثاني أكسيد الكربون ودرجة حرارة 0°م، حيث كانت 21 و18 يوماً للمحصول المبكر والرئيسي على التوالي، بينما سجلت أقل فترة حفظ لمعاملة الشاهد عند سبعة أيام. أما عند المقارنة بين المحصولين البيثر والرئيسي، فقد كانت فترة حفظ الأول أطول من تلك المسجلة للمحصول الرئيسي، ربما يعزى ذلك إلى طبيعة المحصول من حيث محتواه من السكريات وصلابة الثمار وغيرها من الخواص (Pereira *et al.,* 2017). بصفة عامة تتفق النتائج الحالية مع ما أورده Alturki, (2013) ، حيث ذكر حفظه لثمار التين في ظروف الهواء المعدل لمدة 28 و 30 يوماً على التوالي. طول فترة حفظ الثمار الناضجة تحت ظروف الهواء المعدل مقارنةً بالهواء الجوي يعود إلى تأثير الهواء المعدل عند تركيبة هوائية (20% ثاني أكسيد الكربون، 80% نيتروجين و 0% أكسجين) في خفض معدل تدهور الثمار تجاه الشيخوخة، وتقليل فقد الوزن، والمحافظة على الصلابة والمواد الصلبة الذائبة الكلية.



شكل 2. فترة حفظ ثمار محصولي البيثر والرئيسي في ظروف درجتي الحرارة ومعاملات الهواء المعدل

تأثير معاملة الهواء المعدل على فقد الوزن

يبين جدول (1) تأثير نسب ثاني أكسيد الكربون وطول فترة الحفظ على فقد الوزن لمحصول البيثر والرئيسي، حيث كانت نسبة فقد الوزن في الأسبوع الأول أعلى معنوياً عند مستوى معنوي 0.05 لمعاملة الهواء العادي (الشاهد) مقارنة بمعاملات الهواء المعدل للمحصولين، ولم تختلف معاملات الهواء المعدل معنوياً فيما بينها؛ حيث لم تصل نسب الفقد فيها إلى 2%. أما ثمار المحصول الرئيسي في ظروف الهواء المعدل فقد أظهرت سلوكاً مختلفاً، فقد تجاوزت نسب الفقد حد 2% بنهاية الأسبوع الأول وتضاعفت بنهاية الأسبوع الثالث، كما أظهرت – أيضاً- اختلافاً معنوياً فيما بينها، وسجلت

معاملة 5% ثاني أكسيد الكربون أقل نسبة فقد. تتفق النتائج إلى حد كبير مع ما أورده Tsantili *et al.* (2003) من حيث نسبة الفقد في ظروف الهواء المعدل عند 2.1%، كما تتفق - أيضاً - مع Colelli *et al.* (1991) من دور معاملة الهواء المعدل عند 20% ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة (0-5°م) في إطالة العمر التسويقي لثمار التين صنف (Mission) لأربعة أسابيع. كما تتفق مع دراسات أخرى استخدم فيها الهواء المعدل عند 15% ثاني أكسيد الكربون مع 5% أكسجين لإطالة فترة حفظ ثمار التين لفترة أطول من الجو العادي عند 4°م، حيث وصلت إلى أربعة أسابيع مقارنة بأقل من أسبوعين في الهواء العادي (Ayhan and Cay, 2011 ; Farber *et al.*, 2006).

تجدر الإشارة هنا إلى أن تسجيل بعض الاختلافات في استجابة التين المحلي عن أصناف أخرى جرت دراستها في مناطق أخرى قد تكون ناتجة عن الاختلاف في خواص الصنف المحلي والظروف المناخية والحقلية، والتي قد يكون لها أثر على اختلاف استجابة ثمار الصنف المحلي لظروف الهواء المعدل (<10%) بدرجة أقل من تلك الأصناف الواردة في بعض الدراسات السابقة. بصفة عامة، يعزى حفظ الثمار في ظروف الهواء المعدل لفترة أطول إلى دوره في الحد من نمو وانتشار مسببات الأمراض وتثبيط دور الإيثلين (Thompson, 2003)، إضافة إلى توفر الرطوبة النسبية العالية (Hung *et al.*, 2011).

جدول 1. تأثير نوع المحصول والهواء المعدل على النسبة المئوية لفقد الوزن عند 0°م.

