تأثير المعالجة بأشعة غاما في بعض المؤشرات التخزينية لثمار البرتقال فلانسيا المنتج في سوريا

سندس البشير* **بشرى هولا***

سهيل حداد* **محفوظ البشير****

الملخص

يعد البرتقال من أهم ثمار الفاكهة المزروعة في سوريا من حيث الإنتاج، ومن أكثر ثمار الفاكهة إهمالاً من حيث التسويق والتخزين، وبهدف دراسة قابلية تخزين ثمار البرتقال المنتجة محلياً وتأثير ألأشعة في قابلية التخزين، فقد تم تعريض ثمار البرتقال فلانسيا للجرع 0 و 0,5 و 1.0 و 1.5 كيلو غري من أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع كوبالت 60، وتخزين الثمار بعد المعالجة في غرف مبردة، حيث تراوحت درجة حرارة التخزين بين 2 و 4 درجة مئوية والرطوبة بين 80 و 90%، وقدر خلال مراحل التخزين المختلفة (6 و 12 و 18 أسبوع)، معدلات فقد الوزن والتلف والفقد الكلي وأضرار القشرة. حيث بينت نتائج هذه التجارب انخفاض قابلية تخزين ثمار البرتقال فلانسيا (الشاهد) المنتج في سوريا بدلالة ارتفاع نسبة فقد الوزن وارتفاع معدل الإصابة بأضرار القشرة، وكان للمعالجة الإشعاعية تأثير سلبي في قابلية تخزين ثمار البرتقال فلانسيا بدلالة ارتفاع معدلات التلف الكلي عند الثمار المعالجة بالأشعة مقارنة مع ثمار الشاهد، ويشار بذلك إلى ضرورة متابعة العمل بدراسة تأثير كل من الظروف المناخية

* قسم البساتين– كلية الزراعة– جامعة دمشق.

** قسم تكنولوجيا الإشعاع– هيئة الطاقة الذرية السورية.

السائدة والعوامل الإنتاجية المتبعة خلال الإنتاج بما في ذلك موعد القطاف في قابلية تخزين ثمار البرتقال، لتثبيت الشروط المثلى للتخزين.

الكلمات المفتاحية: أشعة غاما، برتقال فلانسيا، تخزين، فقد الوزن، التلف، الفقد الكلي، أضرار القشرة.

Effect of gamma irradiation on some storage indexes of Valencia orange fruits produced in Syria

Al-Bachir.S* **Hulla.B***
Haddad.S* **Al-Bachir.M****

Abstract

Orange is one of the most important fruit produced in Syria, but the storability of the orange fruit is not well known. To determine the storability, and the effect of gamma irradiation on storability of orange fruits, Valencia orange fruit were subjected to gamma irradiation doses of 0.5, 1.0, and 1.5 kGy using gamma ^{60}Co irradiator facility. Fruits were kept in a refrigerator (1-4 ^{0}C), and the humidity (80 – 90%). Weight losses, spoilage, total losses, and the skin deterioration were evaluated at 6, 12, and 18 weeks. The results indicated that the storability of orange fruits produced in Syria is not well according to the high weight loses and skin damages. There was a negative effect of gamma irradiation on storability of orange fruits. Therefore more studies are need to evaluate the effect of environment and production factors on storability of orange fruit, and to determine the best harvest time and storage conditions.

Keywords: Gamma irradiation, Valencia orange, Storage, Weight losses, Spoilage, Total losses, Skin damage.

* Agriculture faculty- Damascus university- horticultural Dept.

** Syrian Atomic Energy Commission- Radiation technology dept.

المقدمة:

تعد ثمار الفاكهة ومنها الحمضيات من المنتجات سريعة التلف حيث تصل نسبة التلف في هذه الثمار إلى 50%، ويعود تلف الثمار بعد قطافها إلى عوامل داخلية ينتج عنها شيخوخة الثمار Senescence والتلف (التحلل) الفيزيولوجي Physiological spoilage وفقد الوزن Weight loss (Lanza وزملاؤه، 2000 Plaza وزملاؤه، 2003؛ Schirra وزملاؤه 2004)، وإلى عوامل خارجية ينتج عنها التلف Spoilage الناتج عن إصابة الثمار ببعض أنواع الفطريات الضارة Fungal Pathogens والحشرات Insect، (Schirra و Cohen، 1999؛ Hearn، 1990؛ Plaza وزملاؤه، 2003). ويرتبط شدة تجلي هذه العوامل وسرعة تطورها ونتائج هذا التطور من أعراض تظهر على الثمار، على ظروف التخزين التي تشجع أو تؤخر النشاط الفيزيولوجي وتكشف أعراض التلف بما في ذلك فقد الوزن، وبالتالي فقد كان ضبط شروط التخزين من أولويات اهتمام العاملين في مجال تخزين ثمار الفاكهة، حيث يتم ضبط هذه الشروط من خلال التبريد والتخزين في جو هوائي معدل واستعمال المعالجة الكيميائية للثمار (Bourne، 1982؛ Laurin وزملاؤه، 2003؛ Paull، 1999؛ Ritenour، 2004؛ Nunes، 2008)، ومعالجة الثمار بالأشعة المؤينة باعتبار أن معالجة المواد الغذائية ذات المصدر النباتي ومنها ثمار الفاكهة بالأشعة يساعد على تنظيم العمليات الاستقلابية وخفض شدة التنفس وخفض النشاط الأنزيمي (Al-Bachir وزملاؤه، 1984؛ Al-Bachir وSass، 1987) وتأخير نضج الثمار وإطالة فترة تخزينها وتحسين الخصائص التخزينية للثمار والقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المحمولة على الثمار والمسببة لتلفها (Al-Bachir، 1998[a,b]؛ 1999[a,b])، وتخليص هذه المنتجات من حمواتها الحشرية(Al-Bachir، 1998[c]؛ Mansour و Al-Bachir، 1995).

تعد الحمضيات ومن بينها البرتقال من أشجار الفاكهة المزروعة بشكل واسع في العالم بشكل عام وفي سوريا بشكل خاص، و تنتشر زراعة الحمضيات في سوريا على

الشريط الساحلي، حيث الظروف المناخية الملائمة لنمو الأشجار وإنتاج الثمار، ويحتل البرتقال مركز الصدارة في الإنتاج والاستهلاك بين أنواع الفاكهة التي تستهلك بشكل طازج، حيث يتراوح الإنتاج السنوي لثمار البرتقال في سوريا بين 600 و 700 ألف طن (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية الصادرة في عام 2016 عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي والمتضمن حجم الإنتاج الزراعي في القطر حتى عام 2014) (MAAR، 2016)، وبالرغم من الأهمية التي تحتلها ثمار البرتقال في الاقتصاد الزراعي السوري، إلا أن الاهتمام بهذه الثمار بعد حصادها لا يرقى إلى الأهمية التي يحتلها هذا المنتج في الاقتصاد الزراعي، ويستدل على ذلك من تذبذب أسعار هذه السلعة انخفاضا في موسم فيض الإنتاج والخسائر المادية التي يمكن أن يسببها هذا الانخفاض على المنتج، وارتفاعا خارج موسم الإنتاج وما يرافق هذا الارتفاع من عبء مالي يفوق طاقة المستهلك من ذوي الدخل المحدود.

