دراسة التغيرات التي تطرأ على ثمار البرتقال المخزّنة بالتبريد والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية والمعبأة في ظروف عقيمة

رنا يونس حمدان[1] أنطون سمعان يوسف[2] أحمد سمّور الإبراهيم[3]

الملخص:

تمّ في هذا العمل دراسة تأثير استخدام الأشعة فوق البنفسجيّة على تعقيم ثمار البرتقال، وتعبئتها في ظروف عقيمة وتخزينها مبردة، على نسبة التلف الميكروبيولوجي للثمار وعلى تغير تركيبها الكيميائي. من أجل التعقيم استُخدمت الأشعة فوق البنفسجيّة وفق أزمان مختلفة. 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 الأشعة فوق البنفسجيّة (استطاعة 30 W، طول موجة 254 nm، لمدة 10 min) أعطى نتائج إيجابيّة من حيث إمكانيّة استخدامها وفق هذه الطريقة من أجل التخزين طويل الأمد للبرتقال. حيث حافظت الثمار على سلامتها الميكروبيولوجيّة لمدة طويلة تجاوزت الستة أشهر مع المحافظة على خصائص فيزيائيّة وكيميائيّة جيدة.

الكلمات المفتاحيّة: برتقال، وسط عقيم، بولي إيتيلين، أشعة فوق بنفسجيّة.

Study of Changes in Orange Fruits Stored in Cold Storage, treated with Ultraviolet Radiation and Packed Under Sterile Conditions

Rana youness Hamdan[1]. Anton Sammaan Youssef[2]. Ahmad Sammour Al-Ibrahim[3].

Abstract

the effect of using ultraviolet rays to sterilize orange fruits, are studied in this research, and 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, ultraviolet rays were used in different times. 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 ultraviolet rays (power 30 W, wavelength 254 nm, for 10 min) gave positive results in terms of the possibility of using it according to this method for long-term storage of oranges. The fruits maintained their microbiological safety for a long period exceeding six months while maintaining good physical and chemical properties.

Key words: orange, Aseptic Ambience, Polyethylene, Ultraviolet Radiation.

1- المقدّمة والدّراسة المرجعيّة:

تحتل زراعة الحمضيات في سوريا مركزاً متميّزاً في الاقتصاد الوطني وأهم مناطق زراعتها الساحل السوري ولاسيما محافظتيّ اللاذقية وطرطوس، حيث بلغ إنتاجهما 383168 ton و 158624 ton على التوالي في عام 2022 [3]. تتميّز الحمضيات السوريّة بمواصفات جيّدة من حيث الطعم والنكهة، وعلى الرغم من ذلك ما تزال نسبة الصادرات قليلة حيث قدرت بين 20-40 % بحسب سنة التصدير [1]. كما أنّ عملية التسويق الداخلي والأسعار تتم بشكل عشوائي من سوق لآخر دون إيجاد آلية فعالة لتنظيم الأسعار.

تُصاب ثمار الحمضيات بالأمراض بعد الحصاد وتتم إدارة هذه الأمراض بشكل رئيس عن طريق تطبيق مبيدات فطور صناعية، ومع ذلك فإن القلق المتزايد من المخاطر الصحية والتلوث البيئي، بسبب الاستخدام الكيميائي، يتطلب وضع استراتيجيات بديلة لمكافحة أمراض الحمضيات بعد الحصاد.

من أهم أمراض ما بعد الحصاد للحمضيات هي الفطور العفنية. وفقاً لأصل العدوى، يمكن تصنيفها إلى مجموعتين عامتين أولهما تلك التي تصيب الثمرة في الحقل وتبقى كامنة حتى نموها بعد الحصاد، وثانيهما تلك التي تصيب الثمرة من خلال القشور أو إصابات تحدث في أثناء الحصاد والنقل والتسويق.

تعدّ مكافحة أمراض الحمضيات بعد الحصاد بالوسائل الفيزيائية فعالة من حيث التكلفة كبدائل لمبيدات الفطور الكيميائيّة، أهم فوائدها الغياب التام لبقايا أي نوع في المنتجات المعالجة وأقل تأثير بيئي. وقد درس كثير من الباحثين استخدام الوسائط الفيزيائية في معالجة آفات الحمضيات بعد الحصاد:

– وجد باحثون [28] أنّ غمر الفاكهة في الماء الساخن (فوق 40 ºC) لمدة 2–3 min قد قلّل من نمو العفن على ثمار الحمضيات دون آثار ضارة على مظهر الفاكهة وسمات الجودة.

