تأثير استخدام بعض الوسائط الكيميائيّة والتعبئة في ظروف عقيمة في الحد من تلف ثمار الليمون المخزّنة بالتبريد

رنا يونس حمدان*[(1)] و أنطون سمعان يوسف[(2)] و أحمد سمّور الإبراهيم[(3)]

(1). طالبة دكتوراه– قائم بالأعمال في قسم الهندسة الغذائية– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية– جامعة حمص.
(2). أستاذ في قسم الهندسة الغذائية– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية– جامعة حمص.
(3). أستاذ مساعد في قسم الهندسة الغذائية– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية– جامعة حمص.

(*للمراسلة: رنا يونس حمدان، ranahamdan999@gmail.com ، هاتف: 0934591083)

تاريخ الاستلام: 2024/9/30 تاريخ القبول: 2025/1/19

الملخص

تمّ في هذا العمل دراسة تأثير استخدام بعض محاليل تعقيم ثمار الليمون، وتعبئتها في ظروف عقيمة وتخزينها مبردة، على نسبة التلف الميكروبيولوجي للثمار وعلى تغير تركيبها الكيميائي. من أجل التعقيم استُخدم الماء الحار عند درجات حرارة (40,50,60 °C) وبيكربونات الصوديوم بتراكيز (1,2,3 %) عند درجات حرارة (20,55,60 °C) كما استُخدم الماء الأُكسجيني بتراكيز (0.5,1,2 %). ومن أجل التعبئة العقيمة تمّ استخدام جهاز صُنع محليّاً لتنفيذ هذا العمل، كما تمّ استخدام أكياس من البولي إيتيلين من أجل تعبئة الثمار بالتزامن مع تعقيمها. بيّنت النتائج أنّ استخدام الماء الحار لم يعطي النتيجة المرجوّة حيث أثّر على متانة الثمار (قوامها)، أمّا استخدام بيكربونات الصوديوم بتركيز 3 % وعند درجة حرارة 55 ºC أعطى نتائج إيجابيّة من حيث إمكانيّة استخدامه وفق هذه الطريقة من أجل التخزين طويل الأمد لليمون. عند استخدام الماء الأُكسجيني بتركيز 1 % حافظت الثمار على سلامتها الميكروبيولوجيّة لمدة طويلة تجاوزت السبعة أشهر مع المحافظة على خصائص فيزيائيّة وكيميائيّة جيدة. تبيّن من خلال التجارب أنّ أفضل معالجة لثمار الليمون كانت باستخدام الغمر بالماء الأكسجيني (تركيز 1 % ولمدة 2 min)، حيث كانت نسبة التلف الفيزيولوجي 3 % ولم يظهر أي نمو للفطور على ثمار الليمون المخزنة.

الكلمات المفتاحيّة: ليمون، وسط عقيم، بولي إيتيلين، ماء أُكسجيني، بيكربونات الصوديوم.

المقدّمة:

تنتشر زراعة الحمضيات في عديد من الدول حول العالم وتزدهر بشكل أكبر في مناطق تتميز بالظروف البيئية المناسبة، من أهم المناطق العالمية المنتجة للحمضيات، دول حوض البحر الأبيض المتوسط مثل إسبانيا وإيطاليا واليونان وتركيا ومصر، بالإضافة إلى الولايات المتحدة والبرازيل والمكسيك وأستراليا ونيوزيلندا.

تتصدر البرازيل قائمة الدول أكثر إنتاجاً للحمضيات في العالم، حيث بلغ إنتاجها في عام 2020 حوالي 18.8 مليون طن من الحمضيات، تليها الصين بإنتاج قدره 15.9 مليون طن، والهند بإنتاج قدره 11.8 مليون طن. وتعتبر إسبانيا أكبر دولة إنتاج للحمضيات في أوروبا، حيث بلغ إنتاجها في عام 2020 حوالي 6.2 مليون طن (زكرياء وعماد، 2023).

تُنتج سوريا كميّات كبيرة من ثمار الحمضيّات، حيث وصل الإنتاج السنوي إلى حوالي 552.4 ألف طن في عام 2022 (المجموعة الإحصائيّة السوريّة، 2022). إلا أنّه وبالرغم من هذا الإنتاج الكبير فإنّ أوجه الاستفادة القصوى من هذا المحصول لم تتحقق بعد ومرد ذلك عدة أسباب. إحدى أهمّ هذه الأسباب هي عدم إدراج عمليّة التخزين ضمن اهتمامات المؤسسات العاملة في هذا المجال.

والواقع فإنّ عمليّة تخزين ثمار الحمضيّات بمختلف أصنافها بحاجة إلى دراسات جديّة ومعمّقة من أجل نجاحها. حيث تعتبر الحمضيّات ثماراً سريعة التلف وخاصة التلف الميكروبيولوجي (الفطري). كما أنّها منتجات شديدة التأثر بدرجات الحرارة المنخفضة فهي ثمار حساسة جداً للبرودة (Lafuente and Zacarias, 2006).

إذاً الحدّ من الإصابات العفنيّة باستخدام درجات الحرارة المنخفضة التي تعيق النمو الفطري لا يمكن هنا لأنّها ستصاب بأمراض التبريد. رفع درجات الحرارة قليلاً يحمي الثمار من إصابات التبريد إلا أنّه ينشط الإصابات الفطرية. إذاً والحالة هذه يجب البحث في حل يفيد في منع الإصابات الفطرية عند استخدام درجات الحرارة المناسبة في تخزينها.

والواقع فإنّ التجربة العالميّة الخاصّة بتخزين الحمضيّات مُشبعة بالدّراسات الخاصّة بمكافحة الإصابات الفطرية التي تصيبها. ومن المفيد ذكر بعض هذه الدّراسات:

تمّ تطبيق حمض البيروكسي أسيتيك Peroxyacetic Acid (PAA)، وهو مؤكسد قوي يتكون من بيروكسيد الهيدروجين وحمض الخل (الأسيتيك)، في مكافحة مسببات الأمراض الفطرية بعد الحصاد للفاكهة والخضراوات عن طريق الرش والغمر. حيث يتمتع بقوة مضادة للأحياء الدقيقة بشكل مماثل أو أكثر من قوة هيبوكلوريت الصوديوم، وتعتمد قدرة PAA على الأكسدة السريعة للمكونات الخلوية لمجموعة واسعة من الأحياء الدقيقة من خلال إنتاج مركبات Reactive Oxygen Species (ROS) (وهي منتجات ثانوية لعملية الاستقلاب الغذائي الطبيعي للأكسجين) التي تسبب عدم استقرار في الجزيئات الحيوية، مثل الحمض النووي والدسم والبروتينات (Estrada et al., 2019)، (Lapeña et al., 2019).

طبق (Lanza et al., 2006) PAA بمقدار 800 µg/mL لمدة دقيقة واحدة وقللت هذه الطريقة بشكل كبير من حدوث العفن الأخضر على الليمون.

وجد (Strano et al., 2019) أنّ المعالجة بالأوزون المائي قلل بشكل كبير من الأحياء الدقيقة في البرتقال (Tarocco) وفي الكلمنتينا (Clementines) عند استخدامه بتراكيز 3 ppm و 6 ppm على التوالي.