المحصول	فترة الحفظ	تركيزات ثاني أكسيد الكربون			
		الشاهد	5%	10%	15%
البيتر	عند القطف		0[a]		
	بعد أسبوع	7.23%[b]	0.69%[a]	0.64%[a]	0.86%[a]
	بعد 3 أسابيع	---	1.48%[a]	1.37%[a]	1.84%[a]
الرئيسي	عند القطف		0[a]		
	بعد أسبوع	6.4%[b]	1.81%[a]	2.37%[a]	2.95%[a]
	بعد 3 أسابيع	---	3.87%[a]	5.09%[b]	6.34%[b]

المتوسطات المصحوبة بذات الحرف في ذات الصف لا تختلف معنوياً عند 0.05 وفقاً لاختبار (LSD)

تأثير فترة الحفظ ومعاملة الهواء المعدل على المواد الصلبة الذائبة الكلية

يبين الجدول (2) تأثير معاملة الهواء المعدل والمتمثلة في تركيز ثاني أكسيد الكربون وطول فترة الحفظ على المواد الصلبة الذائبة الكلية للمحصولين، وتظهر النتائج أن المواد الصلبة الذائبة الكلية للبيثر عند جميع معاملات الهواء المعدل قد انخفضت معنوياً عن تلك المقاسة عند القطف، غير أنها لم تختلف فيما بينها. تجدر الإشارة إلى أن معاملة الهواء العادي هي -أيضاً- لم تختلف معنوياً عن تلك المقاسة بعد القطف، غير أن المعاملة أوقفت بنهاية الأسبوع الأول لتدهور حالة الثمار. المحصول الرئيسي سجل السلوك نفسه، غير أن المواد الصلبة الذائبة الكلية لم تنخفض بالقدر المسجل لمحصول البيثر. انخفاض المواد الصلبة الذائبة الكلية بمرور الزمن يعد طبيعياً للمحاصيل مرتفعة المحتوى الرطوبي، حيث تنخفض المواد الصلبة الذائبة الكلية نتيجة لعملية التنفس (Fennir, 2002). النتائج المسجلة هنا تتفق مع دراسة سابقة أوردت أن الهواء المعدل أدى إلى نضج الثمار، ونتج عنه انخفاض المواد الصلبة الذائبة الكلية، وأرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون (Holcroft and Kader, 1999).

جدول 2. تأثير فترة حفظ ومعاملة الهواء المعدل على نسبة المواد الصلبة الذائبة عند 0°م

المحصول	فترة الحفظ	تركيزات ثاني أكسيد الكربون			
		الشاهد	%5	%10	%15
البيتر	عند القطف		14.04^{c}		
	بعد أسبوع	13.41^{c}	12.9^{b}	13.85^{bc}	13.17^{bc}
	بعد 3 أسابيع	--	11.02^{a}	11.87^{a}	11.9^{ab}
الرئيسي	عند القطف		14.04^{c}		
	بعد أسبوع	15.11^{b}	13.57^{a}	14.1^{ab}	14.02^{b}
	بعد 3 أسابيع	--	13.49^{a}	13.93^{a}	13.48^{a}

المتوسطات المصحوبة بذات الحرف في ذات الصف لا تختلف معنوياً عند 0.05 وفقاً لاختبار (LSD)

