

تحاليل الصفات الحيوية و الفيزيائية و الكيميائية لتمر الخلاص بالإشعاع كبدائل لمواد التبخير والمعاملات الحرارية.

صباغ سعيد *

*قسم الفيزياء، كلية العلوم جامعة حلب

ملخص الدراسة:

هدفت الدراسة إلى دراسة تحليلية لنتائج تجارب متعددة مرجعية ومختبرية للصفات الفيزيائية والكيميائية للأغذية المعالجة بأنواع مختلفة من الإشعاع المؤين للتخلص من أهم الملوثات الأحيائية والبيئية وتطوير طرق تعقيم وتطهير تمر النخل ومنتجاته وتحديد أفضلها وذلك كله لتطوير التسويق المحلي وإعادة التصدير الدولي. تمت الدراسة على بعض أصناف التمر الاقتصادية من نوع الخلاص المستورد من الإمارات وشرق السعودية.

شععت التمر بأشعة جاما لغاية 1.5 كيلو جراي. دُرس تأثير التشعيع على الصفات الفيزيائية كالقوام واللون والطعم وكذلك دُرس التأثير على الرطوبة والبروتين والسكريات وحمض الأسكوربيك، والعوامل الممرضة وبيوض الحشرات، وتمت مقارنة النتائج بين المراجع المختلفة.

الكلمات المفتاحية: تشعيع التمر - تشعيع الأغذية ، سلامة الأغذية- تعقيم - تطهير- الصفات الحيوية.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2014/07/01

قبل للنشر بتاريخ 2014/09/04

مقدمة:

تأخذ التطبيقات النووية السلمية دوراً متزايداً في الحياة العادية للمواطنين ومع تنامي الثقافة الإشعاعية لدى الكثير من أفراد المجتمع تبدأ كطرائق جديدة تقدمها الفيزياء الإشعاعية لتحل محل طرق قديمة مستخدمة كان معتقداً أنها الأفضل في ظل الخوف الشديد من استخدام المواد المشعة نتيجة للجهل الشديد بالقدرات التي توفرها فيعزف كثير من الشباب التقنين عن العمل في هذه المجالات تاركين للدول المتقدمة المجال للتطور المستمر لوحدهم دون انتقال التقنية للبلدان النامية.

خطة الدراسة:

- 1) دراسة مقارنة بين أنواع الأشعة المناسبة لتعقيم sterilization أو تطهير Disinfestation من الحشرات والديدان والتطهير من العوامل الممرضة disinfection منتجات التمر وتحديد الجرعة المفضلة مما يخفض من معدلات الفقد فيها الناتج عن التلف والفساد، وقياس فترة التخزين والتسويق ومعرفة التلوثات الحشرية والإصابات الميكروبية والفطريات التي تسبب عفن التمر.
- 2) تجميع معطيات الأبحاث العالمية حول التمر ودراسة الحمولة الإحيائية والفطرية لمختلف المنتجات قبل التشيع وبعده في مختبرات الصناعات الغذائية حيث تتوفر غالبية الأجهزة اللازمة لقياسات نسب مواد المغذيات من السكريات ومن البروتينات و العناصر المعدنية
- 1) دراسة الصفات الفيزيائية للأغذية المعالجة. دُرس تأثير التشيع على الصفات الفيزيائية كالقوام واللون والطعم وكذلك دُرس التأثير على الرطوبة والبروتين والسكريات وحمض الأسكوربيك، والعوامل الممرضة وبيوض الحشرات، وتمت مقارنة النتائج بين المراجع المختلفة.
- 3) تقديم بديل عن الكيمائيات الممنوعة وحسب اتفاقية مونتريال لحماية البيئة تم وقف استخدام بروميد الميثيل في الدول المتقدمة منذ 2005 وأعطيت مهلة للدول النامية حتى 2015 م.
- 4) وضع المعلومات أمام المنتجين والمصنعين لتطوير التسويق، وإزالة العوائق أمام التصدير الدولي لتمر المنطقة العربية.