من مزايا استخدام الأوزون هو التحلل السريع إلى أكسجين، مما لا يترك أي بقايا كيميائية على المنتجات المعالجة، ومع ذلك، وبسبب عدم استقراره، يتوجب إعادة استخدامه لأكثر من مرة (Perry and Yousef, 2011).

تمّ تطبيق بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) (الماء الأُكسجيني) في مكافحة مسببات الأمراض الفطرية بعد الحصاد وفي الفاكهة الطازجة ولإطالة مدة الصلاحيّة في أثناء التخزين (Papoutsis et al., 2019). حيث يُعزى دور الماء الأُكسجيني في تقليل النمو

الميكروبي من خلال توليد عوامل سامة للخلايا (جذر الهيدروكسيل) وذلك قبل أن يتحلّل إلى الأكسجين والماء (Finnegan et al., 2010). ومع ذلك، هناك مشاكل في الكفاءة عند استخدام محلول بيروكسيد الهيدروجين النقي بسبب عدم استقراره. لذلك، يتم دمج بيروكسيد الهيدروجين مع المثبّتات، مثل حمض الخليك وأيونات الفضة.

قام (Meng et al., 2019) بدراسة مقارنة لتعقيم ثمار البرتقال باستخدام الماء الأُكسجيني بتراكيز 1-2 % ولمدّة 2 min وباستخدام 500 ppm من مبيد الفطور إيمازاليل Imazalil ووجدوا أنّ التعقيم بالماء الأُكسجيني فعّال للغاية ولكن يجب استخدامه مع شوارد الفضة من أجل زيادة استقراره حيث أظهرت النتائج أنّ استخدام H_2O_2-Ag^+ قد قلّل بشكلٍ كبير من حدوث العفن على ثمار البرتقال المخزّنة على درجة حرارة 8 ºC ولمدة 60 يوماً وثم لـ 3 أيام في درجة حرارة 25 ºC.

أجرى (Smilanick *et al*., 1999) تجارب باستخدام أملاح آمنة صحيّاً، للسيطرة على العفن الأخضر للحمضيّات الناجم عن Penicillium digitatum، مثل كربونات الصوديوم (5.0 mM)، كربونات البوتاسيوم (6.2 mM)، بيكربونات الصوديوم (14.1 mM)، بيكربونات الأمونيوم (16.4 mM) وبيكربونات البوتاسيوم (33.4 mM). كانت كربونات وبيكربونات الصوديوم من أفضل المحاليل فعاليّة للسيطرة على العفن الأخضر في البرتقال والليمون.

في دراسة أجراها (Palou, 2018) وجد أن ملح آخر، إلى جانب كربونات الصوديوم، أظهر بشكل متكرر قدرة جيدة على التحكم في تعفن الحمضيّات (العفن الأخضر والأزرق) هو سوربات البوتاسيوم.

تمّ تطبيق هذا الملح العضوي بنجاح بمفرده أو بالاشتراك مع مبيدات الفطور التجارية في تطبيقات الغمر الطويلة نسبيّاً (2-3 min) في درجة حرارة الغرفة أو في درجة حرارة دافئة (Palou *et al*., 2002)، (Hall, 1988) أو في تطبيقات غمر أقصر عند درجات حرارة أعلى (Herrero *et al*., 2009)، (Smilanick *et al*., 2008).

كانت محاليل سوربات البوتاسيوم أكثر فعاليّة عند تطبيقها في درجات حرارة عالية خاصّة في مكافحة العفن البني الناجم عن (Monilinia fructicola) (Palou *et al*., 2009).

تتميز محاليل سوربات البوتاسيوم، بالمقارنة مع محاليل الكربونات، بعيوب أقل للتخلّص منها بسبب عدم وجود الصوديوم وانخفاض الملوحة ودرجة الحموضة، ولكن مساوئها السعر العالي والمخاطر السميّة الأكبر (تبقع قشرة الفاكهة) إذا لم يتم تطبيقها بشكل جيد (Herrero et al., 2009)، (Smilanick et al., 2008).

ولهذه الأسباب إن الاستخدام التجاري لمحاليل سوربات البوتاسيوم في مخازن تعبئة الحمضيات أقل بكثير من استخدام محاليل الكربونات.

إنّ المشكلة التي أمامنا هي أنّه يمكن إجراء معالجة وقائيّة من أجل إبعاد الإصابة بالفطور العفنية لمُدد مختلفة باختلاف تقنيات المعالجة. إلا أنّ الإصابات يمكن أن تعود بالظهور نظراً لحصول التلوث بالأبواغ الفطرية مع هواء التهوية الذي لا غنى عنه خلال التخزين. إذاً البحث عن طريقة تُطهر الثمار مما عليها من أحياء دقيقة وفي نفس الوقت تبقى الثمار بمنأى عن التلوث اللاحق. تعتبر مسألة على درجة عالية من الأهميّة.

هدف البحث إلى:

1- دراسة كفاءة استخدام بعض الوسائط الكيميائيّة (الماء الأُكسجيني، الماء الحار، بيكربونات الصوديوم) على التلف الميكروبيولوجي لثمار الليمون.

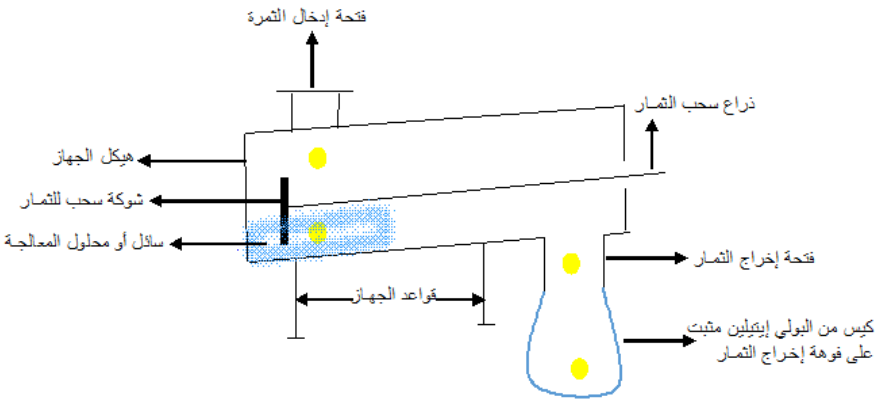
2- دراسة كفاءة التعبئة في ظروف عقيمة باستخدام (الماء الأُكسجيني، الماء الحار، بيكربونات الصوديوم) في الحد من تلف ثمار الليمون أثناء التخزين.

3- دراسة التغيرات التي تصيب الثمار وفق الطريقة المقترحة.

مواد البحث وطرائقه:

أ. مواد البحث:

- **جهاز صُنع محلياً:** تمّ تصنيع الجهاز المبيّن بالشكل (1) من أجل تجارب التطهير والتعبئة في ظروف عقيمة.



الشكل (1): جهاز صُنع محليّاً.