يوضح الجدول (3) تأثير معاملات الهواء المعدل ثاني أكسيد الكربون وطول فترة الحفظ على صلابة الثمار. تظهر النتائج أن صلابة الثمار انخفضت لجميع المعاملات مقارنة بتلك المقاسة عند القطف، وكانت معاملة الهواء العادي الأكثر تأثراً للمحصولين؛ حيث انخفضت إلى حوالي الثلث بعد أسبوع من الحفظ. أما معاملات الهواء المعدل الثلاثة فقد اختلفت معنوياً فيما بينها، والمعاملة (5%) ثاني أكسيد الكربون كانت قد سجلت أعلى قيم للصلابة للمحصولين وطوال فترة الحفظ. تتفق هذه النتائج مع ما أورده Alturki (2013) من أن حفظ ثمار التين عند نسبة عالية لثاني أكسيد الكربون (20 %) ودرجة حرارة 4°م أدى إلى انخفاض صلابة الثمار، عند الأخذ في الاعتبار اختلاف نسبة ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة تظهر النتائج المتحصل عليها في الدراسة الحالية على أنها تمثل واقعية سلوك خواص التين. كذلك عند مقارنة النتائج الحالية المبينة في الجدول (3) مع دراستين سابقتين، حيث أشارا Bahara and Lichter, (2018) إلى احتفاظ ثمار التين صنف العثماني بأعلى درجات الصلابة عند معاملة 5% ثاني أكسيد الكربون، وهي تتفق تماماً مع نتائج الدراسة الحالية، أيضاً (Colelli *et al.,* 1991) حيث سُجل انخفاض ملحوظ لصلابة ثمار التين أثناء التخزين المبرد والذي كانت نسبته بين 20 و30%، وكان الانخفاض مرتبطاً إلى حد كبير بمستويات ثاني أكسيد الكربون. في الدراسة الحالية تراوح الفقد بعد ثلاثة أسابيع للبيثر بين 25% و 50% عند نسب ثاني أكسيد الكربون 5 و15%، على التوالي، وتراوحت بين 30 و 52% للمحصول الرئيسي عند النسبتين نفسهما.

جدول 3. تأثير طول فترة الحفظ ومعاملة الهواء المعدل على صلابة الثمار (نيوتن) عند 0°م

المحصول	فترة الحفظ	نسب ثاني أكسيد الكربون (%)			
		الشاهد	%5	%10	%15
البيتر	عند القطف		0.95^{f}		
	بعد أسبوع	0.31^{a}	0.85^{e}	0.70^{d}	0.57^{c}
	بعد 3 أسابيع	--	0.71^{d}	0.56^{c}	0.46^{b}
الرئيسي	عند القطف		1.06e		
	بعد أسبوع	0.29^{a}	0.89^{d}	0.67^{c}	0.47^{b}
	بعد 3 أسابيع	--	0.72^{b}	0.57^{b}	0.45^{b}

المتوسطات المصحوبة بذات الحرف في ذات الصف لا تختلف معنوياً عند 0.05 وفقاً لاختبار (LSD)

تأثير الهواء المعدل على الخصائص اللونية

يوضح الجدول (4) تأثير معاملات الهواء المعدل على القيم اللونية للثمار. القيم الواردة بالجدول تبين متوسط القياسات عند القطف وفي نهاية فترة حفظ المعاملات. توضح النتائج أنه لا فروق معنوية بين معاملات الهواء المعدل المستخدمة عند مستوى معنوية 0.05 في تأثيرها على الخصائص (L، a، b) للبيثر مع اختلاف هذه القيم معنوياً عن تلك التي سجلت عند القطف. أدت جميع معاملات الهواء المعدل إلى تركز وضوح اللون والمتمثل في ارتفاع القيمة (L) وزيادة تركيز اللون الأخضر والمتمثل في انخفاض قيمة (a) وتناقص اللون الأصفر المتمثل في الخاصية (b). توافقت هذه النتيجة مع النتائج التي أورداها (Bahara and Litcher, 2018) ، حيث سجلا قيمة أقل للخاصية L في ظروف الهواء العادي، وكانت 37.7 مقارنة بتلك المسجلة لمعاملات الهواء المعدل عند 42.4، وكانت الخاصية عند L أفضل نسبة ثاني أكسيد الكربون 5 %، كما تتفق نتائج الدراسة الحالية مع ما أورده (Bouzo *et al.,* 2012) من أن استخدام الهواء المعدل أدى إلى التقليل من معدل تغير لون ثمار التين.