– قام باحثون [22 ,17] بغسيل ثمار الحمضيات بالماء الساخن لفترة قصيرة عند الدرجة 60ºC ولمدة 20 Sec ومن ثم التجفيف بالهواء القسري من أجل تقليل العفن الأخضر للحمضيات ووفرت هذه الطريقة تنظيفاً أكثر فعاليّة من غمر الفاكهة بالماء الساخن، وذلك بسبب قدرتها على إزالة الأوساخ الثقيلة والأبواغ الفطرية مع الحفاظ على جودة الفاكهة، يتم اعتماد هذه الطريقة في مصر وإندونيسيا والمغرب لمختلف الأنواع مثل البطيخ، المانجو، الجريب فروت والفليفلة.

– ظهرت في السنوات الأخيرة كثير من الدراسات فيما يتعلق بدراسة تأثير استخدام الأشعة فوق البنفسجية UV–C في عملية حفظ جميع أنواع الأغذية، يعتمد مبدأ عمل UV على قدرتها على إتلاف الحمض النووي (RNA و DNA) للأحياء الدقيقة من خلال التفاعل بين فوتونات الأشعة والمادة الوراثية لهذه الكائنات [15]. عندما يخترق ضوء UV–C (254 nm) جدار الخلية يتم امتصاصه بواسطة الحمض النووي داخل الخلية. وهذا يعطل المادة الوراثية، مما قد يؤدي إلى تكوين روابط جديدة. حيث ترتبط قاعدتان متجاورتان في سلسلة RNA/DNA معاً. يعطل هذا الضرر الجيني قدرة الخلايا المصابة على التكاثر [7]، حيث يؤدي امتصاص الأشعة إلى تكوين منتجات ضوئية للحمض النووي DNA مثل ثنائيات بيريميدين السيكلوبوتان Cyclobutane Pyrimidine ومنتجات بيريميدين 6–4 بيريميدون 4–6 Pyrimidne Pyrimidone الضوئية، التي تعيق النسخ والتكرار مما يؤدي إلى حدوث طفرات وموت الخلايا [11]، علاوةً على ذلك، فإنّ الإفراط في إنتاج مركبات Reactive Oxygen Species

(ROS) (وهي منتجات ثانوية لعملية الاستقلاب الغذائي الطبيعي للأكسجين) الناجم عن الأشعة يمكن أن يؤدي إلى أكسدة الدهون الغشائيّة وتثبيط الأنزيمات الخلوية الحرجة [30].

تؤثر عدة عوامل في آلية عمل الأشعة فوق البنفسجية بما في ذلك شدة الضوء ونوع الأحياء الدقيقة المستهدفة والأغذية المعالجة والمسافة بين اللمبة والأغذية، والتي يمكن أن تختلف اعتماداً على التطبيق المحدد [15, 26].

من المهم ملاحظة أنّ هذه العوامل مترابطة ويجب أخذها في الاعتبار بشكل جماعي في أثناء تصميم وتنفيذ عمليات المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية.

تم استخدام الأشعة فوق البنفسجية بشكل أساسي لتقليل الحمل الميكروبي في الأطعمة والمشروبات السائلة مثل الحليب والعصائر وعصير التفاح والبيض السائل والمشروبات والعسل [31].

كما تم تطبيقها لتحسين سلامة المنتجات ومدة صلاحيّتها مثل الخضراوات والفواكه والعصائر الباردة وبدائل الحليب المشتقة من النباتات [26].

في دراسة أجراها باحثون [29] وجدوا أنّ الأشعة فوق البنفسجية قللت من إجمالي عدد الصفائح الهوائية والخميرة والعفن في عصير البرتقال المعالج باستخدام مفاعل أشعة UV ذو الأغشية الرقيقة، حيث زاد العمر الافتراضي لعصير البرتقال الطازج من يومين إلى أكثر من 5 أيام بعد العلاج بجرعة قدرها $73.8\ mJ/cm^2$، وقد كانت الطاقة اللازمة للمعالجة بالأشعة أقل من الطاقة اللازمة للتعقيم الحراري. ووجدوا أنّ فيتامين C الموجود في عصير البرتقال يتحلل بالأشعة وكان التحلل حوالي 12% في حين لم يتأثر نشاط أنزيم بكتين ميتيل أستيراز بالمعالجة

بالأشعة بالمقارنة مع انخفاض نشاطه بشكل ملحوظ بنسبة 70% عند المعالجة الحرارية (70 ºC لمدة 2 sec)، ولم يُلاحظ أي تغيّر كبير في لون عصير البرتقال أو pH.