يتم التعقيم والتعبئة العقيمة (أي ضمن جو مغلق معقم دون ملامسة الهواء من لحظة دخول الثمرة لجهاز التعقيم حتى خروجها من الجهاز وتغليفها) كما يلي:

- يُثبّت الكيس على فتحة إخراج الثمرة.
- يُملأ الحوض بمحلول المعالجة.
- تُسقط الثمرة إلى الحوض عبر فتحة الإدخال وتُغمر بمحلول المعالجة وتبقى فيه للمدة المطلوبة (2 min حسب Palou et al., 2002)).
- يتم سحب الثمرة من الخارج بواسطة ذراع سحب الثمرة ذو الشوكة. فتسقط الثمرة في الكيس عبر فوهة الإخراج.
- يتم اللحام الحراري للكيس.
- تُؤخذ الثمار للاختبار الميكروبيولوجي أو التخزين.

- **المادة النباتية:** تمّ اختبار ثمار الليمون صنف انتردوناتو (Interdonato) الذي يتصف بالأتي:

- اللون: أصفر.
- الحجم: قطر الثمرة عند المنتصف 5± 50 mm.
- المادة الصلبة (البريكس): 12.42%.
- نسبة سكر / حمض: 0.61.

تم اختيار الثمار السليمة وحديثة القطاف خالية من الجروح والكدمات، ويعتمد اختيار هذا النوع من الأصناف لأن ثماره تتميز بالصمود والقشر السميك وينتج بشكل عالي في سوريا ويتمتع بعصيرية جيدة وغير متوفر على مدار السنة.

- **غرف تخزين تجريبيّة مُجهزة بأنظمة التبريد وتدوير الهواء.**
- **عبوات من أكياس البولي إيتيلين ثخانة 30 ميكرون.**
- **جهاز القوام.**
- **جهاز اللون.**
- **غرفة زرع جرثومي.**
- **ميزان مخبري دقيق.**
- **جهاز تحليل الغازات:** من نوع (PBI Dansensore Chek Mate 9900) دانمركي الصنع.

ب. طرائق البحث:

- **الاختبارات الكيميائيّة والفيزيائيّة والميكروبيولوجيّة الّتي أُجريت على الثمار:**

- نسبة الأحماض الكليّة (%): باستخدام طريقة المعايرة بماءات الصوديوم 0.1 N وحسبت النتائج على أساس حمض الليمون كحمض سائد حسب (AOAC, 2012).
- محتوى فيتامين C (mg/100g): حُدد بالطريقة اليودومتريّة باستخدام المعايرة بمحلول اليود 0.005 mol/L بوجود مشعر النشاء (5 %) حتى ظهور اللون الأزرق الغامق وفقاً لـ (Satpathay et al., 2021).
- اللون: باستخدام جهاز Spectrocolorimeter (CM-5) حسب (Laboratory manual procedures for analysis of citrus products, 2011).
- محتوى الماء: باستخدام جهاز التجفيف حتى ثبات الوزن حسب (AOAC, 2005).
- قوام الليمون: بحسب الطريقة المتبعة من قبل (AOAC, 2005) وذلك باستخدام جهاز (System Ltd England TA.XT.Plus. Texture Analyses Staple. Micro).
- تحديد النسبة المئويّة للتلف: يُعبّر مؤشر التلف عن وجود الإصابات الفيزيولوجيّة الناتجة عن التبريد غير الملائم وكذلك الإصابات الفطرية المرئيّة على سطح الثمار الخارجي، وتمّ تقييم مؤشر التلف للثمار عن طريق المشاهدة منذ بداية

التخزين وخلال فترات التخزين (عند إجراء تجارب أولية للمعالجة وخلال التخزين قصير الأمد (شهر) وبعد مرور شهرين على التخزين وفي نهاية عملية التخزين أي بعد مرور 7 أشهر)، وعند درجة حرارة تخزين 6±2 °C، لمتابعة حدوث أي إصابات فيزيولوجيّة أو نمو فطري مرئي على سطح الثمرة، ويحسب من خلال العلاقة التالية:

- النسبة المئوية للتلف% = [B/A] * 100 (عبد الله وعلي، 2010).
- حيث A: العدد الكلي للثمار و B: عدد الثمار التالفة.

- تعداد الخمائر والفطور: استعمل الوسط المغذي PDA (Potato Dextrose Agar)، وتمّ التحضين عند درجة الحرارة 30ºC ولمدة 72 ساعة (صادق وآخرون، 2006)
- تحديد نسبة الكحول الإيتيلي: حُدد بالطريقة اليودومتريّة وفقاً لـ (Manual of Methods of Analysis of Foods, 2019).
- تحديد السكريات: باستخدام طريقة فهلنغ (الباقوني، 2006).
- تحديد الغازات: تم قياس الغازات باستخدام جهاز تحليل الغازات (PBI Dansensor, Ringsted, Denmark) حسب (Karacay and Ayhan, 2010).

- **الدّراسة الإحصائيّة:**

تمّ تحليل النتائج باستخدام برنامج Minitab 17 بواسطة تحليل التباين ANOVA one way عند قيم α=0.05.

النّتائج:

يُبيّن الجدول (1) التركيب الكيميائي لثمار الليمون المدروسة، حيث تمّ قياس نسبة الماء والسكريات الكليّة والأحماض الكليّة بالنسبة لحمض الليمون (الحموضة المعايرة) وفيتامين C، وذلك بأخذ ثلاث قراءات لكل اختبار وأُخذ المتوسط الحسابي للمكرّرات في كل اختبار.

الجدول (1): التركيب الكيميائي لثمار الليمون المدروسة

البيان	الماء %	السكريات %	الأحماض الكليّة % بالنسبة لحمض الليمون	فيتامين C mg/100 mL
الليمون أنتردوناتو	86.75±0.2	2.50±0.07	5.12±0.02	74.1±0.1

ويُظهر الجدول (2) الخصائص الفيزيائيّة لثمار الليمون المدروسة، حيث تم قياس مؤشرات القوام واللون (كمية شدة اللون Chroma)، وأيضاً تم أخذ ثلاث قراءات لكل اختبار ومن ثم أُخذ المتوسط الحسابي للمكرّرات في كل اختبار.

الجدول (2): الخصائص الفيزيائيّة لثمار الليمون المدروسة

البيان	القوام kg/cm^2	اللون (كمية شدة اللون Chroma)
الليمون أنتردوناتو	3.20±0.18	45.50±0.03

تمّت معالجة ثمار الليمون باستخدام الغمر لمدة دقيقتين في كُلّ من الماء الحار عند درجات حرارة (40,50,60 ºC) والماء الأُكسجيني بتراكيز (0.5,1,2 %) ومركب بيكربونات الصوديوم بتراكيز (1,2,3 %) عند درجات حرارة (20,55,60 ºC) وتمّ

الحصول على النتائج التالية بعد 72 ساعة من المعالجة.

أولاً: نتائج المعالجة بالماء الحار:

يُظهر الجدول (3) نتائج تغيّر القوام واللون والحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور) لثمار الليمون بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (3): النتائج الأوليّة للمعالجة بالماء الحار

البيان	درجة حرارة الماء °C	القوام kg/cm^2	اللون Chroma	الحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور)
الليمون أنتردوناتو	**40**	3.13±0.2A	45.53±0.3c	+
	50	3.05±0.3B	45.55±0.2b	+
	60	2.90±0.22C	45.68±0.29a	-

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم متوسطات العيّنات (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى وجود فروق معنويّة هامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد، وتُشير الأحرف الصغيرة إلى وجود فروق معنويّة هامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد. وتدل إشارة + على وجود تلوث ميكروبي (نمو مستعمرات فطرية على سطح طبق الزرع) بينما إشارة – عدم وجود تلوث ميكروبي.