بالرغم من البدء باستخدام الأشعة المؤينة في مجال حفظ الأغذية في العالم منذ منتصف القرن الماضي، والسماح باستخدام هذه التقانة في معالجة الغذاء في أكثر من 55 دولة، واستثمارها تجارياً في أكثر من 10 دول (Kume وزملاؤه، 2009؛ IAEA، 2008، 1992)، ومن بينها سوريا التي سمحت بتشعيع الأغذية منذ عام 1986. وبالرغم من تناول جزء من برنامج تشعيع الأغذية في سوريا دراسة تأثير المعالجة الإشعاعية في بعض أنواع الفاكهة المنتجة محليا، كثمار التفاح (Al-Bachir، 1998[b]؛ 1999[a]؛ Mansour وزملاؤه، 2004)، وثمار العنب (Al-Bachir، 1998[a]؛ 1999[b])، وثمار الدراق (Al-Bachir،1995)، وثمار الفريز (Al-Bachir و Farah، 1998)، وثمار الزيتون (Al-Bachir،2001 ؛ 2003)، والجوز البلدي (Al-Bachir، 2004)، إلا أن البرنامج لم يتطرق حتى تاريخه لدراسة تأثير الأشعة في ثمار الحمضيات بشكل عام وثمار البرتقال بشكل خاص، وذلك بالرغم من الأهمية التي يحتلها هذا المنتج محليا. كل ذلك كان مبررا لان يكون هذا الموضوع من أولويات اهتمامنا.

لقد كان الهدف من هذا العمل دراسة تأثير التخزين في جو هوائي مبرد في مختلف أنواع التلف التي يمكن أن تصيب الثمار، ودراسة تأثير الجرع 0.5 و1.0 و1,5 كيلو غري من أشعة غاما في بعض مواصفات ثمار البرتقال، واختير لهذا العمل ثمار الصنف فلانسيا لأهميته المحلية والعالمية.

مواد وطرائق العمل:

1–الصنف المستخدم وموقع وموسم الإنتاج:

استخدم في تجارب هذا العمل صنف البرتقال فلانسيا *Citrus sinenisis* الذي ينتمي إلى العائلة *Rutacaea*، وهو من الأصناف ذات الأهمية الاقتصادية محليا وعالميا، حيث تم قطف الثمار من أحد بساتين محافظة طرطوس بتاريخ 23/ 6/ 2012، وهو الموعد المعتمد من قبل منتجي ومسوقي الحمضيات في المحافظة، حيث تستخدم الدلائل الحسية والخبرة الشخصية في تحديد درجة نضج الثمار. وتم نقل الثمار في اليوم التالي إلى محافظة دمشق مركز دير الحجر حيث يوجد محطة التشعيع ومستودع التخزين ومخابر التحليل اللازمة لتنفيذ العمل.

2–تجهيز الثمار وشروط المعالجة بالأشعة والتخزين

تم تقسيم الكمية الكلية للثمار إلى أربع مجموعات متساوية، وتم تعبئة كل مجموعة بصناديق بلاستيكية سعة الصندوق 5 كغ، واعتبر كل صندوق بمثابة مكرر، بحيث استخدم لكل معاملة أو مرحلة إختبار ثلاثة مكررات، عرضت صناديق المجموعة الأولى لجرعة إشعاعية قدرها 0.5 كيلو غري، وعرضت صناديق المجموعة الثانية لجرعة إشعاعية قدرها 1 كيلو غري، وعرضت صناديق المجموعة الثالثة لجرعة إشعاعية قدرها 1.5 كيلو غري، وتركت صناديق المجموعة الرابعة كشاهد. استخدم في المعالجة الإشعاعية أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع كوبالت 60. بمعدل جرعة قدرة 669غري في الساعة، حيث تم التشعيع بدرجة حرارة الغرفة 10–15 س^{o}، وتم تقدير

الجرعة الإشعاعية الممتصة باستخدام مقياس كلور البنزن الكحولي، الذي تم تحضيره في المخبر بمزج 24 مل من كلور البنزين مع 4 مل من الماء المقطر، و0.04 مل من الاسيتون، و0.04 مل من البنزين و 100 مل من الايثانول. تم تقدير الجرعة الإشعاعية الممتصة بقياس أيونات الكلوريد أو الهيدروجين المتشكلة باستخدام جهاز قياس التردد (OK-302/2, Radelkisz, Budapest, Hungary) (Oscillotitrator) (Al-Bachir، 2004). ونقلت الثمار بعد المعالجة الإشعاعية مباشرة لتخزن في البراد بدرجة حرارة قدرها 2 – 4 م° ورطوبة نسبية من 80 –90%.

3–تقدير معدلات التلف:

لقد تم تقدير كل من فقد الوزن Weight loss والتلف Spoilage والفقد الكلي Total loss عند ثمار البرتقال، كما تم تقدير حجم أضرار قشرة الثمار والمتمثلة بأضرار البرودة Chilling injury ونقر وتبقع القشرة Peel pitting or browning، وذلك خلال مراحل التخزين المختلفة. حيث تم تقدير فقد الوزن باختيار 10 ثمار متجانسة من كل مكرر وترقيمها وأخذ وزنها في بداية فترة التخزين وخلال مراحل التخزين المختلفة، وبحساب فرق الوزن، فقد تم حساب النسبة المئوية لفقد الوزن لكل ثمرة، ومن ثم تم حساب المتوسط العام لفقد الوزن لكل معاملة. وتم تقدير النسبة المئوية للتلف باختيار 30 ثمرة متجانسة من كل مكرر، وحساب النسبة المئوية للتلف بإحصاء عدد الثمار التالفة (اعتبرت الثمرة تالفة عند ازدياد مساحة التلف على سطح الثمرة عن 1 سم2) (Al-Bachir، 1999[a]). وتم تقدير الفقد الكلي عند الثمار بمعرفة النسبة المئوية لفقد الوزن والنسبة المئوية للتلف وبتطبيق المعادلة الرياضية التالية:

الفقد الكلي = 100– (100 – فقد الوزن) X (100 – التلف)/ 100

(Al-Bachir، 1999[a]).

4–تصميم التجربة وتحليل النتائج إحصائياً:

تم توزيع معاملات التخزين الأربعة (0.0 و0.5 و1.0 و1.5 كيلو غري) بتصميم عشوائي كامل، بأربع مراحل تخزين (0 و6 و12 و18 أسبوع)، وثلاثة مكررات لكل معاملة (5 كغ في كل مكرر). أخضعت البيانات إلى اختبار تحليل التباين (ANOVA) باستخدام برنامج (Super Anova) (Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA. USA; 1998) حيث تم مقارنة قيم متوسطات المعاملات باعتماد طريقة فيشر لأقل فرق معنوي FLSD (Snedecor وCochran، 1988) وبحد ثقة قدره ($p < 0.05$).