-موجز النظري:

تبين التقارير السنوية لمنظمة الأغذية والزراعة¹ أن نسبة الهدر السنوية تتجاوز 15% من الحبوب والبقول و30% من المواد الغذائية القابلة للتلف مثل الفواكه والخضار ومنتجات الألبان واللحوم والأسماك. إن الأمن الغذائي وإنتاج الأغذية والحد من فاقد الغذاء وسلامته هي أمور مترابطة، ويُعتبر الحد من فاقد الأغذية وإهدارها من أجل زيادة توافرها وتحقيق سلامتها، أقل كلفة من زيادة الإنتاج من خلال التوسع في توفير مستلزمات الإنتاج و/أو زيادة الواردات، كما أن فاقد الأغذية يؤدي إلي حدوث فاقد في المياه والأرض والطاقة وغيرها^{2, 3}.

إن تحسين طرائق تعليب الأغذية في المجتمعات الزراعية الفقيرة سينعكس إيجاباً عليها بسبب تحولها للصناعة ولو كان تحولاً بسيطاً أو جزئياً وأن أي تقدم في هذا النهج سيعتبر إنجازاً طيباً على مستوى العالم النامي خاصة إذا قدمت هذه الخبرات المجمع من أوساط علمية عالمية مختلفة عن طريق الجامعات والمراكز البحثية للمجتمع المحلي. أقرت

واعتمدت العديد من المنظمات العالمية المسؤولة عن الغذاء وسلامته مثل منظمة الصحة العالمية (WHO) ومنظمة الفاو FAO ولجنة دستور الأغذية (CODEX) ومنظمة التجارة الدولية (GAT) و هيئة الزراعة الأمريكية (USDA) من عام 1980 م وسمحت باستخدام جرعات إشعاعية خفيفة أما المجلس العلمي للغذاء SCF التابع للجنة الأوروبية فد وافق على بعض المواد ولم يوافق على البقية بسبب تصويت الألمان للتأني وتتوسع القائمة بالتدرج حيث يعرف عن العلميين أنهم يحبون التأكد بأنفسهم بإجراء التجارب والقياسات وقد تم استبداله بـ (EFSA) European Food Safety Authority في 2003 ولم يتم إقرار الطريقة لكل أوروبا ولكن العديد من الدول الأوروبية تستخدمها وخاصة فرنسا ويستفيد من تقنية تعقيم الأغذية تجارياً حوالي 50 دولة على مستوى العالم ومن الدول العربية والإسلامية التي صرحت واعتمدت استعمال هذه التقنية: سورية (هيئة الطاقة الذرية السورية منذ 1986 م)، السعودية، مصر، باكستان، إيران، تركيا، ليبيا، المغرب... ومن الدول التي تطبق تقنية معالجة التمور بالأشعة على المستوى التجاري شيلي منذ عام 1982 وفرنسا منذ عام 1991م والسعودية 1422 هـ/2002 م، وطبعاً روسيا وأمريكا منذ أكثر من 60 عاماً. تطبق البرازيل والباكستان الطريقة أيضاً وفق المعايير الدولية الصادرة عن FAO دون أي اعتراض (كثير من الدراسات تمت أصلاً فيهما).^{4 5 6 7 8 9 10} . أيضاً المعالجة بالحرارة ستؤثر حتماً على محتوى الفيتامينات وهي تتفكك بدءاً من الدرجة 60 مئوية أو أقل.

تقييم الضرر: لا تترك عملية التعقيم بأشعة جاما والإلكترونات والسينية وفوق البنفسجية UV-C أي بقايا سامة مثل غاز أكسيد الإيثيلين، ورغم أنه من الصعوبة معرفة الأغذية المعقمة بالإشعاع إلا أنه من حق المستهلك معرفة ذلك، وتشتد ذلك القوانين الأوروبية أما الأمريكية فلا تشتد.

أما الأسباب الكيميائية و البيئية فمنها أيجاد بدائل آمنة لبروميد الميثيل وهي مشتبه بها في التسبب بالسرطان ومحرم دولياً وثنائي بروميد الإيثيل والفوسفين (phostoxin (Aluminium Phosphine) والفوسفين وهو الأكثر استعمالاً من المواد الخطرة ولا يجوز تخزين أقرصه بما يتجاوز 25 كجم إلا تحت رخصة أمنية خاصة وهو قابل للاشتعال عندما تصبح نسبته 1.8% حجماً وعندما يبلغ تركيزه 50 ppm يشكل خطراً على الحياة وعندما تبلغ 2000 جزء بالمليون يصبح قاتلاً¹¹، وتتكون في التمور المعالجة بها مركبات سامة (مركبات الكلوروهيدرين ومركبات الكلوروبروبانول) وهي ضارة للبيئة كما أن وجودها في التمور المصدرة يمنع قبولها في موانئ الدول المستقبلية^{12 11} .