يُظهر الجدول (4) نتائج تغيّر التركيب الغازي ضمن حاويات الثمار المعالجة بالماء الحار بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (4) نتائج التركيب الغازي ضمن حاويات الثمار المعالجة

البيان	درجة حرارة الماء °C	غاز $\%CO_2$		غاز $\%O_2$	
		قبل	بعد	قبل	بعد
الليمون أنتردوناتو	**40**	**0.00**	**5±0.1C**	**21.00**	**19±0.2a**
	50	**0.00**	**7±0.1B**	**21.00**	**16±0.1b**
	60	**0.00**	**20±0.12A**	**21.00**	**12±0.15c**

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة الحرارة، وتُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة الحرارة.

ثانياً: نتائج المعالجة بمركب بيكربونات الصوديوم:

يُظهر الجدول (5) نتائج تغيّر القوام واللون والحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور) لثمار الليمون بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (5): النتائج الأوليّة للمعالجة بمركب بيكربونات الصوديوم

البيان	التركيز %	درجة حرارة الماء °C	القوام kg/cm^2	اللون Chroma	الحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور)
الليمون	1	**20**	3.18±0.2A	45.52±0.2c	+
		55	3.07±0.09B	45.56±0.1b	-
		60	2.99±0.1C	45.6±0.15a	-
	2	**20**	$3.16±0.09^A$	$45.56±0.2^c$	+
		55	$3.02±0.09^B$	$45.59±0.22^b$	-
		60	$2.95±0.08^C$	$45.63±0.22^a$	-
	3	**20**	$3.13±0.1_A$	$45.58±0.2_c$	+
		55	$2.99±0.2_B$	$45.62±0.18_b$	-
		60	$2.94±0.15_C$	$45.67±0.16_a$	-

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة حرارة الماء وتركيز بيكربونات الصوديوم، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة حرارة الماء وتركيز بيكربونات الصوديوم، وتدل إشارة + على وجود تلوث ميكروبي (نمو مستعمرات فطرية على سطح طبق الزرع) بينما إشارة – عدم وجود تلوث ميكروبي.

يُظهر الجدول (6) نتائج تغيّر التركيب الغازي ضمن حاويات الثمار المعالجة بمركب بيكربونات الصوديوم بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (6): نتائج تغيّر التركيب الغازي ضمن حاويات ثمار الليمون المعالجة

البيان	التركيز %	درجة حرارة الماء °C	غاز CO_2 %		غاز O_2 %	
			قبل	بعد	قبل	بعد
الليمون	1	20	0.00	0.00±0.1C	21.00	21.00±0.1a
		55	0.00	12.00±0.2B	21.00	14.00±0.1b
		60	0.00	20.00±0.1A	21.00	12.00±0.2c
	2	20	0.00	$0.00±0.1^{C}$	21.00	$21.00±0.1^{a}$
		55	0.00	$13.00±0.2^{B}$	21.00	$14.50±0.2^{b}$
		60	0.00	$20.5±0.1^{A}$	21.00	$12.10±0.1^{c}$
	3	20	0.00	$0.00±0.1_{C}$	21.00	$21.00±0.1_{a}$
		55	0.00	$13.5±0.1_{B}$	21.00	$15.00±0.1_{b}$
		60	0.00	$20.90±0.1_{A}$	21.00	$12.22±0.3_{c}$

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة حرارة الماء وتركيز بيكربونات الصوديوم، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف درجة حرارة الماء وتركيز بيكربونات الصوديوم.

ثالثاً: نتائج المعالجة بالماء الأُكسجيني:

يُظهر الجدول (7) نتائج تغيّر القوام واللون والحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور) لثمار الليمون بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (7): النتائج الأوليّة للمعالجة بالماء الأُكسجيني

البيان	تركيز الماء الأكسجيني %	القوام kg/cm^2	اللون Chroma	الحالة الميكروبيولوجيّة (تعداد الخمائر والفطور)
ليمون	0.5	3.18±0.1A	45.53±0.09c	+
	1	3.15±0.09B	45.56±0.1b	-
	2	3.00±0.07C	45.70±0.2a	-

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف تركيز الماء الأُكسجيني، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف تركيز الماء الأُكسجيني، وتدل إشارة + على وجود تلوث ميكروبي (نمو مستعمرات فطرية على سطح طبق الزرع) بينما إشارة – عدم وجود تلوث ميكروبي.

يُظهر الجدول (8) نتائج تغيّر التركيب الغازي لحاويات الثمار المعالجة بعد 72 ساعة من المعالجة.

الجدول (8): نتائج تغيّر التركيب الغازي ضمن حاويات ثمار الليمون المعالجة

البيان	تركيز الماء الأُكسجيني %	CO_2 %		O_2 %	
		قبل	بعد	قبل	بعد
ليمون	**0.5**	0.00	0.50±0.1A	21.00	20.80±0.1c
	1	0.00	0.40±0.1B	21.00	20.70±0.2b
	2	0.00	0.30±0.1C	21.00	20.80±0.2a

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف تركيز الماء الأُكسجيني، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف تركيز الماء الأُكسجيني.

بمقارنة النتائج الأوليّة للمعالجة بمختلف الوسائط الكيميائيّة بعد 72 ساعة من المعالجة لُوحظ أنّ المعالجة بالماء الحار قد ألحق ضرر فيزيولوجي بالثمار لأنّ ارتفاع درجة الحرارة أثّر على قوام الثمار والتركيب الغازي ضمن الحاويات، وأنّ أفضل تركيز لمحلول بيكربونات الصوديوم هو 3 % عند درجة حرارة 55 ºC وهذا يتوافق مع (Smilanick et al., 1999)، (Palou et al., 2001)، وأفضل تركيز للماء الأُكسجيني هو 1 % حيث تتضرر الثمار فيزيولوجيّاً عند ارتفاع تركيز الماء الأُكسجيني. لذلك استُخدم الماء الأُكسجيني (1 %) وبيكربونات الصوديوم (3 %, 55ºC) لمعالجة ثمار الليمون وتمّ أخذ النتائج بعد شهر من المعالجة.

نتائج التخزين قصير الأمد لثمار الليمون باستخدام بيكربونات الصوديوم والماء الأُكسجيني والوسط الغازي المعدّل:

يُبين الجدول (9) تغيّر التركيب الكيميائي لثمار الليمون المخزّنة بظروف الوسط المعدّل وباستخدام الغمر ببيكربونات الصوديوم 3 % عند درجة حرارة 55 ºC والغمر بالماء الأُكسجيني 1% بعد شهر من التخزين.

الجدول (9): نتائج تغيّر التركيب الكيميائي لثمار الليمون المعالجة

البيان	المحتوى المائي %	السكريات الكليّة %	الأحماض الكليّة %	فيتامين C mg/100mL
ليمون شاهد	86.47A±0.09	2.61A±0.03	4.58B±0.06	73.90A±0.13
ليمون معالج ببيكربونات الصوديوم	86.33AB±0.04	2.51B±0.02	4.62AB±0.03	74.00A±0.1
ليمون معالج بالماء الأُكسجيني	86.20B±0.17	2.51B±0.01	4.67A±0.03	74.00A±0.09

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف المعالجة مقارنةً بالشاهد، ويُلاحظ أنّ نوع المعالجة لم يؤثّر على قيم المتغيّرات.