النتائج والمناقشة:

1–تأثير التبريد وأشعة غاما في فقد الوزن عند ثمار البرتقال فلانسيا:

بينت النتائج المدونة في الجدول 1 أن معدل فقد الوزن Weight loss عند ثمار البرتقال فلانسيا المنتج في سوريا هي 7.77 و12.93 و20.84% عند تخزين الثمار (بدرجة حرارة من 2 إلى 4 م^{o} ورطوبة نسبية من 80 الى 90%) لمدة 6 و12 و18 أسبوعاً على التتالي، بزيادة معنوية ($p<0.05$) في فقد الوزن مع زيادة فترة التخزين التي استمرت 18 أسبوع. لم يلاحظ وجود فروق معنوية في فقد الوزن بين الثمار الشاهد والثمار المعالجة بالجرع 0.5 و 1.0 و 1.5 كيلو غري من أشعة غاما وذلك عند تخزين الثمار لمدة 6 أسابيع، ولم يسجل تأثير يذكر للمعالجة بالجرع 1 و 1.5 كيلو غري في فقد الوزن حتى عند تخزين الثمار لفترات زمنية أطول نسبيا 12 و 18 أسبوع، في حين أدى استخدام الجرعة المنخفضة من أشعة غاما (0.5 كيلو غري) إلى زيادة غير معنوية في فقد الوزن وذلك بعد مرور 12 أسبوعا من التخزين وأصبحت هذه الزيادة معنوية ($p<0.05$) بعد 18 أسبوع من التخزين (الجدول 1).

الجدول (1): تأثير أشعة غاما في فقد الوزن (%) خلال التخزين عند ثمار صنف البرتقال فلانسيا.

فترة التخزين (أسبوع) المعاملة	وزن الثمرة (غرام)	0	6	12	18	SD 5%
Control	188.55±13.99	–	7.77±1.25	12.93±2.22	20.84±2.24	**2.62**
0.5 KGY	183.76±12.08	–	7.97±0.75	15.28±1.88	24.72±3.33	**3.00**
1.0 KGY	190.60±9.81	–	7.22±0.64	12.44±1.26	20.32±1.31	**1.48**
1.5 KGY	184.96±3.59	–	7.04±0.37	12.02±0.48	19.34±0.12	**0.48**
SD 5%	16.35	–	**1.27**	**2.47**	**3.25**	

يتأثر فقد الوزن Weight loss بمدة ودرجة حرارة ورطوبة التخزين، وعلى سبيل المثال، فقد كان فقد الوزن عند ثمار البرتقال الصنف Lane Late المخزنة بدرجة حرارة 1 و3 درجة مئوية 0.09 و1.6% بعد 20 و30 يوم تخزين على التتالي، وعند نقل الثمار وتخزينها بدرجة حرارة قدرها 22 درجة مئوية لمدة 30 يوم فقد ازداد فقد الوزن ليصل إلى 16٪ (Henriod وزملاؤه؛ 2005). وتراوح معدل فقد الوزن عند ثمار البرتقال المخزنة لمدة 16 يوم بدرجة حرارة قدرها 1 درجة مئوية بين 1.56 و2.34%، وازداد بشكل معنوي ليصل إلى نسبة تتراوح بين 4.71 و6.37% عند نقل الثمار وتخزينها بدرجة حرارة قدرها 8 درجة مئوية وتخزينها لمدة 3 أسابيع، بالإضافة إلى خزنها لمدة أسبوع بدرجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية (Schirra وزملاؤه؛ 2004). يزداد معدل فقد الوزن عند ثمار البرتقال "فلانسيا" المخزنة في درجة حرارة قدرها 4 درجة مئوية مع زيادة فترة التخزين، حيث وصل معدل فقد الوزن بعد مرور 6 أشهر على التخزين إلى 4.98% من وزن بداية التخزين (Erkan وزملاؤه؛ 2005). وعن تأثير درجة حرارة التخزين في فقد الوزن عند ثمار البرتقال صنف Lane Late المخزنة في درجة حرارة قدرها 1 أو 5 درجة مئوية بالإضافة إلى 21 يوما بدرجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية في مستويات مرتفعة أو

منخفضة من الرطوبة، فقدرت بحوالي 3 و13% من وزنها الأولى بعد مرور 77 يوما على تخزينها، على التتالي (Henriod، 2006). وبعد 20 يوما من التخزين، فان فقد الوزن عند ثمار البرتقال المخزنة بدرجة حرارة قدرها 12 و20 و30 درجة مئوية ورطوبة نسبية قدرها 45٪، قد وصل تقريبا إلى 2.3 و3.0 و13% على التتالي، في حين انخفض فقد الوزن بمقدار أربعة مرات عند الثمار المخزنة في درجات الحرارة عينها وبرطوبة نسبية قدرها 95٪ (Alferez وزملاؤه؛ 2003).

يعود فقد الوزن عند ثمار الفاكهة بشكل عام إلى فقد الماء بخروجه كبخار من الثغور والمسام الموزعة على قشرة الثمرة والذي يؤدي بدوره إلى جفاف الثمرة، ويزداد خروج الماء بهذه الطريقة مع انخفاض الرطوبة النسبية في الجو المحيط بالثمرة؛ والى فقد المادة الصلبة من خلال احتراق الكربوهيدرات بعملية التنفس وتحولها إلى ماء وثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide وطاقة، ويزداد فقد المادة الصلبة بزيادة شدة التنفس، وتزداد شدة التنفس خلال التخزين بازدياد درجة الحرارة، حيث قدرت كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن كيلو غرام فاكهة في الساعة (3 مغ من ثمار التفاح و5 مغ من ثمار الدراق و15 مغ من ثمار الفريز عند التخزين بدرجة حرارة قدرها صفر مئوي، و4 مغ من ثمار التفاح و8 مغ من ثمار الدراق و27 مغ من ثمار الفريز عند التخزين بدرجة حرارة قدرها 4.4 س^{o} ، و22 مغ من ثمار التفاح و38 مغ من ثمار الدراق و82 مغ من ثمار الفريز عند التخزين بدرجة حرارة قدرها 15.6 س^{o}) (Sass، 1993)، وعن تأثير أشعة غاما في شدة تنفس الثمار فلم يلاحظ في الأدبيات العلمية نتائج لأعمال منفذة على ثمار البرتقال، وهناك أعمال تناولت تأثير أشعة غاما في شدة تنفس أنواع أخرى من الثمار، حيث بينت نتائج التجارب المنفذة أن تعريض ثمار أصناف مختلفة من ثمار التفاح لجرع من 50 وحتى 1500 غري قد أدى الى تحفيز وزيادة شدة التنفس، وازداد هذا التأثير طردا مع انخفاض الجرعة الإشعاعية المستخدمة، وانحصر هذا التأثير خلال

التخزين لتصل شدة التنفس في نهاية فترة التخزين إلى مستوى يقل عما هو عليه عند ثمار الشاهد (Chachin و Ogata، 1976؛ Al-Bachir و Sass، 1989)