جدول 4. تأثير معاملات الهواء المعدل على الخصائص اللونية عند 0°م

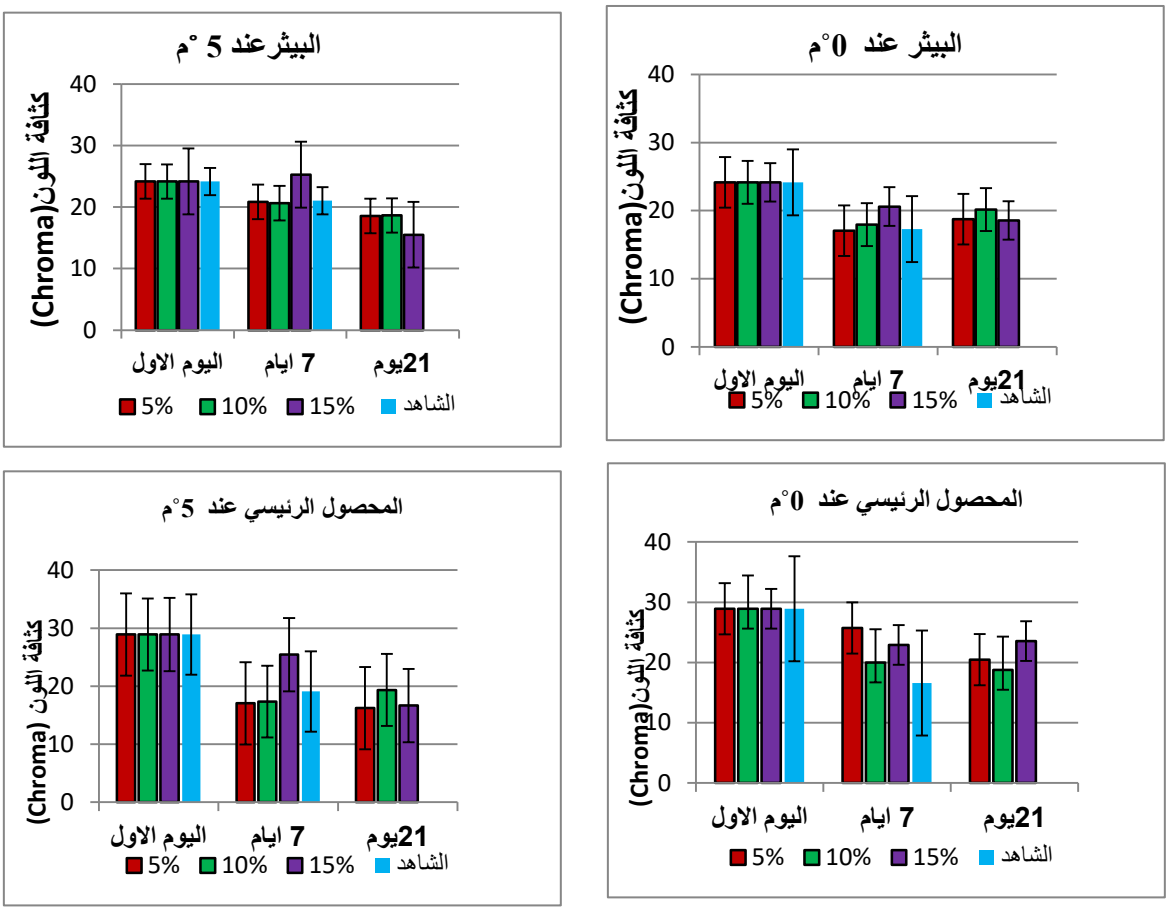
المحصول	القيم اللونية	نسب ثاني أكسيد الكربون			
		عند القطف	%5	%10	%15
البيتر	(L)	21.36[a]	33.84[b]	33.15[b]	33.33[b]
	(a)	-5.42[c]	-7.66[b]	-7.99[b]	-8.04[b]
	(b)	10.14[a]	16.06[b]	16.25[b]	16.62[b]
الرئيسي	(L)	28.97[a]	43.88[b]	42.84[b]	46.47[c]
	(a)	-5.86[c]	-8.43[b]	-8.33[b]	-9.65[a]
	(b)	14.37[a]	20.98b[c]	20.47[b]	22.36[c]

المتوسطات المصحوبة بذات الحرف في ذات الصف لا تختلف معنوياً عند 0.05 وفقاً لاختبار (LSD)

تأثير الهواء المعدل على كثافة اللون (Chroma)