يُبين الجدول (10) تغيّر الخصائص الفيزيائيّة لثمار الليمون المخزّنة بظروف الوسط المعدّل وباستخدام الغمر ببيكربونات الصوديوم 3 % عند درجة حرارة 55 ºC والغمر بالماء الأُكسجيني 1% بعد شهر من التخزين.

الجدول (10) نتائج تغيّر الخصائص الفيزيائيّة لثمار الليمون المعالجة

البيان	القوام kg/cm^2	اللون Chroma
ليمون شاهد	2.79A±0.03	45.92A±0.08
ليمون معالج ببيكربونات الصوديوم	2.89B±0.01	45.80AB±0.03
ليمون معالج بالماء الأُكسجيني	3.06C±0.02	45.79B±0.06

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن العمود الواحد مع اختلاف المعالجة مقارنةً بالشاهد، أنّ نوع المعالجة لم يؤثّر على قيم اللون في حين أثّر على قوام الثمار.

يُبين الجدول (11) التقييم الميكروبيولوجي (تعداد الخمائر والفطور) لثمار الليمون المخزّنة بظروف الوسط المعدّل وباستخدام الغمر ببيكربونات الصوديوم 3 % عند درجة حرارة 55 °C والغمر بالماء الأُكسجيني 1% بعد شهر من التخزين.

الجدول (11) نتائج التقييم الميكروبيولوجي لثمار الليمون المعالجة

البيان	التعداد العام (تعداد الخمائر والفطور)	المظاهر العينية للثمار
ليمون شاهد	+	ظهور عفن على سطح الثمار بشكل واضح
ليمون معالج ببيكربونات الصوديوم	–	ثمار سليمة ولم يلاحظ وجود أعفان
ليمون معالج بالماء الأُكسجيني	–	ثمار سليمة ولم يلاحظ وجود أعفان

بعد إجراء اختبار الخمائر والفطور لثمار الليمون الشاهد والمعالجة تبيّن وجود فطور على سطح الثمار غير المعالجة، ومن مشاهدة مستعمرة الفطور وشكل الميسيليوم على الليمون كانت شبيهة تماماً بالصور المرجعية لفطر Peincillium، وهي من الفطور التي تنمو عادةً على الحمضيات، في حين لم يظهر أي مستعمرة فطرية على سطح الثمار المعالجة وهذا يتطابق مع المظاهر العينية للثمار حيث يُلاحظ ظهور عفن بشكل واضح على سطح الثمرة بعد مرور شهر من التخزين في حين لم يظهر عفن على سطح الثمار المعالجة.

يُبين الجدول (12) تغيّر التركيب الكيميائي داخل حاويات الثمار خلال شهر من التخزين باستخدام الغمر ببيكربونات الصوديوم 3 % عند درجة حرارة 55 °C والغمر بالماء الأُكسجيني 1 %. تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن السطر الواحد مع اختلاف المعالجة مقارنةً بالشاهد، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن السطر الواحد مع اختلاف المعالجة مقارنةً بالشاهد. مع مُلاحظة أنّ التركيب الغازي يستقرّ بعد مرور 14–16 يوم على بدء التخزين. بناءً على النتائج السابقة تمّ استكمال التخزين بواسطة الغمر بالماء الأُكسجيني (1 %) والغمر ببيكربونات الصوديوم (3 %, 55 °c) لمدة 7 أشهر وتمّ الحصول على النتائج التالية.

الجدول (12): نتائج تغيّر التركيب الغازي داخل حاويات الثمار المعالجة

البيان	الغاز	زمن أخذ القراءة (يوم)										
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ليمون شاهد	O_2	21.0A ±0.1	20.4B ±0.1	18.6C ±0.2	16.8D ±0.2	15.6E ±0.2	14.4F ±0.2	13.3G ±0.1	12.3I ±0.3	12.5H ±0.1	12.0J ±0.1	12.3I ±0.1
	CO_2	0.0j ±0.1	3.8i ±0.2	5.7h ±0.1	6.4g ±0.1	7.2f ±0.2	8.0e ±0.3	9.1a ±0.3	9.1a ±0.2	8.8c ±0.1	8.7d ±0.1	9.0b ±0.0
ليمون معالج ببيكربونات الصوديوم	O_2	21A ±0.2	19.2B ±0.2	17.9C ±0.1	16.4D ±0.1	15.5E ±0.1	14.3F ±0.2	13.6G ±0.3	12.5H ±0.2	12.4I ±0.1	12.1J ±0.1	12.0K ±0.1
	CO_2	0.0j ±0.1	5.5i ±0.1	6.8g ±0.2	6.5h ±0.3	7.0f ±0.2	7.7e ±0.1	8.3d ±0.1	9.2a ±0.1	8.9c ±0.2	9.1b ±0.1	9.2a ±0.1
ليمون معالج بالماء الأكسجيني	O_2	21.0A ±0.1	19.4B ±0.2	18.1C ±0.1	16.6D ±0.2	15.7E ±0.1	14.5F ±0.1	13.8G ±0.2	12.7H ±0.3	12.6I ±0.1	12.3J ±0.2	12.2K ±0.2
	CO_2	0.0j ±0.2	5.4i ±0.2	6.7g ±0.1	6.4h ±0.2	6.9f ±0.1	7.6e ±0.3	8.2d ±0.1	9.1a ±0.2	8.8c ±0.1	9.0b ±0.2	9.1a ±0.1

6-2- نتائج التخزين طويل الأمد لثمار الليمون باستخدام الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم:

يُظهر الجدول (13) نتائج تخزين الليمون باستخدام الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم لمدة 7 أشهر.