أدّى تعرض الحمضيات لجرعات UV– C تتراوح من 0.5 إلى 8 $kJ\ m^{-2}$ إلى تقليل خسائر العفن بعد الحصاد بشكل متكرر في أنواع مختلفة من الحمضيات والأصناف [10].

وجد باحثون [14] أنّ تعرّض ثمار اليوسفي "ساتسوما" لمدة 10 دقائق لضوء الأشعة فوق البنفسجية C عند $3.38\ kJ\ m^{-2}$ كان سامّاً للنباتات.

إنّ استخدام التعبئة في أكياس من البولي ايتيلين (الوسط الغازي المعدّل) يمكن أن يكون حلاً لمنع التلوث اللاحق، إلا أنّه يجب أن يرتبط بسلسلة من الخطوات السابقة تتمثل بالتعقيم المسبق للثمار وإجراء عمليات التعبئة بعد التعقيم دون تعرض الثمار للتلوث سواء من الهواء أو من التلامس مع عمال التعبئة. وهو ما نقوم به في عملنا الحالي.

2- هدف البحث:

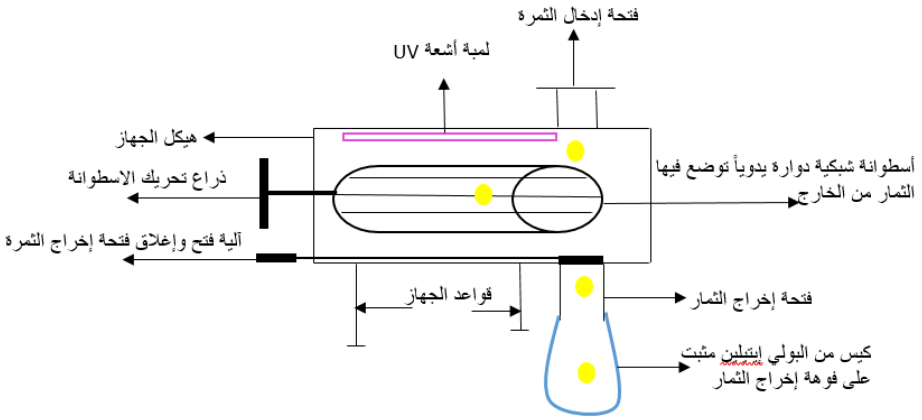
1- دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الحمولة الميكروبيولوجيّة لثمار البرتقال.

2- دراسة التغيرات التي تطرأ على ثمار البرتقال المخزّنة بالتبريد والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية والمعبأة في ظروف عقيمة.

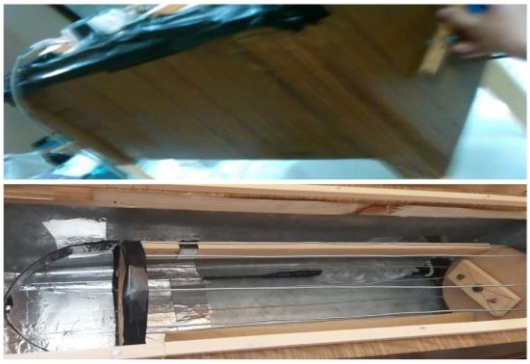
3- مواد البحث وطرائقه:

3-1- جهاز صُنع محلياً:

تمّ تصنيع الجهاز المبيّن بالشكل (1) والصورة (1) من أجل تجارب التطهير والتعبئة في ظروف عقيمة.



الشكل (1): جهاز صُنع محليّاً.



الصورة (1): صورة للجهاز من الخارج والداخل.

يتم التعقيم والتعبئة العقيمة كما يلي:

– يُثبّت الكيس بعد تعقيمه على فتحة إخراج الثمرة.

– تُسقط الثمرة إلى الجهاز عبر فتحة الإدخال إلى الأسطوانة الشبكية وتُعرّض للأشعة فوق البنفسجية وتبقى فيه للمدة المطلوبة (1, 5, 10, 15 min)، مع التحريك المستمر من الخارج بواسطة ذراع تحريك الاسطوانة.

– يتم سحب الثمرة عبر إمالة الجهاز. فتسقط الثمرة في الكيس عبر فوهة الإخراج.

– يتم اللحام الحراري للكيس.

– تُؤخذ الثمار للاختبار الميكروبيولوجي أو التخزين.