دعت الضرورة إلى استخدام مؤشر كثافة اللون ومؤشر اللون البني للتعرف على تأثير المعاملات المختبرة على التداخل بين الخصائص اللونية الثلاثة (L) و (a) و (b) في تشكيل اللون العام للثمرة. الشكل (3) يوضح كثافة اللون للمحصولين عند درجتي الحرارة 0 و 5°م، يظهر الشكل أن القيم كانت لمحصول البيثر عند 24.2، أقل من تلك المسجلة للمحصول الرئيسي والتي كانت عند 29.9. لوحظ تناقص قيمة وضوح اللون (Chroma) للمحصولين بمرور الزمن عند 0 و5°م، حيث تناقصت تلك القيم بعد سبعة أيام من الحفظ لمعاملات الهواء العادي والمعدل على حد سواء، غير أن معاملة الهواء العادي تأثرت في المؤشرات الأخرى السابقة الذكر وبالتالي أستبعدت عند سبعة أيام من الحفظ. عند مقارنة معاملات الهواء المعدل فيما بينها يلاحظ تقارب القيم بدرجة كبيرة، ولم تسجل فروق معنوية عند 0.05، كما يلاحظ أن الحفظ عند درجة حرارة منخفضة وقريبة من الصفر المئوي حافظت على وضوح اللون وتركيزه أفضل منها عند 5°م. أيضاً القيم لم تتأثر كثيراً عند ثلاثة أسابيع من الحفظ لجميع معاملات الهواء المعدل بصفة عامة، عند مقارنة متوسط قيم كثافة اللون بعد أسبوع وبعد ثلاثة أسابيع يتضح أن ثمار محصول البيثر عند 0°م احتفظت بحوالي 75% و 79% على التوالي، بينما تلك المحفوظة عند 5°م احتفظت بحوالي 91% و 72% من كثافة لونها على التوالي. أما ثمار المحصول الرئيسي عند

0°م فقد احتفظت بحوالي 73.7% و 72.4% من كثافة لونها بعد أسبوع وثلاثة أسابيع على التوالي، بينما ذات القيم عند 5°م كانت 68.6% و 60.8% على التوالي. يمكن ملاحظة عدم وجود فرق كبير في كثافة اللون بعد ثلاثة أسابيع مقارنة بتلك المسجلة عند القطف وبعد أسبوع، كما سجل تأثيراً واضحاً ومعنوياً لكل من درجة الحرارة والهواء المعدل على لون الثمار، يتفق هذا مع ما ورد في الدراسات السابقة من دور الهواء المعدل في الحفاظ على الخصائص اللونية لثمار التين (Alturki, 2013).