2–تأثير التبريد وأشعة غاما في التلف الفطري (التحلل) عند ثمار البرتقال فلانسيا:

بينت النتائج المدونة في الجدول 2 أن معدل التلف الفطري (التحلل) Spoilage عند ثمار البرتقال فلانسيا المنتج في سوريا هي 0.00 و2.50 و2.50% عند تخزين الثمار (بدرجة حرارة من 2 الى 4 م^{o} ورطوبة نسبية من 80 إلى 90%) لمدة 6 و12 و18 أسبوعاً على التتالي. ولم يلاحظ وجود فروق معنوية في التلف الفطري بين الثمار الشاهد والثمار المعالجة بالجرع 1.0 و1.5 كيلو غري من أشعة غاما وذلك عند تخزين الثمار لمدة 12 أسبوع، وكان لجميع الجرع الإشعاعية المستخدمة (0.5 و1.0 و1.5 كيلو غري) تأثير معنوي ($p<0.05$) في زيادة التلف الفطري (التحلل) وذلك عند تخزين الثمار لمدة 18 أسبوع، وتناسب هذا التأثير في زيادة التلف طردا مع انخفاض الجرعة الإشعاعية المستخدمة (الجدول 2).

الجدول (2): تأثير أشعة غاما في تلف التخزين القطري (التحلل) (%) عند ثمار صنف البرتقال فالانسيا.

فترة التخزين (أسبوع) المعاملة	0	6	12	18	SD 5%
Control	–	0	2.50±1.67	2.50±3.19	**2.77**
0.5 KGY	–	0	10.83±5.70	31.67±8.39	**7.81**
1.0 KGY	–	0	5.00±3.33	25.00±8.82	**7.26**
1.5 KGY	–	0	2.50±1.67	15.83±6.87	**5.45**
SD 5%	–	**0**	**5.39**	**11.04**	

بمقارنة هذه النتائج مع نتائج أعمال علمية منفذة في أماكن أخرى من العالم على ثمار صنف البرتقال فلانسيا المخزن على درجة حرارة قدرها 4 درجة مئوية فقد سجل زيادة معنوية في تلف الثمار مع زيادة فترة تخزينها، حيث بلغت نسبة التلف 24% بعد مرور 6 أشهر على التخزين (Erkan وزملاؤه، 2005)، وعن تأثير الأشعة في التلف عند ثمار البرتقال، فقد أشارت نتائج أعمال نفذت في النصف الثاني من القرن الماضي إلى إمكانية خفض التلف الناتج عن الإصابات الفطرية عند ثمار صنف البرتقال الفلانسيا المعرض للجرع 1 و 2 و 3 كيلوغري من أشعة غاما وتخزينها على درجة حرارة قدرها 4.4 درجة مئوية اتبع بتخزين لمدة أسبوع بدرجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية (Grieson و Dennison، 1965؛ Dennison وزملاؤه، 1966).

بينت نتائج تجارب (Beraha وزملاؤه، 1959[a/b]) أن استخدام جرع تتراوح بين 1.5 و 2.0 كيلو غري من أشعة غاما، يمكن أن يعيق ظهور التلف على ثمار البرتقال Orange والليمون Lemon، الناتجة عن الإصابة بفطر البنسيليوم *Penicillium digitatum* المسبب للعفن الأزرق Blue mold، وبفطر البنسيليوم *P.Inoculated* المسبب للعفن الأخضر Green mold، وكان لاستخدام أشعة غاما بالجرع المناسبة تأثير واضح في خفض معدلات الإصابة بالعفن الأزرق لثمار البرتقال أبو صرة Navel Orange والإصابة بالعفن الأخضر عند ليمون كاليفورنيا California lemon (Beraha، 1964).

بالمقابل فقد بين Grierson و Dennison (1965) عدم وجود تأثير إيجابي لاستخدام الجرع 1.0 و 1.5 و 2.0 و 3.0 كيلو غري من أشعة غاما في وقف تلف ثمار برتقال فلوريدا أبو صرة وصنف مارش من الغريب فروت March Grapefruit والناتج عن فطريات البنسيليوم *Penicillium* أو فطريات *Diplodia natalensis* حيث كانت نسبة التلف عند الثمار المعالجة بهذه الجرع والمخزنة بدرجة حرارة 21.1 م^0 مساوية لنسبة التلف عند الثمار الشاهد المخزنة في شروط مماثلة وأشارت هذه الدراسة إلى أن تلف

الثمار المعاملة بالأشعة لم يكن بسبب إعادة تلوثها بعد التشعيع ولكن بسبب إعادة نشاط الأبواغ التي بقيت على قيد الحياة Surviving بعد المعاملة الإشعاعية.

درس (Ahmed وزملاؤه، 1968) تأثير الأشعة على ليمون فلوريدا Florida bears lemons أو على برتقال أبو صرة الملوثة بالنوع *Phomopsis citri* عن طريق وضع قطرات من معلق أبواغ هذا الفطر في نهاية سويقة الثمار Stem end of fruits وذلك بعد إزالة البرعم Button، حيث سجل بنتائج هذه الدراسة انخفاض طفيف في تلف نهاية السويقة عند ثمار الليمون المعرضة لجرعة إشعاعية مقدارها 0.5 كيلوغري وذلك بعد 15 ساعة من التلوث، بينما كان لاستخدام الجرع 1 و 2 كيلو غري أثر جيد في إعاقة هذا التلف ولوحظ ذلك خلال التخزين على درجة حرارة قدرها 12.8 م0، كذلك فقد سجل انخفاض معنوي في معدل تلف نهاية السويقة أيضاً عند ثمار البرتقال أبو صرة المخزن في درجة حرارة قدرها 20 م°، وذلك بعد معاملتها بالجرع 1 و 2 و 3 كيلو غري من الأشعة.

وفي تجارب (Dennison وزملاؤه، 1966) على ثمار الغريب فروت والأناناس Pineapple، وبرتقال فلانسا Valencia orange، والبرتقال المحلي Temple orange، فقد تبين إمكانية خفض التلف عند ثمار هذه الأنواع وذلك عند تعريضها لجرع إشعاعية مقدارها 1 و2 و3 كيلو غري، وقد أوصى هؤلاء الباحثين بعدم تشعيع ليمون فلوريدا Florida citrus بسبب الأضرار التي يسببها التشعيع لقشرة ثمار هذا الصنف من الليمون.

أشارت نتائج بعض الدراسات إلى أن تعريض ثمار الحمضيات للجرعة 2.5 كيلو غري من الأشعة قد منع ظهور العفن بشكل كامل خلال مدة التخزين التي استمرت لمدة 80 يوم، بينما كان لاستخدام الجرعة 1 كيلو غري تأثير طفيف في تأخير ظهور العفن أحياناً وعدم وجود أي تأثير أحياناً أخرى، وكان استخدام الأشعة أكثر فاعلية عندما

كانت الحمولة الميكروبية للثمار قليلة، إلا أن التأثير الإيجابي للأشعة ترافق مع ظهور أضرار على قشرة الثمار المعاملة (Sommer وزملاؤه، 1964).