3–1– المنتج المدروس:

تم اختيار ثمار البرتقال من الصنف أبو سرة (Navel) وفق المواصفات التالية:

- حجم الثمرة: 70 ±5 mm.
- اللون: برتقالي تماماً.
- المادة الصلبة الكلية: 10.61 %.
- نسبة سكر / حمض: 1.94

تم اختيار الثمار السليمة وحديثة القطاف خالية من الجروح والكدمات.

3-3- غرف تخزين تجريبيّة مُجهزة بأنظمة التبريد وتدوير الهواء موجودة في مخبر الخزن والتبريد.

3-4- عبوات من أكياس البولي إيتيلين ثخانة 30 ميكرون.

3-5- جهاز القوام.

3-6- جهاز اللون.

3-7- غرفة زرع جرثومي.

3-8- ميزان مخبري دقيق.

3-9- جهاز تحليل الغازات: من نوع (PBI Dansensore Chek Mate 9900) دانمركي الصنع.

4- الاختبارات الكيميائيّة والفيزيائيّة والميكروبيولوجيّة الّتي أُجريت على الثمار:

4-1- نسبة الأحماض الكليّة (%): باستخدام طريقة المعايرة بماءات الصوديوم 0.1 N وحسبت النتائج على أساس حمض الليمون كحمض سائد حسب [9].

4-2- محتوى فيتامين C (mg/100g): حُدد بالطريقة اليودومتريّة وفقاً لـ [23].

4-3- اللون: باستخدام جهاز (CM-5) Spectrocolorimeter: حسب [16].

4-4- محتوى الماء: باستخدام جهاز التجفيف حتى ثبات الوزن حسب [8].

4-5- القوام: بحسب الطريقة المتبعة من قبل [8] وذلك باستخدام جهاز (System Micro .Texture Analyses Staple .TA.XT.Plus England Ltd).

4-6- 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 حتى نهايته لمتابعة حدوث أي إصابات فيزيولوجيّة أو نمو فطري مرئي على سطح الثمرة، ويحسب من خلال العلاقة التالية [5]:

النسبة المئوية للتلف% = 100 * [B/A]

حيث A: العدد الكلي للثمار و B: عدد الثمار التالفة.

4-7- تعداد الخمائر والفطور: استعمل الوسط المغذي PDA (Potato Dextrose Agar)، وتمّ التحضين عند درجة الحرارة 30°C ولمدة 72 ساعة [4].

4-8- تحديد نسبة الكحول الإيتيلي: حُدد بالطريقة اليودومتريّة وفقاً لـ [20].

4-9- تحديد السكريات: باستخدام طريقة فهلنغ [2].

4-10- تحديد الغازات: تم قياس الغازات باستخدام جهاز تحليل الغازات (PBI Dansensor, Ringsted, Denmark) حسب [13].

ملاحظات:

عند تطبيق الأشعة تم اعتماد ما يلي:

1- استطاعة اللمبة: 30 W.

2- البعد بين اللمبة والثمرة 15 cm وهو بعد ثابت في كافة التجارب.

3- تم تجريب تطبيق الأشعة لمدد مختلفة هي: 1, 5, 10, 15 دقيقة.

كما تم إجراء اختبارات التخزين وفق ما يلي:

1- معالجة واختيار زمن التطبيق الأفضل.

2- تخزين البرتقال المعالج بالأشعة لمدة شهر.

3- تخزين البرتقال المعالج تخزيناً طويل الأمد.

5- الدّراسة الإحصائيّة:

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

6- النّتائج:

6-1- نتائج اختيار زمن التطبيق الأفضل:

يُبين الجدول (1) نتائج التقييم الميكروبيولوجي لثمار البرتقال المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية والمخزنة لمدة 72 ساعة في ظروف عقيمة.

جدول (1) نتائج الدراسة الأولية للثمار المعالجة

البيان	الزمن sec	القوام kg/cm2	اللون Chroma	الحالة الميكروبيولوجية (تعداد الخمائر والفطور)
البرتقال	شاهد	2.98A±0.07	45.52b±0.04	+
	1	2.97A±0.02	45.52b±0.02	+
	5	2.95A±0.02	45.53b±0.02	+
	10	2.94A±0.01	45.54b±0.02	-
	15	2.93A±0.03	45.59a±0.01	-

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

ويتبيّن من الجدول (1) أنّ اختلاف زمن المعالجة لم يؤثر على قيم القوام للثمار بينما كان هناك فرق معنوي بسيط في لون الثمار. إلّا أنّ الحالة الميكروبيولوجية للثمار كانت أفضل عند زمن 10 و15 دقيقة ووفقاً للمراجع [24] تم اعتماد الزمن 10 min.