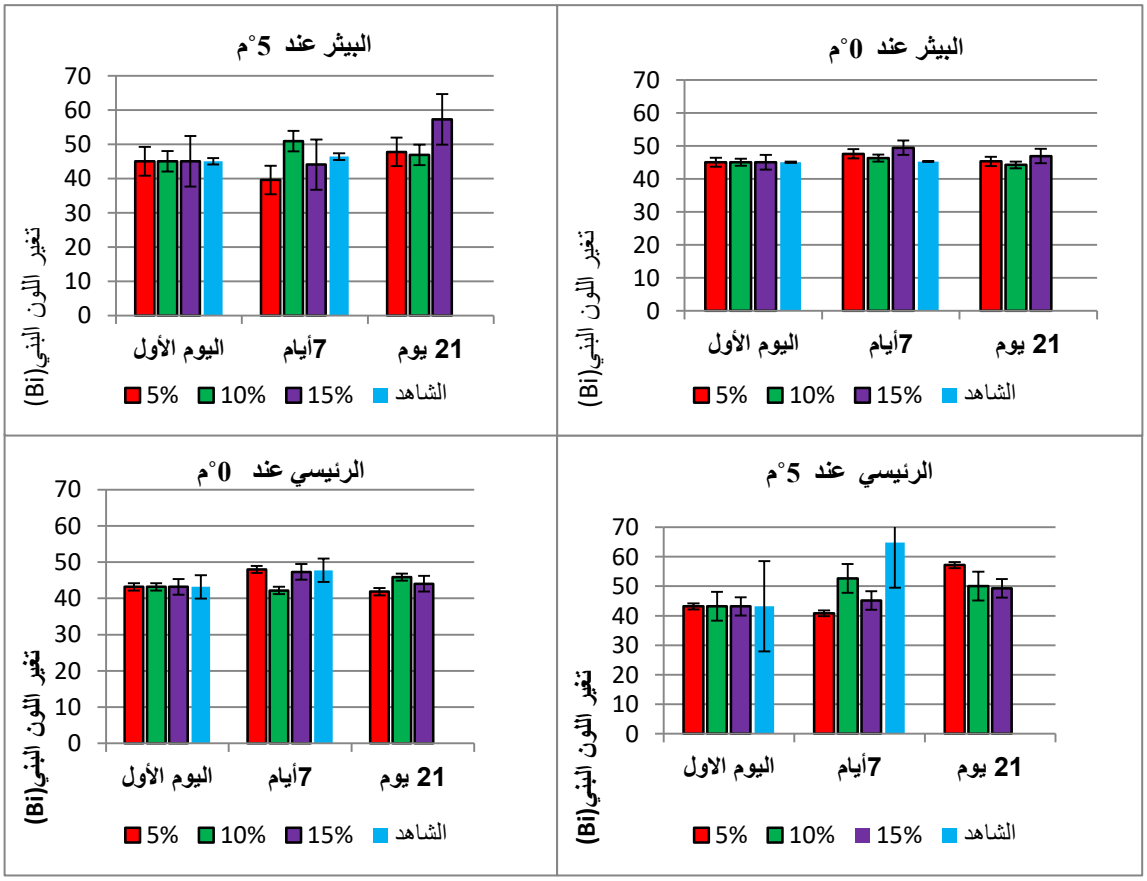


شكل 3. كثافة اللون (Chroma) للمحصولين

تأثير الهواء المعدل على مؤشر اللون البني (BI) للمحصولين

يبين الشكل (4) أن مؤشر التغير للون التبني (BI) لم يتأثر معنوياً بعد مرور 7 أيام، وكانت قيم مؤشر اللون البني(BI) قريبة من تلك المسجلة عند الحصاد لجميع معاملات الهواء المعدل عند درجتي الحرارة، كما كانت جميع معاملات الهواء المعدل متقاربة فيما بينها ولم تسجل فروق معنوية عند مستوى معنوية 0.05. عند المقارنة بين تأثير معاملات الهواء المعدل ودرجة الحرارة يتضح أن نسبة التغير في مؤشر اللون البني لمحصول البيثر عند 0°م كانت 0.8 و 12% بعد مرور 7 أيام و 21 يوماً على التوالي، بينما كانت مثيلاتها عند 5°م 6% لكل من 7 أيام و 21 يوماً. أما المحصول الرئيسي فقد كانت التغيرات بنسبة 6% و 1% للمحصول الرئيسي عند 0°م بعد 7 أيام و 21 يوماً على التوالي، في حين كانت نسب التغير 7% و21% عند 5°م بعد 7 أيام و 21 يوماً على التوالي. بصفة عامة كان معدل التغير في اللون البني صغيراً لجميع معاملات الهواء المعدل، مما يؤكد ما ورد في دراسات سابقة (Bahara and Lichter, 2018 ;

(Bouzo *et al.*, 2012) من دور الهواء المعدل في احتفاظ الثمار بقدر كبير من لونها خلال فترة الحفظ. تجدر الإشارة إلى أن تدهور اللون في أغلب الفواكه ولمحصول التين بصفة خاصة يظهر في اكتساب الثمار للون البني نتيجة لتغيرات فسيولوجية، فقد الثمار للمحتوى المائي، وأكسدة بعض مركبات الثمرة، واقترابها أو دخولها مرحلة الشيخوخة، والتي غالباً ما تفقد فيها الثمار مكونات عديدة ينعكس على لونها الدال عن كونها طازجة (Solomom *et al.*, 2006).



شكل 4. مؤشر تغير اللون البني (BI) للمحصولين

الإستنتاج

بينت الدراسة كفاءة وفعالية معاملات الهواء المعدل ودرجات حرارة منخفضة في حفظ ثمار التين الطازج بمحصوليه البيثر والرئيسي. أظهرت النتائج أن معاملات الهواء المعدل عند 0°م أدت إلى إطالة فترة الحفظ لثلاثة أسابيع محتفظة بخواص جودتها بدرجة أفضل من تلك المحفوظة في 5°م. عامةً، معاملات الهواء المعدل أدت إلى احتفاظ الثمار بقدر كبير من الصلابة والمواد الصلبة الذائبة الكلية كما احتفظت الثمار بلونها الأخضر مقارنة بتلك المحفوظة في الهواء العادي.