بينت نتائج التجارب المنفذة في إسبانيا على برتقال فالا نسيا إمكانية إعاقة تطور فطر البنسيليوم *P.italicum* وذلك باستخدام الجرع 1 و2 كيلو غري من أشعة غاما. من جهة أخرى فقد احتاج وقف تطور أبواغ الفطر A.Citri بشكل نهائي إلى جرع إشعاعية تزيد عن 3 كيلو غري (Saiz de Bustamante وزملاؤه، 1970).

3–تأثير التبريد وأشعة غاما في التلف الكلي عند ثمار البرتقال فلانسيا:

بينت النتائج المدونة في الجدول 3 أن معدل التلف الكلي Total loss عند ثمار الشاهد من البرتقال فلانسيا المنتج في سوريا هي 7.77 و15.10 و22.77% عند تخزين الثمار (بدرجة حرارة من 2 الى 4 م° ورطوبة نسبية من 80 إلى 90%) لمدة 6 و12 و18 أسبوعاً على التتالي، بزيادة معنوية ($p<0.05$) في التلف الكلي مع زيادة فترة التخزين التي استمرت 18 أسبوع. لم يلاحظ فروق معنوية في التلف الكلي بين الثمار الشاهد والثمار المعالجة بالجرع 0.5 و 1.0 و 1.5 كيلو غري من أشعة غاما وذلك عند تخزين الثمار لمدة 6 أسابيع، ولم يلاحظ فروق معنوية في التلف الكلي بين الثمار الشاهد والثمار المعالجة بالجرع 1.0 و1.5 كيلو غري من أشعة غاما وذلك عند تخزين الثمار لمدة 12 أسبوعا، وكان لجميع الجرع الإشعاعية المستخدمة (0.5 و 1.0 و 1.5 كيلو غري) تأثير معنوي ($p<0.05$) في زيادة التلف الكلي وذلك عند تخزين الثمار لمدة 18 أسبوع، وتناسب هذا التأثير في زيادة التلف طردا مع انخفاض الجرعة الإشعاعية المستخدمة (الجدول 3).

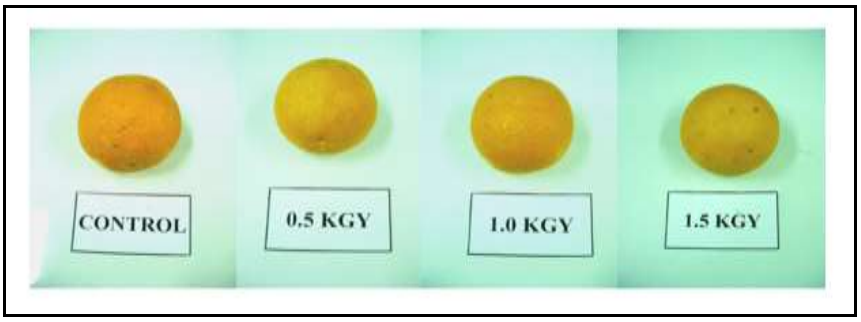
الجدول (3): تأثير أشعة غاما في تلف التخزين الكلي (%) عند صنف البرتقال فالانسيا المنتج في سوريا.

فترة التخزين (أسبوع) المعاملة	0	6	12	18	SD 5%
Control	–	7.77±1.27	15.10±2.88	22.77±4.40	**4.17**
0.5 KGY	–	7.97±0.75	24.42±5.73	48.48±7.64	**7.38**
1.0 KGY	–	7.22±0.64	16.83±2.36	40.26±6.86	**5.61**
1.5 KGY	–	7.04±0.37	14.22±1.27	32.11±5.48	**4.34**
SD 5%	–	**1.27**	**5.35**	**9.59**	

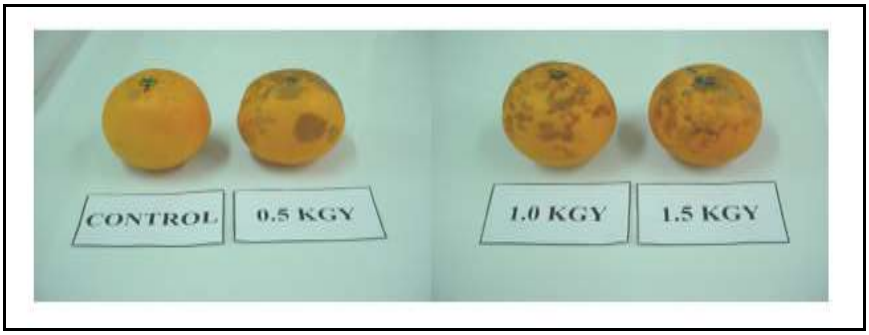
4–تأثير التبريد وأشعة غاما في تلف قشرة ثمار البرتقال فلانسيا

بينت نتائج تقدير أضرار قشرة ثمار البرتقال فلانسيا الناتجة عن تخزينها (بدرجة حرارة من 2 إلى 4 س^{o} ورطوبة نسبية من 80 إلى 90%)، زوال اللون البرتقالي لقشرة ثمار البرتقال فلانسيا وتحوله إلى اللون الفاتح، وازدياد تدهور لون قشرة الثمار بزيادة فترة التخزين، وكان لمعالجة ثمار البرتقال فلانسيا بالجرع 0.5 و1.0 و1.5 كيلو غري من أشعة غاما تأثير واضح في تدهور لون قشرة الثمار وازداد هذا التأثير مع زيادة الجرعة الإشعاعية المستخدمة ومع زيادة فترة التخزين (الأشكال1 و2 و3 و4).

الشكل (1): برتقال صنف الفلانسيا بعد التشعيع مباشرة على درجة حرارة (2 – 4 س^{o})



الشكل (2): برتقال صنف الفلانسيا بعد 6 أسابيع من التخزين على درجة حرارة (2 – س°)



الشكل 3. برتقال صنف الفلانسيا بعد 12 أسبوع من التخزين بدرجة حرارة (2 – 4 س°)

الشكل 4. برتقال صنف الفلانسيا بعد 18 أسبوع من التخزين على درجة حرارة (2 – 4 س°)