6-2- نتائج التخزين قصير الأمد لثمار البرتقال باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (10 min) والوسط الغازي المعدّل:

يُبين الجدول (2) تغيّر الخصائص الفيزيائيّة لثمار البرتقال باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (10 min) (مدة التخزين شهراً واحداً).

جدول (2) نتائج تغيّر الخصائص الفيزيائيّة لثمار البرتقال المعالجة

البيان	القوام kg/cm2	اللون Chroma
عينة برتقال شاهد	2.52±0.01	45.81±0.03
عينة برتقال معالجة	2.86±0.02	45.68±0.07

تمّ تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسط (ثلاث مكرّرات) ± الانحراف المعياري.

يُبين الجدول (3) التقييم الميكروبيولوجي لثمار البرتقال المخزنة بظروف الوسط المعدّل وباستخدام الأشعة فوق البنفسجية (10 min) بعد شهر من التخزين.

جدول (3) نتائج التقييم الميكروبيولوجي لثمار البرتقال المعالجة

البيان	التعداد العام	المظاهر العينية للثمار
عينة برتقال شاهد	+	ظهور عفن على سطح الثمار بشكل واضح
عينة برتقال معالجة	-	ثمار سليمة ولم يلاحظ وجود أعفان

بعد إجراء اختبار الخمائر والفطور لثمار البرتقال الشاهد والمعالجة تبيّن وجود فطور على سطح الثمار غير المعالجة، ومن مشاهدة مستعمرة الفطور وشكل الميسيليوم على البرتقال كانت شبيهة تماماً بالصور المرجعية لفطر Penicillium، 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.

من أجل التأكد من طبيعة الوسط المحيط بالثمار (الوسط ضمن عبوة البولي إيتيلين) وتركيبه الغازي أي محتواه من غازات CO_2 وO_2، من أجل الحكم على ملاءمتها لعملية التخزين، تم قياس تغيّر التركيب الغازي للوسط ضمن العبوات على مدى 20 يوم حيث حصل استقرار للوسط من حيث محتواه من O_2 وCO_2. يُبين الجدول (4) هذه القياسات.

جدول (4) تغيير التركيب الغازي للوسط المحيط بثمار البرتقال المعالجة (ضمن العبوة محكمة الإغلاق).

البيان	الغاز	زمن أخذ القراءة									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
برتقال شاهد	O2	21.0A ±0.1	19.3B ±0.1	17.6C ±0.1	15.9D ±0.2	14.6E ±0.3	13.5F ±0.2	12.2G ±0.2	11.4H ±0.1	11.6I ±0.1	11.0J ±0.2	11.3K ±0.1
	CO2	0.0j ±0.1	4.8i ±0.2	6.6h ±0.1	7.4g ±0.1	8.0f ±0.2	8.8e ±0.3	10.0a ±0.3	10.0a ±0.2	9.7c ±0.1	9.6d ±0.1	9.9b ±0.1
برتقال معالج بالأشعة فوق البنفسجية	O2	21A ±0.1	17.3B ±0.3	15.2C ±0.2	14.7F ±0.1	13.3I ±0.2	14.2H ±0.1	14.4G ±0.1	14.8E ±0.3	15.2C ±0.2	15.1D ±0.1	15.2C ±0.2
	CO2	0.0j ±0.1	9.2d ±0.1	10.2c ±0.3	11.0b ±0.2	12.2a ±0.2	11.0b ±0.1	8.9e ±0.1	8.0f ±0.2	7.1h ±0.1	6.5i ±0.1	7.3g ±0.2

تم تمثيل النتائج باستخدام قيم المتوسطات (ثلاث مكررات) ± الانحراف المعياري، وتُشير الأحرف الكبيرة إلى الفروق المعنوية الهامة في غاز O_2 بين المتوسطات ضمن السطر الواحد، بينما تُشير الأحرف الصغيرة إلى الفروق المعنوية الهامة في غاز CO_2 بين المتوسطات

ضمن السطر الواحد. مع ملاحظة أنّ التركيب الغازي يستقر بعد مرور 14–16 يوم على بدء التخزين.

6–3– نتائج التخزين طويل الأمد لثمار البرتقال باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (10 min) والوسط الغازي المعدّل:

يُبين الجدول (5) تغيير التركيب الكيميائي لثمار البرتقال المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية والمخزّنة في ظروف الوسط المعدّل.