الجدول (13): نتائج تخزين ثمار الليمون المعالجة

البيان	المركب	زمن أخذ القراءة (شهر)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
ليمون شاهد	سكريات %	2.50C ±0.07	2.61B ±0.03	2.80A ±0.02	-	-	-	-	-
	الأحماض الكليّة %	5.12A ±0.02	4.58B ±0.06	4.14C ±0.04	-	-	-	-	-
	فيتامين C mg/100mL	74.10A ±0.1	73.90A ±0.13	70.10B ±0.08	-	-	-	-	-
	نسبة الماء %	86.75A ±0.2	86.47B ±0.09	86.31B ±0.01	-	-	-	-	-
	الكحول الإيتيلي mL/100g	1.39C ±0.2	1.64B ±0.03	1.94A ±0.01	-	-	-	-	-
ليمون معالج بالماء الأُكسجيني 1%	سكريات %	2.50D ±0.07	2.51CD ±0.01	2.52CD ±0.01	2.54BCD ±0.01	2.55BC ±0.01	2.57AB ±0.02	2.58AB ±0.01	2.60A ±0.02
	الأحماض الكليّة %	5.12A ±0.02	4.67B ±0.03	4.29C ±0.02	3.84D ±0.02	3.52E ±0.01	3.30F ±0.02	3.15G ±0.01	3.05H ±0.02
	فيتامين C mg/100mL	74.10A ±0.1	74.00B ±0.1	73.80C ±0.02	73.60D ±0.01	73.30E ±0.02	73.00F ±0.01	72.90G ±0.03	72.72H ±0.03
	نسبة الماء %	86.75A ±0.2	86.20B ±0.2	86.11BC ±0.02	86.08BC ±0.01	85.99CD ±0.03	85.90DE ±0.01	85.82E ±0.03	85.74E ±0.04
	الكحول الإيتيلي mL/100g	1.39H ±0.2	1.66G ±0.08	1.97F ±0.09	2.34E ±0.2	2.77D ±0.08	3.22C ±0.07	3.68B ±0.03	4.15A ±0.04
ليمون معالج ببيكربونات الصوديوم 3%	سكريات %	2.50D ±0.07	2.51D ±0.02	2.52CD ±0.01	2.53BCD ±0.02	2.54ABCD ±0.02	2.56ABC ±0.03	2.57AB ±0.01	2.58A ±0.02
	الأحماض الكليّة %	5.12A ±0.02	4.62B ±0.03	4.21C ±0.01	3.75D ±0.02	3.5E ±0.02	3.28F ±0.02	3.13G ±0.03	3.00H ±0.02
	فيتامين C mg/100mL	74.10A ±0.1	74.00B ±0.1	73.50C ±0.02	73.00D ±0.01	72.80E ±0.02	72.40F ±0.01	72.30G ±0.03	72.19H ±0.02
	نسبة الماء %	86.75A ±0.2	86.33B ±0.04	86.24BC ±0.02	86.18CD ±0.02	86.09DE ±0.03	86.00EF ±0.01	85.93FG ±0.03	85.86G ±0.02
	الكحول الإيتيلي mL/100g	1.39H ±0.2	1.67G ±0.09	1.98F ±0.07	2.36E ±0.08	2.79D ±0.03	3.25C ±0.01	3.72B ±0.03	4.20A ±0.07

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن السطر الواحد مع مرور الزمن (7 أشهر)، مع مُلاحظة أنّ ثمار الشاهد تلفت بعد مرور شهرين فقط من التخزين.

يُظهر الجدول (14) نتائج تقدير القوام واللون لثمار الليمون المخزّنة بالتبريد لمدة 7 أشهر، مع مُلاحظة أنّ نتائج الليمون شاهد كانت بعد مرور شهرين فقط وذلك بسبب تلفها بالكامل بعد شهرين من التخزين.

الجدول (14): تقدير القوام واللون لثمار الليمون (عينة الشاهد بعد شهرين فقط).

البيان	القوام kg/cm^2		اللون Chroma	
	قبل التخزين	بعد التخزين	قبل التخزين	بعد التخزين
شاهد	3.20A ±0.02	2.10B ±0.01	45.50b ±0.02	46.30a ±0.02
ماء أُكسجيني	3.20A ±0.02	2.20B ±0.01	45.50b ±0.02	46.91a ±0.01
بيكربونات الصوديوم	3.20A ±0.02	2.15B ±0.02	45.50b ±0.02	46.99a ±0.01

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن السطر الواحد مع مرور الزمن، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة ضمن السطر الواحد مع مرور الزمن. ويُلاحظ انخفاض قوام الثمار المعالجة ببيكربونات الصوديوم بعد 7 أشهر من التخزين.

يُظهر الجدول (15) شكل ونسبة الفقد لثمار الليمون المخزّنة بالتبريد لمدة 7 أشهر، مع مُلاحظة أنّ نتائج الليمون شاهد كانت بعد مرور شهرين فقط وذلك بسبب تلفها بالكامل بعد شهرين من التخزين.

الجدول (15): تقدير شكل ونسبة الفقد لثمار الليمون (عينة الشاهد بعد شهرين فقط).

البيان	تغير الوزن %		تلف فيزيولوجي %	تلف ميكروبيولوجي %
	قبل التخزين	بعد التخزين		
شاهد	0.00B±0.01	3.80A±0.01	30.00	100.00
ماء أُكسجيني	0.00B±0.01	7.00A±0.02	3.00	0.00
بيكربونات الصوديوم	0.00B±0.01	7.20A±0.01	4.00	1.00

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة بين المتوسطات ضمن السطر الواحد مع مرور الزمن، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنويّة الهامّة ضمن السطر الواحد مع مرور الزمن. وتبيّن لدينا بداية تلف ميكروبي (نمو مستعمرات فطرية على سطح طبق الزرع بعد إجراء اختبار الخمائر والفطور للثمار، ومن مشاهدة مستعمرة الفطور وشكل الميسيليوم على الليمون كانت شبيهة تماماً بالصور المرجعية لفطر Peincillium) في ثمار الليمون المعالجة ببيكربونات الصوديوم بعد 7 أشهر من التخزين.

المناقشة:

عند مقارنة النتائج الأوليّة للمعالجة بمختلف الوسائط الكيميائيّة تمّ الوصول إلى أفضل معالجة لثمار الليمون وهي:

1. المعالجة بالماء الأُكسجيني (1%) وهذا يشابه دراسات (meng et al., 2019) في التحكم في العفن على ثمار البرتقال الناجم عن Penicillum digitatum باستخدام الماء الأكسجيني، حيث وجد الباحثين أنّ استخدام H_2O_2-Ag^+ قد قلّل بشكلٍ كبير من حدوث العفن على ثمار البرتقال المخزّنة على درجة حرارة 8 ºC ولمدة 60 يوماً وثم لـ 3 أيام في درجة حرارة 25 ºC.
2. المعالجة بمركب بيكربونات الصوديوم (3%) وهذا يتطابق مع دراسة (Palou, 2018) في التحكم في العفن على ثمار الحمضيات المعالجة بالأملاح الآمنة صحياً، حيث وجد أنّ غمر الحمضيات في محاليل بيكربونات الصوديوم عند درجة

حرارة °C 44-55 ولمدة Sec 60-150 وبتراكيز % 2-3 كانت فعالة في القضاء على العفن الأخضر والأزرق للحمضيات الذي يسببه P. digitatum و P. italicum على التوالي.

لذلك تمّ استكمال المعالجة بواسطة هذين المركبين لمدة طويلة من التخزين.

إنّ دراسة تأثير زمن التخزين (7 أشهر) وطريقة المعالجة المتبعة لمعالجة ثمار الليمون وتخزينها عند الدرجة (4°C) بشكل عقيم ضمن أكياس من البولي إيتلين، أظهر أنّ هناك تغيّرات بسيطة وغير معنويّة $P<0.05$ في قيم السكريات كنتيجة لتأثير زمن التخزين، حيث ارتفعت بشكل بسيط وهذا يتفق مع (Kaur and Jawandha, 2014)، في حين أنّه لم يُلاحظ وجود تغيّرات معنويّة عند المقارنة بين طريقتي المعالجة المتبعة $P>0.05$، حيث كان متوسط قيم السكريات خلال التخزين بين 2.55 و 2.54 لكلّ من المعالجة بالماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم على التوالي.