معالجة التمور بالأشعة: يمكن معالجة التمور المختلفة (بعد جمعها وتجفيفها وتعبئتها أو تغليفها في عبوات بلاستيكية ملائمة) بجرعات منخفضة نسبياً من الأشعة حيث تحقق هذه المعالجة الأغراض التالية:

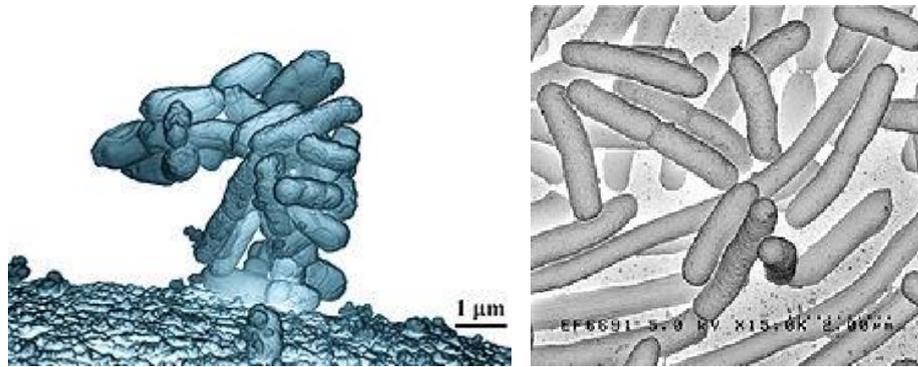
1. قتل الحشرات وجميع أطوارها ومراحلها التي تصيب التمور. [12]
2. إبادة الميكروبات التي تسبب عفن التمور.
3. مضاعفة فترة تخزين التمور.
4. يمكن تغليف التمور ومنتجاتها قبل تشعيها بمواد عازلة لا تستطيع الحشرات اختراقها لحفظها من تكرار الإصابة، كما أنه لا بد من التأكد من أن المواد المستعملة في التغليف لا تتأثر بالجرعات الإشعاعية المستعملة.¹³

تتوقف جرعة الأشعة اللازمة لتحقيق الأغراض السابقة على عدة عوامل أهمها:

- (1) نوع التمور.

- (2) الحالة الموجودة عليها التمور (رطبة - نصف جافة - جافة...الخ).
- (3) طول فترة التخزين.
- (4) نوع الحشرات التي تصيب التمور وأطوارها ومراحلها.
- (5) نوع الميكروبات التي تسبب عفن التمور.
- (6) عملية التعبئة والتغليف وأنواع العبوات المستعملة.
- (7) جودة التمور الابتدائية.
- (8) طريقة جمع محصول التمور.

أهم الملوثات الأحيائية للأغذية وفقاً لـ [13]،¹⁴ هي الممرضات الحية مثل السالمونيلا والإشرييتشيا كولاي: H70157 وستافيلوكوكوس أي المكورات العنقودية staphylococcus aureus و كاميلوباكتر وتوكسوبلازم.



شكل (1) صور E-coli

بالإضافة إلى ذلك وهذا هام جداً إن قدرة الأشعة على تعقيم التمور المعبأة يجعلها خالية من أي بيوض حشرات أو حشرات بما فيها سوسة النخيل الحمراء Rhynchophorus ferrugineus وبيوض فراشة التمر Epehstia spp، وحلم الغبار afrasiaticus Oligonychus وحفار ساق النخيل ذو القرون الطويلة hammerschmidti Jebusea وجعل النخيل Oryctes spp. وبيوض فراشة التمر الكبرى Arenipses sabella و للتخلص من ذبابة الفاكهة وتسوس البذور ولذلك أهمية كبيرة للتصدير والتخزين لفترات طويلة.

الجرعة الإشعاعية الممتصة Radiation absorbed dose :

الغراي (الجراي) Gray (Gy) هي الواحدة النظامية في النظام الدولي للوحدات لقياس الجرعة الممتصة وهي تعني امتصاص واحد جول من الطاقة في واحد كيلو جرام من المادة الغذائية ، والواحدة القديمة هي الراد rad حيث:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 10^7 \text{ erg} / 10^3 \text{ g} = 100 \text{ rad}$$

والقيم التي نستخدمها في حالة التمور هي حوالي 1 kGy .