جدول (5) نتائج تخزين ثمار البرتقال المعالجة

البيان	المركب	زمن أخذ القراءة (شهر)						
		0	1	2	3	4	5	6
برتقال شاهد	سكريات %	2.50C ±0.07	2.61B ±0.03	2.80A ±0.02	-	-	-	-
	الأحماض الكلية %	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 %	2.23C ±0.1	2.33B ±0.06	2.43A ±0.07	-	-	-	-
برتقال معالج بالأشعة فوق	سكريات %	6.49G ±0.05	6.85F ±0.02	7.24E ±0.01	7.66D ±0.01	8.10C ±0.02	8.53B ±0.03	9.01A ±0.01
	الأحماض الكلية %	2.73A ±0.06	2.10B ±0.02	1.60C ±0.02	1.13D ±0.03	0.72E ±0.01	0.54F ±0.01	0.40G ±0.02

البنفسجية 10 min	فيتامين C mg/100Ml	64.30E ±0.09	65.09D ±0.01	69.92C ±0.02	71.14A ±0.01	71.00B ±0.01	71.09A ±0.04	71.10A ±0.01
	نسبة الماء %	87.40A ±0.26	86.86B ±0.08	86.62C ±0.02	86.50CD ±0.01	86.46CD ±0.03	86.38D ±0.02	86.38D ±0.02
	الكحول الإيتيلي %	2.23G ±0.1	2.40F ±0.03	2.70E ±0.02	2.93D ±0.01	3.50C ±0.05	4.00B ±0.05	4.47A ±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 (6 أشهر)، مع مُلاحظة أنّ ثمار الشاهد تلفت بعد مرور شهرين فقط من التخزين.

يُظهر الجدول (6) نتائج تقدير القوام واللون لثمار البرتقال المخزّنة بالتبريد لمدة 6 أشهر، مع مُلاحظة أنّ نتائج البرتقال شاهد كانت بعد مرور شهرين فقط وذلك بسبب تلفها بالكامل بعد شهرين من التخزين.

جدول (6) تقدير القوام واللون لثمار البرتقال (عينة الشاهد بعد شهرين فقط).

البيان	القوام kg/cm^2		اللون Chroma	
	قبل التخزين	بعد التخزين	قبل التخزين	بعد التخزين
شاهد	2.98A±0.07	1.87B±0.01	45.52b±0.04	46.27a±0.01
أشعة فوق بنفسجية	2.98A±0.07	2.02B±0.01	45.52b±0.04	46.74a±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.

يُظهر الجدول (7) شكل ونسبة الفقد لثمار البرتقال المخزّنة بالتبريد لمدة 6 أشهر، مع مُلاحظة أنّ نتائج البرتقال شاهد كانت بعد مرور شهرين فقط وذلك بسبب تلفها بالكامل بعد شهرين من التخزين.

جدول (7) تقدير شكل ونسبة الفقد لثمار البرتقال (عينة الشاهد بعد شهرين فقط).

البيان	تغير الوزن %	تلف فيزيولوجي	تلف ميكروبيولوجي

	قبل التخزين	بعد التخزين	%	%
شاهد	0.00B±0.01	4.02A±0.01	40.00	100.00
أشعة فوق بنفسجية	0.00B±0.01	7.26A±0.01	2.60	2.00

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، وتبيّن لدينا بداية تلف ميكروبي في ثمار البرتقال المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بعد 6 أشهر من التخزين، وعند إجراء اختبار الخمائر والفطور ظهر عدد من المستعمرات الفطرية على سطح الطبق، ومن مشاهدة مستعمرة الفطور وشكل الميسيليوم على البرتقال كانت شبيهة تماماً بالصور المرجعية لفطر Peincillium.

تُظهر الصورة (2) ثمار البرتقال المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بعد 6 أشهر من التخزين.

الصورة (2): ثمار البرتقال المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية.

7- مناقشة النتائج:

عند مقارنة النتائج الأوليّة للمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية وفق عدة أزمان تمّ الوصول إلى أفضل زمن معالجة لثمار البرتقال وهو 10 min وهذا يتفق مع [24]. لذلك تمّ استكمال التخزين عند هذا الزمن.

إنّ دراسة تأثير زمن التخزين (6 أشهر) والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية (10 min) لثمار البرتقال، وتخزينها عند الدرجة (4°C) بشكل عقيم ضمن أكياس من البولي إيتيلين، أظهر أنّ هناك فرق معنوي هام $P<0.05$ في قيم السكريات كنتيجة لتأثير زمن التخزين، حيث زادت نسبة السكريات من 6.49 % إلى 9.01 % بعد ستة أشهر من التخزين، ويعود ذلك إلى نضج ثمار البرتقال الذي يتمثل بتراكم السكر والذي بدوره يعتمد على الأنزيمات التحفيزية الرئيسية في عملية التمثيل الغذائي للسكر [18]، حيث يتم تحويل السكروز إلى فركتوز وغلوكوز بواسطة أنزيم الانفرتاز (INV) Invertase، وعلى العكس من ذلك، يُحفز أنزيم فوسفات السكروز (SPS) Sucrose Phosphate Synthase تخليق السكروز من الفركتوز والغلوكوز، مما أدى إلى زيادة محتوى السكروز والغلوكوز والفركتوز [25].