لُوحظ أنّ هناك تأثير معنوي هام $P<0.05$ في قيم الحموضة المعايرة، حيث انخفضت الحموضة في جميع المعاملات خلال فترة التخزين. ترتبط الحموضة بالأحماض العضويّة، والتي تؤثر بشدة على جودة الفاكهة. ويُعزى انخفاضها أثناء التخزين المبرّد إلى استخدام الأحماض العضويّة كركائز أساسيّة تُستهلك في عمليّة التنفّس (liu et al., 2020). في حين أنّ اختلاف المعالجة لم يؤثّر على هذه القيم معنوياً $P>0.05$، حيث كان متوسط قيم الحموضة بين 3.87 و 3.83 لكلّ من المعالجة بالماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم على الترتيب.

كان هناك فرق معنوي هام $P<0.05$ في قيم فيتامين C لثمار الليمون مع استمرار التخزين حيث انخفضت قيمته مع تقدم فترة التخزين، ويُعزى ذلك إلى أكسدة حمض الأسكوربيك (فيتامين C) إلى حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين. وكان الانخفاض في ثمار الليمون المعالجة أقل من الثمار غير المعالجة ويفسّر ذلك بأنّ هذه المعالجات خفّضت من نشاط أنزيم Ascorbic Acid Oxidase وساهمت في تأخير النضج (Habibi et al., 2019) في حين أنّه لم يكن هناك فرق معنوي هام $P>0.05$ عند اختلاف المعالجة بين الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم، حيث كان متوسط القيم 73.43 و 73.04 على التوالي.

وأظهرت النتائج أيضاً فرق هام معنوياً $P<0.05$ في نسبة الماء مع تقدم زمن التخزين حيث انخفضت هذه النسبة تدريجيّاً بسبب النتح وعملية التنفّس، ويؤدي ذلك إلى الذبول وفقدان الجودة والتغيّرات غير المرغوبة الأُخرى في المنتج، مما يُسبّب تقليل قيمته الاقتصاديّة (Siboza et al., 2014) ولكن لم يكن هناك فرق هام معنويّاً عند اختلاف المعالجة ما بين الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم فقد كانت نتائج متوسط القيم هي 86.17 و 86.07 على الترتيب.

لُوحظ زيادة في تركيز الكحول الإيتيلي مع تقدم زمن التخزين لثمار الليمون وكان هناك فرق هام معنوياً $P<0.05$ بين هذه القيم وهذا يتوافق مع (Alhassan et al., 2019) في حين أنّه أيضاً لم يَظهر أي اختلاف بين متوسط القيم عند اختلاف طريقة المعالجة ما بين الماء الأُكسجيني (2.67) وبيكربونات الصوديوم (2.65).

لم يكن هناك فرق هام معنوياً $P>0.05$ لكلّ من القوام واللون عند اختلاف طريقة المعالجة ما بين الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم، فقد كان متوسط قيم اللون 46.25 و 46.21 على الترتيب ومتوسط قيم القوام 2.70 و 2.79 على الترتيب، في حين لُوحظ وجود فرق هام معنويّاً $P<0.05$ لكلّ من اللون والقوام مع تقدم زمن التخزين ويُعزى التغيّر في اللون إلى عمليات تحطم

الكلوروفيل وارتفاع الكاروتينات أثناء النضج حيث ينخفض الاخضرار على حساب الاصفرار (Vidal et al., 2013)، أمّا تغيّر صلابة (متانة) الثمار يعود بشكلٍ أساسيّ إلى نشاط الأنزيمات المحلّلة (بولي غالاكتوروناز وميتيل بكتين استيراز) الّتي تُحطم السلاسل الببتيديّة وتهدّم النشاء والمواد البكتينيّة في الثمار فتُكسبها بعض الطراوة، وإنّ هذه المعالجات تعمل على تثبيط نشاط الأنزيمات المحلّلة، وبالتالي تُؤدي إلى تأخير تليين الثمار ونضجها (Liao et al., 2024).

أثبتت هذه المعالجات المستخدمة فعاليّتها في الحدّ من التلف الفيزيولوجي والميكروبيولوجي حيث كان هناك فروق هامّة معنويّاً $P<0.05$ وانخفضت نسبة التلف الفيزيولوجي إلى 3 و 4 % لكلّ من الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم على التوالي. وانخفض التلف الميكروبيولوجي إلى 0 و 1% لكلّ من الماء الأُكسجيني وبيكربونات الصوديوم على الترتيب وهذا يتوافق مع ما جاء في دراسة (meng et al., 2019).

الاستنتاجات:

يمكن تعقيم ثمار الليمون باستخدام الغمر بالماء الأُكسجيني (1 %) وبيكربونات الصوديوم (3 %, 55 ºC) وحفظها ضمن أكياس من البولي إيتلين لمدة 7 أشهر دون حدوث تلوث ميكروبي. كانت أفضل النتائج باستخدام الماء الأُكسجيني (1 %) حيث لم يُلاحظ أي نمو فطري بعد 7 أشهر من التخزين المبرّد، وحافظت الثمار على خصائصها الفيزيائيّة والكيميائيّة.

التوصيات:

بعد إنجاز دراستنا نوصي بما يلي:

- تعقيم ثمار الليمون بالماء الأكسجيني بتركيز 1% وتعبئتها بأكياس من البولي إيتيلين من أجل زيادة مدة حفظ الثمار لفترة تصل إلى 7 أشهر دون حدوث أي نمو فطري.
- نقترح تجربة طريقة التعقيم الشامل على خضار وفواكه أخرى.

المراجع:

الباقوني، محمد رياض (2006). كيمياء الأغذية (القسم العملي). مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الهندسة الكيميائيّة والبتروليّة، جامعة البعث. سورية.

المجموعة الإحصائيّة السوريّة، 2022.

صادق، شريف. كشتعاري، محمود وعبود، رندى، 2006– علم الأحياء الدّقيقة (القسم العملي)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، كلية الهندسة الكيميائيّة والبتروليّة، جامعة البعث. سورية.

عبد الله، حسن وعلي، علي. (2010). تعبئة وتخزين ثمار الفاكهة والخضار (القسم العملي). مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة تشرين. سورية.

Alhassan, N.; Golding, J.; Wills, R.B.H.; Bowyer, M.C. and Pristijono, P. (2019). Long Term Exposure to Low Ethylene and Storage Temperatures Delays Calyx Senescence and Maintains 'Afourer' Mandarins and Navel Oranges Quality. Journal of Food. 8 (1): 19-31.

AOAC (2005). Official methods of analysis (17th ed.). Association of official analytical chemists, Washington, DC.

AOAC (2012). Official methods of analysis (17th ed.). Association of official analytical chemists, Washington, DC.

Estrada, R.G.; Benítez, F.B; Estrada, R.M.V; Leyva, B.M; Guerrero, A.R.; Güitrón, L.A; Hernández, C.M.; Partida, L.C; González, J.A.H; Guzmán, C.A.R; Cruz; J.A.D.; Díaz, E.R; Rivera, H.J.C; González, M.A.S. and Martinez, P.G. (2019). Alternative eco-friendly methods in the control of postharvest decay of tropical and subtropical fruits. Intechopen. 85682.

Finnegan, M.; Linley, E.; Denyer, S.P.; Mcdonnell, G.; Simons, C. and Maillard, J.Y. (2010). Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 65: 2108-2115.