علامة كون البضاعة معقمة بالإشعاع "irradiated" أو بالتعرض للأشعة المؤينة "treated with ionizing radiation" هي التالية:¹⁵



توجد ثلاث مستويات من الجرعات الإشعاعية: [16] [13] [12] [8]

(1) A الجرعات المنخفضة لغاية 1kGy ، وذلك لمنع التزريع (Sprout inhibition) وتطهير الإصابات الحشرية (Disinfestation) .

(2) B الجرعات المتوسطة لغاية 10 kGy ، وذلك لتقليل التلوث الميكروبي Reduction of microbial contamination والقضاء على البكتريا الممرضة (Elimination of pathogenic bacteria) ،

(3) C الجرعات العالية، لغاية 20 kGy ، وذلك لتعقيم (Sterilization) المعدات الطبية للاستعمال الواحد وتعقيم الملابس والعبوات الدوائية... ولا تستعمل في تعقيم معظم أنواع الأغذية.



شكل (2) أشكال توضيحية لكيفية عمل محطة تشعيع الأغذية.

يبين الشكل السابق (2) صورة صالة الإعداد للتشعيع وصالة التحكم وصالة التشعيع وهو يدل على أحجام العلب القسوى الممكنة بالإلكترونات [17] . لا بد من الملاحظة أنه إذا كانت المواد غير معبئة بطريقة مناسبة فإنها تتعقم ولكن ذلك لا يضمن عدم إصابتها اللاحقة بالملوثات إن فسد تغليفها .

لقد كانت الدعوة إلى تطوير طرق تعقيم تمر النخل ومنتجاته من توصيات الندوة الرابعة لأبحاث النخيل للاستغناء عن بروميد الميثيل الممنوع، والاستفادة من نتائج الأبحاث¹⁸ و اقترح [5,6,7] و [1] و¹⁹ و²⁰ حيث تتراوح قيم التشعيع المجربة تحت 1 kGy ولكن لا بد من القياس على المنتجات المحلية لتقدير القيم المناسبة كذلك للمقارنة مع النتائج من طريقة المعالجة الحرارية غير المرغوبة²¹ .

جدول (1) تطبيق حالياً المعايير التالية في التعامل مع منتجات الفاكهة حسب FDA [17]

المنتج معتمد من (FDA*)	Dose الجرعة (kGy)	الفائدة
	(up to 1 kGy)	الجرعات المنخفضة
Potatoes*, onion*, garlic*, root ginger*, yam, etc. * البطاطا، البصل، *، * الثوم والزنجبيل الجذر *، *، اليام، الخ.	0.05-0.15	تنشيط البكتيريا
Cereals* and pulses, fresh and dried fruits*, dried fish and meal*, etc. * الحبوب والبقول، والفواكه الطازجة والمجففة *، السمك المجفف وجبة *، الخ.	0.15-0.5	القضاء على الطفيليات والحشرات
Fresh fruits and vegetables* الفواكه والخضروات الطازجة *	0.25-1.0	تأخير العمليات الفيزيولوجية

جدول (2) : في الجدول التالي قيم الجرعات اللازمة لعقم الحشرات المؤثرة على التمور : [13]

النوع والرتبة	(Gray) الجرعة التي تؤدي إلى العقم	
	إناث	ذكور
Coleoptera		
Oryzaephilus surinamensis	200	200
Tribolium castaneum	200	200
Trogoderma granarium	150	250
Lepidoptera		
Cadra cautella	300	1000
Plodia interpunctella	1000	1000
Ephestia elutella	300	450

كما يقترح [13] جرعة وسطية 500 جراي أن هذه الجرعة كافية لتعقيم أو قتل جميع الأنواع التابعة لرتبة غمديات الأجنحة والأطوار غير الكاملة لحشرات حرشفيات الأجنحة. تؤدي هذه الجرعة أيضاً إلى تعقيم معظم الأنواع التابعة لرتبة حرشفيات الأجنحة، كما أن تعريض الأنواع الأشد مقاومة لمثل هذه الجرعة يؤدي إلى انخفاض كبير في خصوبتها وعقم في الأجيال اللاحقة ومن ثم لحشرات حرشفيات الأجنحة. تؤدي هذه الجرعة أيضاً انخفاض كبير في قدرتها على التكاثر. أما إذا كان الهدف هو قتل الحشرات الموجودة خلال زمن قصير (24 ساعة مثلاً) فلا بد من معاملتها بجرعات تقع بين 3 و 5 كيلو جراي وذلك تبعاً للأنواع المصابة بها. ويبين الجدول (3) الجرعات الإشعاعية المستعملة لمكافحة بعض حشرات التمور.