تُساهم الأحماض العضوية (وخاصة حمض الستريك والماليك) بشكل كبير في نكهة الحمضيات ويُلاحظ انخفاض كبير في قيمتها خلال التخزين ويُعزى ذلك إلى استقلاب السترات Catabolisme of Citrate، حيث يتم استقلابها بواسطة دورة حمض ثلاثي الكربوكسيليك (TCA) Ticarboxylic Acid Cycle، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة على شكل ATP [12].

لوحظ زيادة بسيطة في قيم فيتامين C خلال التخزين وربما يكون السبب في ذلك انتقال فيتامين C من القشرة إلى اللب خلال التخزين [27].

تُؤثر المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية في معدل التنفس والنتح [21] وبذلك يكون الانخفاض في نسبة الماء لثمار البرتقال في حدوده الدنيا، حيث انخفضت من % 87.40 إلى % 86.38 بعد ستة أشهر من التخزين.

يرتبط حدوث نكهات غير مرغوبة في ثمار الحمضيات المخزّنة بالتراكم الأعلى للمواد المتطايرة مثل الإيتانول (الكحول الإيتيلي)، الناتج عن عملية التنفس [6]، وقد كان هناك فرق معنوي هام لقيم الإيتانول مع استمرار التخزين.

أدّى علاج الأشعة فوق البنفسجية إلى تأخير التغيرات في لون الثمار من خلال الحد من نشاط بعض الأنزيمات مثل بولي فينول أوكسيداز (PPO) Polyphynol Oxidase وإيزوميراز الكاروتين Caroten Isomeras [27]، حيث أظهرت قيم اللون لثمار البرتقال اختلافات طفيفة أثناء التخزين.

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 المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية تعمل على تثبيط نشاط الأنزيمات المحلّلة، وبالتالي تُؤدي إلى تأخير تليين الثمار ونضجها [19].

يمكن أن تساعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية بعد الحصاد في تقليل خسارة الحمضيات من حيث التلف الفيزيولوجي الذي انخفض من % 40 إلى % 2.60 مقارنة بعينة الشاهد، ومن ناحية أخرى فقد انخفض التلف الميكروبيولوجي من % 100 إلى % 2 مقارنة بعينة الشاهد، وهذا يتوافق مع الدراسة التي قام بها [27] حول فعالية الأشعة فوق البنفسجية في تقليل العفن على الخضراوات.

8- الاستنتاجات:

يمكن تعقيم ثمار البرتقال باستخدام الأشعة فوق البنفسجية بزمن تطبيق 10 min وحفظها ضمن أكياس من البولي إيتيلين لمدة 6 أشهر دون حدوث تغييرات هامّة في الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة للثمار، فقد حافظت الثمار على قوامها ولونها وكان التلف الفيزيولوجي والميكروبي في حدوده الدُّنيا.

9- المراجع:

9-1- المراجع العربيّة:

- الإحصاءات السنوية التجارية، 2009.

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

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

9-1- Translation of Arabic references:

1- Annual commercial statistics, 2009.

2- Al- Baqoni, M.R., 2006- Food Chemistry (Practical section), University books and puplications directorate, Collage of chemical and petroleum engineering, Al-Baath university, Syria.

3- Syrian statistical group, 2022.

4- Sadek, Sh., Kashtaari, M. and Aboud, R., 2006- Microbiology (Practical section), University books and puplications directorate, Collage of chemical and petroleum engineering, Al-Baath university, Syria.

5- Abdu Allah, H. and Ali, A., 2010- Packaging and storeing fruits and vegetables (Practical section), University books and puplications directorate, Tishreen university, Syria.

9-2- المراجع الأجنبية:

6- Alhassan, N.; Golding, J.; Wills, R.B.H.; Bowyer, M.C. and Pristijono, P., 2018- Long Term Exposure to Low Ethylene and Storage Temperatures Delays Calyx Senescence and Maintains 'Afourer' Mandarins and Navel Oranges Quality, Journal of Food. Vol. 8 (1). 19-31.