Habibi, F.; Ramezanian, A.; Rahemi, M.; Eshghi, S.; Guillén, F.; Serrano, M. and Valero, D. (2019). Postharvest treatments with γ-aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 99 (14): 6408-6417.

Hall, D.J. (1988). Comparative activity of selected food preservatives as citrus postharvest fungicides. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 101: 184-187.

Herrero, C.M.; del Río, M.Á.; Pastor, C.; Brunetti, O. and Palou, L. (2009). Evaluation of brief potassium sorbate dips to control postharvest penicillium decay on major citrus species and cultivars. Postharvest Biology and Technology. 52: 117-125.

Karacay, E. and Ayhan, Z. (2010). Microbial, Physical, Chemical and Sensory Qualitis of minimaiiy Processed and Modified Atmosphere Packaged “Ready to Eat” Orange Segments, International Journal of Food Properties. 13 (5): 960- 971.

Kaur, S. and Jawandha, S.K. (2014). Effect of Chemicals and Modified Atmosphere Packaging on Storage Behaviour of Baramasi Lemon Fruits Under Ambient Conditions. Journal of Environment and Bio-Sciences. 28 (2): 175-181.

Laboratory manual procedures for analysis of citrus products. 2011- by John Technologies Corporation, Inc. FMC FL 33801 USA, Citrus Systems.

Lafuente, M.T. and Zacarias, L. (2006). Postharvest physiological disorders in citrus fruit. Stewart Postharvest Review. 2 (1): 1-9.

Lanza, G.; Di Martino, A.; Strano, MC.; Calandra, M. and Aloisi, V. (2006). Evaluation of new treatments to control postharvest decay of citrus. Greece. 172-174.

Lapeňa, I.; Abadias, M.; Bobo, G.; Aguayo, I.A.; Lafarga, T. and Viňas, I. (2019). Strawberry sanitization by peracetic acid washing and its effect on fruit quality. Food Microbiology. 83: 159-166.

liao, L.; Li, J.; Lan, X.; Li, Yaman; Li, Yunjie; Huang, Z.; Jin, Z.; Yang, Y.; Wang, X.; Zhang, M.; Sun, G.; Zhang, Xiaoai; Xiong, B. and Wang, Z. (2024). Exogenous melatonin and interstock treatments confer chilling tolerance in citrus fruit during cold storage. Scientia Horticultural. 327.

Liu, SH.; Huang, H.; Huber, D.J.; Pan, Y.; Shi, X. and Zhang, Z. (2020). Delay of ripening and softening in 'Guifei' mango fruit by postharvest application of melatonin. Postharvest Biology and Technology. 163.

Manual of Methods of Analysis of Foods. 2019- Alcoholic Beverages. Food Safety and Standars Authority of India Ministry of Health and Family Welfare. New Delhi.

Meng, X.; Huang, Z and Fan, C. (2019). Postharvest Treatment with Hydrogen Peroxide to control Orange Fruit Deczy Caused by Penicillum digitatum and Penicillum italicum. International Journal of Applied Agricultural Sciences. 5(5): 114-119.

Palou, L. (2018). Postharvest Treatments with GRAS Salts to Control Fresh Fruit Decay. Horticulturae. 4(46): 1-15.

Palou, L.; Smilanick, J.L. and Crisosto, C.H. (2009). Evaluation of food additives as alternative or complementary chemicals to conventional fungicides for the control of major postharvest diseases of stone fruit. Journal of Food Protection. 72: 1037-1046.

Palou, L.; Usall, J.; Muñoz, J.A.; Smilanick, J.L. and Viñas, I. (2002). Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of clementine mandarins. Postharvest Biology and Technology. 24: 93–96.

Palou, l.; Usall, J.; Smilanick, J. and Vinas, I. (2001). Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. Researchgate. 85 (4): 371-376.

Papoutsis, K.; Mathioudakis, M.M.; Hasperué, J.H. and Ziogas, V. (2019). Non-chemical treatments for preventing the postharvest fungal rotting of citrus caused by Penicillium digitatum and Penicillium italicum. Trends in Food Science and Technology. 86: 479-491.

Perry, J.J. and Yousef, A.E. (2011). Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques. Annual review of food science and technology. 2: 281-298.

Satpathy, L.; Pradhan, N.; Dash, D.; Baral, P.P. and Parida, S.P. (2021). Quantitative determination of Vitamin C concentration of common edible food sources by redox titration using iodine solution. Letters in Applied NanoBioscience. 10 (3): 2361-2369.

Siboza, X.I.; Bertling, I. and Odindo, A.O. (2014). Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (Citrus limon). Journal of Plant Physiology. 171 (18): 1722-1731.

Smilanick, J.L.; Mansour, M.F.; Gabler, F.M and Sorenson, D. (2008). Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides. Postharvest Biology and Technology. 47: 226–238.

Smilanick, J.L.; Margosan, D.A.; Gabler, F.M.; Usall, J. and Michael, I.F. (1999). Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. The American Phytopathological Society Publications. 83: 139-145.

Vidal, A.; Talens, P.; Montalbán, J.P.; Cubero, S.; Albert, F. and Blasco, J. (2013). In-Line Estimation of the Standard Colour Index of Citrus Fruits Using a Computer Vision System Developed for a Mobile Platform. Food and Bioprocess Technology. 6 (12): 3412-3419.

The effect of using some chemical method and packaging in aseptic conditions in reducing the spoilage of lemon fruits stored in refrigerated

Rana youness Hamdan*(1), Anton Sammaan Youssef(2), Ahmad Sammour Al-Ibrahim(3)

(1). Phd student, Chargé d'affaires, Department of food engineering, faculty of chimecal and petroleum engineering, Al-Baath university
(2). Professor, Department of food engineering, faculty of chimecal and petroleum engineering, Al-Baath university.
(3). Assistant Professor, Department of food engineering, faculty of chimecal and petroleum engineering, Al-Baath university.
(*Corresponding author: R. Hamdan: basimaal508@gmail.com, tel: 0934591083).

Received: 30/9/2024 Accepted: 19/1/2025

Abstract

The effect of using some lemon sterilization solutions, are studied in this research, packaging them in aseptic conditions and storing them refrigerated, on the percentage of microbiological spoilage of the fruits and on the change in their chemical composition. For sterilization, hot water was used at temperatures (40,50,60 °C), sodium bicarbonate at concentrations (1,2,3 %) at temperatures (20,55,60 °C) and hydrogen peroxide was used at concentrations (0.5,1,2 %). For aseptic packaging, a locally manufactured device was used to carry out this work, and polyethylene bags were used to pack the fruits simultaneously with sterilization it. The results showed that using hot water did not give the desired result as it affected the strength of the fruits (their texture), while using sodium bicarbonate at a concentration of 3% and at a temperature of 55 ºC gave positive results in terms of the possibility of using it for long-term storage of lemons. When using hydrogen peroxide at a concentration of 1%, the fruits maintained their microbiological safety for a long period exceeding seven months while maintaining good physical and chemical properties. The experiments showed that the best treatment for lemon fruits was using immersion in hydrogen peroxide (concentration 1% for 2 min), where the physiological damage rate was 3% and no fungal growth appeared on the stored lemon fruits.

Key words: Lemon, Aseptic Ambience, polyethelyne, hydrogen peroxide, sodium bicarbonate.