تتعرض قشرة ثمار البرتقال خلال التخزين إلى أضرار البرودة التي تظهر كأعراض تتضمن تنقر القشرة Peel pitting، والتبقع البني Brown staining، وزيادة التحلل (التلف) Decay. وأضرار فقد اللون في طبقة الفلافيدو Flavedo حول سويقة الثمرة والتبقع البني للقشرة أيضا جميعها أعراض تترافق مع أضرار البرودة Chilling injury CI عند ثمار البرتقال (Davis وHoffmann، 1973؛ Henriod وزملاؤه، 2005). تزداد أعراض الإصابة بأضرار البرودة مع زيادة فترة التخزين وتتفاقم خطورة الإصابة عندما تنقل الثمار من حيز مبرد إلى حيز أقل برودة (Henriod وزملاؤه، 2005). فعند تخزين ثمار الصنف فلانسيا من البرتقال لمدة 4 أسابيع بدرجة حرارة صفر مئوي تكون أضرار البرودة طفيفة Slight وتظهر الأضرار بشكل معتدل Moderate بعد مرور 12 أسبوع على التخزين وتتفاقم Aggravated هذه الأضرار وتصبح أكثر شدة مع زيادة تركيز غاز الاثيلين Ethylene حول الثمار (Yuen وزملاؤه، 1995)، ولم تظهر أعراض النقرة المرة Pitting spot على ثمار البرتقال فلانسيا بعد تخزينها لمدة 12 أسبوع بدرجة حرارة قدرها 1 درجة، في حين ظهر على هذه الثمار علامات شيخوخة Aging متمثلة بتجعدات حول سويقة الثمرة (Davis و Hoffmann، 1973). ومع ذلك فقد تطورت أعراض أضرار البرودة على ثمار الصنف فالنسيا عند تخزينها لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة قدرها 4 درجة مئوية ومن ثم لمدة أسبوع بدرجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية، وتجلت هذه الأضرار بزوال اللون Discolored وظهور مساحات صغيرة من النقر وتجعدات غير منتظمة Depressions aggravated في القشرة موزعة عشوائيا على سطح الثمرة، وتناسب تطور هذه الأضرار طردا مع زيادة مدة التخزين، حيث تضاعفت هذه الأضرار عند تخزين الثمار لمدة 6 أشهر مقارنة مع ما هو عليه عند تخزينها لمدة شهرين (Erkan وزملاؤه، 2005).

أشارت نتائج أعمال نفذت في النصف الثاني من القرن الماضي إلى تدهور لون قشرة الثمار وتضرر القشرة عند ثمار صنف البرتقال الفلانسيا المعرض للجرع 1 و 2 و

3 كيلوغري من أشعة غاما وتخزينها على درجة حرارة قدرها 4.4 درجة مئوية اتبع بتخزين لمدة أسبوع بدرجة حرارة قدرها 20 درجة مئوية وتناسب هذا الضرر طردا مع زيادة الجرعة الإشعاعية المستخدمة (Grieson و Dennison، 1965؛ Denisson وزملاؤه، 1966)، ولوحظ هذا الأثر السلبي للأشعة على قشرة ثمار أصناف أخرى من البرتقال كصنف أبو سرة Navel وصنف تامبل Temple (Ahmed وزملاؤه، 1966)، وعند قشرة ثمار صنف البرتقال Mosambi عند تعريضه لجرع إشعاعية قدرها 1.5 كيلو غري وتخزينه لمدة 90 يوم (Ladaniya وزملاؤه، 2003)، وعند قشرة ثمار صنف البرتقال الفلانسيا حتى عند تعريضه لجرع منخفضة من أشعة غاما من مرتبة 0.15 كيلو غري (Miller وزملاؤه، 2000)، وعند ثمار الغريب فروت (Riov وزملاؤه، 1970)، وقد لوحظ بعض الأضرار على ثمار البرتقال Orange والليمون Lemon المعاملة بجرعة إشعاعية قدرها 2 كيلو غري من أشعة غاما تمثلت هذه الأضرار بشكل أساسي بطراوة الثمار Softening وتلونها باللون البني Browning (Beraha وزملاؤه، 1959[a]).

بينت نتائج تجارب (Grieson وDennison، 1965) وجود تأثير سلبي لاستخدام الجرع 1.0 و1.5 و2.0 و3.0 كيلو غري من أشعة غاما على ثمار برتقال فلوريدا أبو صرة وصنف مارش من الغريب فروت March Grapefruit حيث سبب استخدام جميع الجرع الإشعاعية المذكورة أضراراً واضحة للعيان لقشرة ثمار البرتقال والغريب فروت وكانت الأضرار الناتجة عن استخدام الجرعة 2 كيلو غري أكثر وضوحاً على ثمار الغريب فروت مقارنة مع الأضرار الناتجة عن استخدام نفس الجرعة عند ثمار البرتقال.

حيث وجد بان أضرار التشعيع تكون أكثر وضوحا وأكثر شدة عند الثمار غير الناضجة Immature من البرتقال الشموطي مقارنة مع الثمار الناضجة Mature(Monselise و Kahan، 1966)، وثمار البرتقال الفلانسيا المنتجة في كاليفورنا تحملت جرعة إشعاعية قدرها 2 كيلو غري Tolerated irradiated doses to 2 kGy دون ظهور أضرار تذكر على الثمار (Maxie وزملاؤه، 1969)، وكان تحمل ثمار

صنف البرتقال فلانسيا المنتجة في فلوريدا للأشعة مماثل لثمار الصنف عينة والمنتجة في ولاية كاليفورنيا (Nagai و Moy، 1985)، وأشارت نتائج التجارب المنفذة في إسبانيا على برتقال فلانسيا إلى حساسية الثمار المستخدمة في هذه التجارب للتشعيع واستدل على هذه الحساسية بظهور بقع قاتمة Dark spots على قشرة الثمار وعزي ظهور هذه البقع إلى تأثير الأشعة في إحداث موت موضعي في النسج Necrosis في الغدد الزيتية Oil glands (Saiz de Bustamante، 1970)

عُزي أضرار القشرة عند ثمار البرتقال عند تشعيعها إلى تراكم المركبات الفينولية بشكل عام Phenolic compounds (Thomas و Janave، 1973) ومركبات فينل ألأنين Phenylalanine بشكل خاص (Riov وزملاؤه، 1968)، حيث أشارت نتائج التجارب المنفذة في هذا المجال إلى زيادة تراكم مواد فينل ألأنين في قشرة ثمار الصنف شموطي بعد تعريضه لجرعة إشعاعية قدرها 2 كيلو غري (Riov، 1975)، حيث يعمل تراكم هذه المواد على تخريب وإتلاف Damage خلايا الفلافيد Flavedo cells وينتج عن ذلك موت الخلايا وظهور بقع نقر على قشرة الثمار Peel pitting وذلك عند تعريض الثمار لجرعة إشعاعية قدرها 2.4 كيلو غري (Riov ، 1975)، ولم يسجل فروق معنوية في كمية الفينولات المتراكمة بين ثمار البرتقال المشمعة Waxed وغير المشمعة Un-waxed وذلك عند تعريضها للأشعة (Moussaid وزملاؤه، [a]2000) ولوحظ تراكم مواد تربينية Terpene compounds مختلفة في الخلايا نتج عنها تخريب نسج القشرة عند ثمار البرتقال بشكل عام وثمار الصنف فلانسيا المعرضة للأشعة بشكل خاص (Belli–Donin وزملاؤه، 1974؛ Moussaid وزملاؤه، [b]2000).

الاستنتاجات:

– بينت نتائج هذا العمل أن قابلية تخزين ثمار برتقال الفلانسيا المنتج في سوريا غير جيدة، بدلالة زيادة فقد الوزن والفقد الكلي وزيادة تضرر قشرة الثمار بالرغم من قصر فترة التخزين.