الجدول (3) الجرعة الإشعاعية اللازمة لمكافحة بعض أنواع حشرات التمور المخزونة [13]

الطور	النوع	الرتبة	الجرعة (Gray) (جراي)
كافة الأطوار	خنفساء الدقيق المتشابهة	غمديات	200
	خنفساء الحبوب المنشارية	الأجنحة	200
	خنفساء الخابرة		250
يرقات كافة الأطوار	فراشة الطحين الهندية	حرفشيات	450
	فراشة الحبوب	الأجنحة	600

قيم [18] نوعية تمر دهاكي Dhakki Date المجفف بالشمس مما يسبب اسوداد المحصول في جو الباكستان شبه الاستوائي مع تحسن في الطعم (فيزيائياً تتولد السكريات بأشعة الشمس) مما يجذب الحشرات الضارة والأجسام الحية الدقيقة وقد تبين أن تشعيع المحصول بعد الصرم يقضي على الحشرات المخزونة من المحصول وتسمح بالتحكم في معدل الحمولة الأحيائية (البيولوجية) وقد تم التشعيع بجاما الكوبالت Co-60 (معدل الجرعة 0.509 kGy/h) بعد التعبئة في أكياس من البولي إيثيلين (0.04 mm) نشاطها (1.0, 2.0, 3.0 kGy) وخزنت في درجة حرارة (25-38 مئوية) لمدة 9 أشهر وتم إجراء فحص العينات المشعة وغير المشعة كل 30 يوماً لمعرفة الصفات الفيزيائية والكيميائية والأحيائية وفحص التدوق ولم يظهر للتشعيع بجاما المستخدمة أي تأثير على الرطوبة، الأقسام الصلبة، الحموضة القابلة للمعايرة والسكريات ماعدا حمض الأسكوربيك ascorbic acid خاصة عند الجرعات الأعلى. قامت الجرعة 3 كيلو جراي بتعقيم كامل بدون تغيير في الصفات والطعم.

قارن²² بين التعقيم بالإلكترونات وبين المعالجة بالميكرويف والحمام البخاري (التبخير) والفسفين phostoxin ودرسوا صفات التمر العماني كما كان التركيز الرئيس على (Oryzaephilus) Surinam beetle المنتشرة في عمان. وقاسوا Total Viable Count (TVC) العدد الكلي القابل للحياة و Yeast And Mould Count YMC عدد الخمائر والعفن وكانت النتائج جيدة لمصلحة التشعيع بالإلكترونات عند الوصول إلى جرعة 1 كيلوجراي ونتائج جيدة جدا عند 2 كيلو جراي، كما لم يتغير معدل المواد المضادة للأكسدة إلا بعد 2 كيلو جراي حيث تناقص بالتشعيع بالإلكترونات.

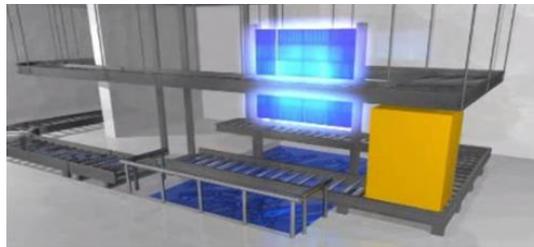
في دراسة²³ تم تطبيق الإشعاع الإلكتروني بجرعات 0.5، 1.0، 2.0 كيلو جراي وطاقات 0.6، 1.0، و 1.5 إلكترون فولت بالمسرع الخطي في معهد فراونهوفر للإشعاع الإلكتروني وتكنولوجيا البلازما، درسنا، ألمانيا لتطهير التمور لدراسة فعالية جرعة التطهير في قتل الحشرات وتبرير التشعيع بالمقارنة مع الميكروويف (الموجات الميكروية)، والتبخير والتطهير باستخدام الفوسفين phostoxin. كانت نسبة الإزالة 100% لجميع المعالجات بالإشعاع الإلكتروني، كما كانت نسبة الفقس أقل (0-1) مقارنة مع الموجات الميكروية، والتبخير والدخان. تم تقييم جودة التمور بقياس محتوى الرطوبة، المحتوى المائي water activity، اللون، العد الإجمالي القابل للحياة (TVC) وعد الخميرة والعفن (YMC) والقدرة المضادة للأكسدة. لم يكن هناك فرق في نسبة الرطوبة بين الشاهد وغيره من العينات المعالجة بعكس التبخير والتدخين، في حين ارتفعت الرطوبة إلى 14.59 - 15.07 g/100g على التوالي. تشابهت على حد سواء أنماط التغييرات في محتوى الرطوبة،