7- Allai, F.M.; Azad, Z.R.A.A; Mir, N.A. and Gul, K., 2023- Recent advances in non-thermal processing technologies for enhancing shelf life and improving food safety, Applied Food Research, vol. 3. 100258.

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

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

10- Ben-Yehoshua, S.; Rodov, V.; Kim, J.J. and Carmeli, S., 1992- Performed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments, Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 40. 1217-1221.

11- Gayán, E.; Condón, S. and Álvarez, I., 2014- Biological Aspects in Food Preservation by Ultraviolet Light: A Review, Food and Bioprocess Technology, vol. 7. 1-20.

12- Hu, L.; Yang, C.; Zhang, L.; Feng, J. and Xi, W., 2019- Effect of light emitting diodes and ultraviolet irradiation on the soluble sugar, organic acid, and carotenoid content of postharvest sweet oranges (Citrus Sinensis L. Osbeck), Molecules, vol. 24 (19). 3440.

13- 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. Vol. 13 (5). 960- 971.

14- Kinay, P.; Yildiz, F.; Sen, F.; Yildiz, M. and Karacali, I., 2005- Integration of pre- and postharvest treatments to minimize Penicillium decay of Satsuma mandarins, Postharvest Biology and Technology, vol. 37. 31-36.

15- Koutchma, T., 2009- Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-Thermal Processing of Liquid Foods, Food and Bioprocess Technology, vol. 2. 138-155.

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

17- Lanza, G.; Di Martino Aleppo, E.; Strano, M.C.; Calandra, M.; Aloisi, V., 2006- Evaluation of new treatments to control postharvest decay of citrus. In: Proceedings of the 12th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Greece, pp. 172–174.

18- Liao, L.; Dong, T.; Qiu, X.; Rong, Y.; Wang, Z. and Zhu, J., 2019- Nitrogen nutrition is a key modulator of the sugar and organic acid content in citrus fruit, Plose One, vol. 14 (10). 1-18.

19- 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.

20- 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.

21- Pristijono, P.; Bowyer, M.C.; Papoutsis, K.; Scarlett, C.J.; Vuong, Q.V.; Stathopoulos, C.E. and Golding, J.B., 2019- Improving the storage quality of Tahitian limes (Citrus Latifolia) by pre-storage UV-C irradiation, Journal of Food Science and Technology, vol. 56. 1438-1444.

22- Sapers, G.M., 2001- Efficacy of washing and sanitizing methoda for disinfection of fresh fruit and vegetable products, Food Technology and Biology, vol. 39(4). 305-311.

23- 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. Vol. 10 (3). 2361-2369.

24- Shen, Y.; Sun, Y.; Qiao, L.; Chen, J.; Liu, D. and Ye, X., 2013- Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin dyring refrigerated storage, Postharvest Biology and Technology, vol. 76. 50-57.

25- Shi, L.; Cao, S.; Shao, J.; Chen, W.; Yang, Z. and Zheng, Y., 2016- Chinese bayberry fruit treated with blue light after harvest exhibit enhanced sugar production and expression of cryptochrome genes, Postharvest Biology and Technology, vol. 111. 197-204.

26- Singh, H.; Bhardwaj, S.K.; Khatri, M.; Kim, K.H. and Bhardwaj N., 2021- UVC radiation for food safety: an emerging technology for the microbial disinfection of food products, Chemical Engineering Journal, vol. 417. 128084.

27- Sontag, F.; Liu, H. and Neugart, S., 2023- Nutritional and physiological effects of postharvest UV radiation on vegetables: A review, Agricultural and Food Chemistry, vol. 71. 9951-9972.

28- Spadoni, A.; Neri, F.; Bertolini, P. and Mari, M. 2013- Control of Monilinia rots on fruit naturally infected by hot water treatment in commercial trials, Postharvest Biology and Technology, vol. 86. 280-284.

29- Tran, M.T.T. and Farid, M., 2004- Ultraviolet treatment of orange juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies, vol. 5. 495-502.

30- Visser, P.M.; Poos, J.J.; Scheper, B.B.; Boelen, P. and Van Duyl, F.C., 2002- Diurnal variations in depth profiles of UV-induced DNA damage and inhibition of bacterioplankton production in tropical coastal waters, Marine Ecology Progress Series, vol. 228. 25-33.

31- Yemmireddy, V.; Adhikari, A. and Moreira, J., 2022- Effect of ultraviolet light treatment on microbiological safety and quality of fresh produce: an overview, frontiers Nutrition, vol. 9.