– بينت نتائج هذا العمل أن لأشعة غاما تأثير سلبي في قابلية تخزين ثمار البرتقال فلانسيا، بدلالة.

التوصيات:

– اعتماداً على النتائج المتواضعة التي حصلنا عليها، والاستنتاجات التي توصلنا إليها فإننا نقترح اعتماد إستراتيجية وطنية طموحة للوصول إلى تخزين وتسويق جيد لمحصول البرتقال المنتج محليا بحيث تتضمن هذه الإستراتيجية تناول تأثير الظروف المناخية السائدة و عوامل الإنتاج المتبعة و مؤشرات نضج الثمار في قابلية تخزين ثمار البرتقال.

– تحديد شروط التخزين المثلى للثمار المنتجة بشكل جيدة والمقطوفة بالموعد المناسب. وبعد تنفيذ هذه البرامج يمكن اختبار تأثير الأشعة المؤينة في تحسين قابلية تخزين ثمار البرتقال المطبق عليها شروط الإنتاج الجيدة.

كلمة شكر:

يتوجه معدي الورقة بالشكر الجزيل إلى:

– هيئة الطاقة الذرية ممثلة بمديرها العام السيد الدكتور إبراهيم عثمان على السماح بانجاز هذا العمل في مخابر الهيئة وعلى التسهيلات التي قدمت لنا في هذه المخابر، والعاملين في مخابر قسم تكنولوجيا الإشعاع، حيث أنجز كامل العمل، على المساعدة التي قدمت لنا في انجاز العمل.

– عمادة كلية الزراعة ومجلس قسم البساتين في الكلية للموافقة على مشروع العمل.

– كل من ساعد وساهم في انجاز هذا العمل من الكلية والهيئة.

References:

- **Ahmed, E.M., Dennison, R.A. and Merkley, M.S. 1968**. Effect of low-level irradiation upon the preservation of food products. Report ORO-675, U.S., Atomic Energy Commission, Washington, D.C.
- **Ahmed, E.M., Knapp, F.W. and Dennison, R.A. 1966**. Change in peel color during storage of irradiated orange. Pro. Florida State Hort, Soc., 79: 296-301.
- **Al-Bachir, M. 1995**. The effect of polarized light on the storability of peach and apricot. ESNA.XXV end annual meeting. 15 - 19 October. Italy.
- **Al-Bachir, M. 1998a**. Use of gamma Irradiation and sulfur dioxide to improve storability of two Syria grape cultivars. International journal of food science and technology, 33: 521- 526.
- **Al-Bachir, M. 1998b**. effect of gamma irradiation on storability of apples. Fourth Arab Conference on the peaceful use of Atomic energy. Tunis, 14 -18/11/1998.
- **Al-Bachir, M. 1998c**. Irradiation technology for cereals and cereals products. Arab Atomic Energy Agency. P,102.
- **Al-Bachir, M. 1999a**. Effect of gamma irradiation on storability of apples (Malus domestical). Plant foods for Human Nutrition, 54: 1-11.
- **Al-Bachir, M. 1999b**. Effect of gamma Irradiation on storability of two cultivars of Syria grapes (*visit vinifera*). J of Radiation Physics and chemistry, 5: 81- 85.
- **Al-Bachir, M. 2001**. Changes of washing water during debittering and the brine during storage of irradiated olive fruits (*Olea Europaea*. L.). J. Grasasy Aceites, 52, issue 5: 305 – 310.
- **Al-Bachir, M. 2003**. Effect of gamma irradiation and sodium hydroxide on debittering olive fruits (*Olea europaea*). Journal of the Science of Food and Agriculture. 83: 201-206.
- **Al-Bachir, M. 2004**. Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensorycharacteristics of walnuts (*Juglans regia* L.). J. Stored Prod. Res., 40: 355-362
- **Al-Bachir, M. and Farah, S. 1998**. Effect of irradiation on storability of strawberry, Forth Arab Conferees peaceful uses of Atomic energy. Tunis 14-18/11/1997.
- **Al-Bachir, M. and Sass, P. 1987**. Effect of ionizing irradiation on storability of grapes.(Ionizalo sugarzas hatasa a csemegeszolo traolhatosagara). Kertgazdasag, 1: 49-66.

- **Al-Bachir, M. and Sass, P. 1989**. Effect of ionizing radiation on the respiration intensity of pears during storage. Acta Agronomica Hungarica.V 38. (1-2). pp. 49-57.
- **Al-Bachir, M., Sass, P. and Meresz, P. 1984**. Quality change on fruits treated with ionizing irradiation (Besugarzott termenyek minosegi valtozasai a tarolas soran) Kert. Egyetem. Lippay J. Tud. Ulesszak. Kiadv. Budapest. 1. Kotet: 566-576.
- **Alférez, F., Agusti, M. and Zacarías, L. 2003**. Post-harvest rind staining in navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: Effect on respiration, ethylene production and water potential. Postharvest Biology and Technology, 28: 143–152.
- **Belli-Donin, M.L., Baraldi, D. and Taggi, R. 1974**. Relationship between peel damage and accumulation of terpene compounds in irradiated oranges. Rad. Bot., 14: 1-9.
- **Beraha, L. 1964**. Influence of radiation dose rate on decay of citrus, pears, peaches and on Penicellium italicum, Botrytis cinerea in vitro. Phytopathology, 54:755-759.
- **Beraha, L., Ramsey, G. B., Smith, M.A. and Wright, W. R. 1959**. Factors influencing the use of gamma radiation to control decay of lemons and oranges. Phytopathology, 49, 91.
- **Beraha, L., Ramsey, G.B., Smith, M.A. and Wright, W.R. 1959**. Studies on control of stem-end rots of oranges with gamma radiation. Phytopathology, 49 534.
- **Beraha, L., Ramsey, G.B., Smith, M.A., Wright, W.R. and Heiligman, F. 1961.** Gamma irradiation in the control of decay in strawberries, grapes and apples. Food Technol., 15: 94.
- **Bourne, M.C. 1982**. Effect of temperature on fi rmness of raw fruits and vegetables. Journal of Food Science, 47: 440–444.
- **Chachin, K. and Ogata, K. 1976**. Alteration of respiration chain in some fruits and vegetables irradiated by gamma radiation . Food Irradiation, b11, (1/2): 13-15.
- **Davis, P. L. and Hoffmann, R.C. 1973**. Reduction of chilling injury of citrus fruits in cold storage by intermittent warming. Journal of Food Science, 38: 871–873.
- **Dennison, R.A., Grieson, W. and Ahmed, E.M. 1966**. Irradiation of Duncan grapefruit, Pineapple and Valencia oranges and Temples. Proc., Fla. State Hortic. Soc., 79: 285-292.
- **Erkan, M., Pekmezci, M. and Wang, C.Y. 2005**. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest

quality of 'Valencia' oranges. International Journal of Food Science and Technology, 40: 91–96.