عند المقارنة بين معاملات الهواء المعدل، كانت الأفضلية لمعاملة 5% ثاني أكسيد الكربون، حيث حافظت على خصائص الجودة لمدة 21 و 18 يوماً لمحصولي البيثر والرئيسي على التوالي، في حين معاملة الهواء العادي لم تتعد 7 أيام. توصي الدراسة بحفظ ثمار التين للمحصولين في ظروف هواء معدل عند 5% ثاني أكسيد الكربون مع 5% أكسجين، ويمكن استخدام المعاملة بفعالية في حفظ وتغليف ثمار محصولي التين البيثر والرئيسي عند التسويق والتداول.

المـراجـع

الدحلة، حسن.2014. شجرة التين. نشرة وزارة الزراعة لدولة فلسطين. ص 48.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية. 2016. الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية. المجلد 36. ص: 70-80.

اليتيم، صلاح الدين. 1991. أسس تداول وتخزين الحاصلات البستانية. منشورات الجامعة المفتوحة، طرابلس. ليبيا.

Alturki, S. 2013. Utilization of modified atmosphere packaging to extend the shelf-life of fresh figs. Biotechnology. 12(2): 81- 86.

Ayhan, Z. and Cay, K. 2011. Preservation of the bursa Siyahy fresh fig under modified atmosphere packaging (MAP) and cold storage. Int. j. Agri. Sci. 1: 1-9.

Bahara, A. and Lichter, A. 2018. Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit. Scientia Horticulturae. 227: 196–201.

Bouzo, C. A.; Travadelo, M.; and Gariglio, N. F. 2012. Effect of different packaging materials on postharvest quality of fresh fig fruit. Int. J. Agric Biol. 14: 821-825.

Cakmak, B.; Alayunt, F. N.; Akdendz, R. C.; Aksoy, U. and Can, H. Z. 2010. Assessment of the Quality Losses of Fresh Fig Fruits during Transportation. Journal of Agricultural Sciences. www.agri.ankara.edu.tr/journal

Colelli, G.; Mitchell, F. G. and Kader A. A. 1991. Extension of postharvest life of 'Mission' figs by CO_2-enriched atmospheres. HortScience. 26:1193-1195.

D'Aquino, S.; Piga, A.; Molinu, M. G.; Agabbio, M. and Papoff, C. M. 1997. Maintaining quality attributes of "Craxiou De Porcu" fresh fig fruit in simulated marketing conditions by modified atmosphere. Acta Horticulturae. 480: 289–294.

FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http: //www.faostat.fao.org. Accessed 05/04/2021.

Farber, J. N.; Harris L. J.; Parish, M. E.; Beuchat, L. R. and Suslow, T. V. 2006 Microbiological safety of controlled atmosphere and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. Comp. Rev. Food Sci. Food Safety, 2: 142-160.

Fennir, M. A.; M. T. Morgham and S. A. Raheel. 2017. Response of Libyan Soft Date Cultivars "Hellawi" and "Hurra" at "Balah" Stage to Controlled Atmosphere Conditions. Libyan Journal of Agriculture. 22 (1): 61-73.

Fennir M. A. 2014. Potential of unrefrigerated storage of onions in the Western Mountain (WM) region of Libya. Proceeding of the 2nd International Conference on Sustainable Environment and Agriculture. San Diego, USA, 29-30 October, 2014. 76 : 26-30.

Fennir, M. A. 2002. Respiratory response of healthy and diseased potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) under real and experimental storage conditions. Ph.D Dissertation, Department of Bioresources Engineering, McGill University, Montreal, QC, Canada.

Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 704p.

Peleg K. and Hinga S. 1986. Simulation of vibration damage in produce transportation. Transactions of the ASAE. 29(2): 633-641.

Pereira, C.; Corrales, M. L.; Martín, A.; Villalobos, M. C.; Córdoba, M. G. and Serradilla, M. J. 2017. Physicochemical and Nutritional Characterization of Brebas for Fresh Consumption from Nine Fig Varieties (*Ficus carica* L.) Grown in Extremadura (Spain). Journal of Food Quality. Online: https://www.hindawi.com/journals/jfq/2017/6302109/ .

Saricoban, C. and Yilmaz, M. T. 2010. Modeling the effects of processing factors on the changes in color parameters of cooked meatballs using response surface methodology. World Applied Sciences Journal. 9 (1): 14-22.