- **Grierson, W. and Dennison, R.A. 1965**. Radiation treatment of Velencia oranges and Marsh grapefruit. Pro. Florida State Hort, Soc. 78: 233-237.
- **Hearn, C. J. 1990**. Degreening, color-add and storage of 'Ambersweet' orange fruit. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 103: 259–260.
- **Henriod, R. E., Gibberd, M. R. and Treeby, M.T. 2005**. Storage temperature effects on moisture loss and development of chilling injury in 'Lanes Late' navel orange. Australian Journal of Experimental Agriculture, 45: 453–458.
- **Henriod, R.E. 2006**. Post-harvest characteristics of navel oranges following high humidity and low temperature storage and transport. Postharvest Biology and Technology, 42: 57–64.
- **International Atomic Energy Agency (IAEA). Food irradiation clearances database.2008,**<http://nuclues.iaec.org/NUCLUES/Content/Applications/FICdb/DatabaseHome.jsp> Accessed 30.07.08.
- **International Atomic Energy Agency (IAEA). Irradiation of spices, herbs and other vegetable seasonings. Vienna, IAEA. 1992**, TECDOC-639.
- **Kume, T., Furuta, M., Todoriki, S., Uenoyama, N., Kikuchi, M. and kobayashi, Y. 2009**. Status of food irradiation in the World. Radiat.Phys.Chem. 78: 222-226.
- **Ladaniya, M. S., Singh, S. and Wadhawan, A. K. 2003**. Response of Nagpur mandarin Mosambi sweet orange and Kagzi acid lime to gamma radiation. Radiation Physics and Chemistry, 67: 665-675.
- **Lanza, C. M., Pagliarini, E. and Lanza, G. 2000**. Study of the shelf-life of cured cv. Tarocco oranges by sensory and physicochemical parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 241–246.
- **Laurin, E., Nunes, M. C. N. and Emond, J. P. 2003**. Forced-air cooling after air-shipment delays asparagus deterioration. Journal of Food Quality, 26: 43–54.
- **Levavari, B.A. 1972.** Teli almak husbarnulasarol. Zoldseg-gyumolcs ertekesites. 7, 30-35.
- Mansour, M. and Al-Bachir, M. 1995. Gamma irradiation as a disinfestations and quarantine treatment for faba been infested with

bruchus baudi (Coleoptera; Bruchidea). Journal of Applied Entomology, 119: 7-8.

- **Mansour, M., Mohamad, F. and Al-Bachir, M. 2004**. Quality of starking apples after exposure to gamma irradiation as quarantine treatment. Seventh Arab Conference on the peaceful use of Atomic energy. Samna, Yemen, 4-8/12/2004.
- **Maxie, E. E., Sommer, M. F. and Eaks, I. L. 1969**. Effect of gamma radiation on citrus fruits. P. 1375-87. In. Proc. First Int. Citrus Symp, Vol., 3, 16-26. Mar. 1968. Riverside, Calif; Univ. of California Press.
- **Miller, W. R., McDonald, R. E. and Chaparro, J. 2000**. Tolerance of selected orange and mandarin hybrid fruit to low dose irradiation for quarantine purposes. Hort. Science, 35(7): 1288-1291.
- **Ministry of Agriculture and Agrarian Reform (MAAR). 2016**. Annual agricultural statistical abstract. Directorate of planning and international cooperation. Dept of statistics.
- **Monselise, S. P. and Kahan, R. S. 1966**. Changes in composition and in enzymatic activities of flavedo and juice of Shamouti oranges following gamma radiation. Rad. Bot., 6: 265-274.
- **Moussaid, M., Laroix, M., Nketsia-Tabiri, J. and Boubekri, C. 2000a**. Effects of irradiation in combination with waxing on the essential oil in orange peel. Rad. Phys. Chem.
- **Moussaid, M., Laroix, M., Nketsia-Tabiri, J. and Boubekri, C. 2000b.** Phenolic compounds and the colour of oranges subjected to a combination treatment of waxing and irradiation. Rad. Phys. Chem., 57: 273-275.
- **Nagai, N. Y. and Moy, J. H. 1985**. Quality of gamma irradiated California Valencia oranges. J. Food Sci., 50: 215-219.
- **Nunes, M. C. N. 2008.** Color atlas of post harvest. Quality of fruits and vegetables. Black well publishing.
- **Paull, R. E. 1999**. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. Postharvest Biology and Technology, 15: 263–277.
- **Plaza, P., Usall, J., Torres, R., Lamarca, N., Asensio, A. and Viñas, I. 2003.** Control of green and blue mould by curing on oranges during ambient and cold storage. Post-harvest Biology and Technology, 28: 195–198.
- **Riov, J. 1975**. Histochemical evidence for the relationship between peel damage and the accumulation of phenolic compounds in gamma irradiated citrus fruit. Rad. Bot., 15: 257-260.

- **Riov, J., Monselise, S. P. and Kahan, R. S. 1968**. Effect of gamma irradiation on phenylalanine ammonialyase activity and accumulation of phenolic compounds in citrus fruit peel. Rad. Bot., 8: 463-466.
- **Riov, J., Monselise, S. P. and Kahan, R.S. 1970**. Radiation damage to grapefruit in relation on ethylene production and phenylalanine ammonia-lyase activity. Rad. Bot., 10: 281-286.
- **Ritenour, M. A. 2004**. "Orange." In The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops. edited by K.C. Gross, C.Y. Wang, and M.A. Saltveit. Agriculture Handbook 66. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville, MD, 2004, http://usna.usda.gov/hb66/100orange.pdf (accessed March 6, 2007).
- **Saiz de Bustamante, C., Garcia de Matoes, A., Hernandeq, G. E. and Safont, T. A. 1970**. Use of radiation in the preservation of Spanish orange. Rev, Agroquim. Technol. Aliment., 10: 371.
- **Sass, P. 1993**. Fruit storage. Mezogazda Kiado. Budapest.
- **Schirra, M. and Cohen, E. 1999**. Long-term storage of 'Olinda' oranges under chilling and intermittent warming temperatures. Postharvest Biology and Technology. 16: 63–69.
- **Schirra, M., Mulas, M., Fadda, A. and Cauli, E. 2004**. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments. Postharvest Biology and Technology 231: 191–200.
- **Snedecor, G. and Cochran W. 1988**. Statistical Methods. The Iowa State University Press, Ames, Aiwa, p 221-221.
- **Sommer, N. F., Maxie, E. C., Fortlage, R. J. and Eckert, J. W. 1964.** Sensitivity of citrus fruit decay fungi to gamma irradiation. Radiat. Bot., 4: 317.
- **Thomas, P. and Janave, M. T. 1973**. Polyphenol oxidase activity and browning of manfo fruits induced by gamma irradiation. J. Food Science, 38: 1149-1152.
- **Yuen, C. M. C., Tridjaja, N. O., Wills, R. B. H. and Wild, B. L. 1995.** Chilling injury development of 'Tahitian' lime, 'Emperor' mandarin, 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange. Journal of the Science of Food and Agriculture, 67: 335–339.