Stover, E. and Aradhya, M. 2008. Fig genetic resources and research at the US national clonal germplasm repository in Davis, California. Acta Hortic 798: 57-68. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.798.6

Tsantili, E.; Karaiskos, G. and Pontikis, C. 2003. Storage of fresh figs in low oxygen atmosphere. J. Horticult. Sci. Biotechnol. 78: 56–60.

Thompson, A. K. 2003. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage. 2nd Edition. Blackwell publishing. pp 211-212.

UNECE (2016). "UNECE STANDARD DDP-14, concerning the marketing and commercial quality control of DRIED FIGS, 2016 EDITION".https://unece.org/fileadmin/DAM/t

Hung, D. V.; Tanaka F.; Uchino, T. and Hiruma, N. 2011. Using nanomist humidifier to maintain postharvest quality of fig (*Ficus carica* L.) fruit in high humidity storage environment. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 56 (2): 361–365.

Kader, A. A. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2nd ed. Publication No. 3311. Division of Agriculture and natural Resources. University of California Davis, CA. pp 296.

Kader, D. M. and Kader, A. A. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 17: 19–32.

Kays , S. J. 1997. Postharvest Physiology of Perishables Plant Products. Exon Press, Athens, GA, USA. pp532

Lopez-Malo, A.; Palou, E.; Barbosa-Canovas G. V.; Welti Chanes, J. and Swanson, B. G. 1998. Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. Food Research International. 31(8): 549-556.

Mohammadi, A.; Rafiee S.; Emam-Djomeh, Z. and Alirez, K. 2008. Kinetic models for color changes in kiwi fruit slices during hot air drying. World J. Agric. Sc., 4 (3): 376- 383.

Ozkaya, O.; Çomlekcioglu, S. and Demircioglu, H. 2014. Assessment of the potential of 1-Methylcyclopropene treatments to maintain fruit quality of the common fig (*Ficuscarica* L. cv. 'Bursa Siyahi') during refrigerated storage. Not. Bot. Horti. Agrobo. 42(2): 516-522.

rade/agr/standard/dry/dry_e/14DriedFigs_E2016.pdf. Accessed (15/10/2020)

Wrolstad, R. E. and D. E. Smith. 2010. Color Analysis. In: Nielson S. S. (ed): Food Analysis. pp 575-586. Springer Science & Business Media, LLC2010. New York. USA.

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (26), No. (2), 2021: 1-14

Original Article

The efficiency of using modified atmosphere at different percentages of CO_2 and low temperature in preserving breba and main fig crops (*Ficus carica* L.)

Mohamed Abusaa Fennir, Khalid Masoud Almawalef

Dep. of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya

ABSTRACT

The current study investigated effects of modified atmosphere (MA) on storability and quality attributes of figs. Fruits of breba and main crop from 2015 harvesting season were used; MA air compositions applied were 5, 10, and 15% CO_2 each with 5% $O_2$and regular air (RA) as a control, and samples were kept at 0 and 5°C. Quality attributes such as total soluble solids (TSS), fruit hardness, and fruit skin color were measured using Hunter Lab at harvest and repeated after one week and three weeks, in addition to weight loss. Results showed significant effects of temperature on storage period, leading to 3-5 days increase at 0°C. Also, MA treatments showed significant effect on storability; MA treatments lasted for about 3 weeks while RA treatments lasted for one week only. Among MA treatments, 5% CO_2 treatment at 0°C was the most effective, leading to storage durations of 21 and 18 day for breba and main crop, respectively. Comparison between the two crops, breba figs showed less weight loss under all MA treatments, however significant losses in TSS and hardness were recorded for both crops comparing with their measurements at harvest, and no differences among MA treatments were recorded. Color attributes (L, a and b) showed no significant differences in relation with MA treatments and storage duration. Also, MA treatments maintained fruit Chroma and lowered browning index (Bi). The study demonstrated the potential of using MA at 5% CO_2 and O_2 in packing, handling and marketing of local figs.

Keywords: Figs, Modified atmosphere, CO_2, storability.

***Corresponding Author: Mohamed Fenir, Dep. Of Agric. Engineering, Fac. Of Agric. Univ. of Tripoli-Libya**

Phone: +219-92-419-0621 **e-mail: m.fennir@uot.edu.ly**

Received: 02/5/2021 **Accepted: 03/ 10/ 2021**