ومعالجات البخار وكذلك العينات المدخنة وكشفت عن وجود زيادة طفيفة في المحتوى المائي. كان اللون أقل خفة في العينة المبخرة (20.36)، وعلى العكس، بقيت دون تغيير تقريباً خلال المعالجات. كان الحزم الإلكترونية (1.5 MeV/1.0 kGy) أقلها تسجيلاً لـ TVC (1.65 and 1.70 log cfus/g) أيضاً كانت YMC منخفضة في العينات المعاملة بالحزم الإلكترونية مقارنة مع المعالجات الأخرى. وعدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في القدرة المضادة للأكسدة بين جميع العلاجات، باستثناء عينة عُوملت بحزمة إلكترونية 1.5 MeV/ 2.0 kGy ، وانخفاض القدرة المضادة للأكسدة لها إلى $232 \mu\text{mol/g}$. تجارب الرنين البارامغناطيسي **Electron paramagnetic resonance** لقياس إنتاج الجذور الحرة أو ما يسمى (القيمة g) من خلال القياسات بمطيافية الآئين alanine dosimetry أعطت قيمة $1 \times 10^{-8} \text{ mol/J}$ وهي أقل من الآئين $(3 \times 10^{-7} \text{ mol/J})$.

حصل [20] على جرعة ممتصة للتخلص من بيوض الإصابات الحشرية 250 جراي باستخدام أشعة جاما وقاسوا فساد نوعين من التمر هما صفاري والسكري ولم يجدوا أي تغيير في المواد المغذية كالكاربوهيدرات والبروتين وحمض الأمينو بالقياس كل 3 أشهر عند درجة حرارة بين 20-35 مئوية ورطوبة 85-95% ولم يرصدوا تغييراً في الطعم واقتروا جرعة قدرها 250 جراي للتمر المجففة.

اقترح [5,6,7] جرعة 0.9 كيلو جراي للتخلص من إصابة بنوع واحد ومن أنواع مختلطة من الإصابة الحشرية بينما 0.3 كيلو جراي كانت كافية للتخلص من نوع محدد واحد من الإصابة ولم يرصدوا تغييراً في الطعم وبقية الحمولة البيولوجية صغيرة لستة أشهر أما السكاكر فقد تناقصت بعد التشعيع ولكنها عادت للزيادة مع زيادة وقت التخزين، رغم أن جدول السكريات لا يظهر ذلك في نتائج المقالة رغم نسبة الدقة في قياس السكريات والسبب الخطأ في قياس الجرعة بسبب هندسة التشعيع وهذا في محطة التشعيع وليس من الباحثين.

أدوات التشعيع: يقدر عدد فوتونات أشعة جاما بالمليارات في كل ثانية وأبعادها أصغر من الفيروسات لذلك تملك القدرة على إصابتها والعبور داخلها وتخریب البنية الداخلية لها وتحطيم خيوط الـ DNA أو ما يسمى بالتعقيم أو بالتطهير. لها ميزة أساسية وهي أنها لا تحتاج إلى الكهرباء حيث أنها منبع مشع بذاته بهذه الحالة نحصل على فوائد لا يمكن الحصول عليها بطريقة أخرى.



شكل (3) تركيب جهاز مصدر جاما من الكوبالت Co-60 .

المصادر المشعة المعترف باستخدامها هي الكوبالت Co-60 والسييزيوم Cs-137 وفضل استخدام الكوبالت فقط ويوضح الجدول التالي (4) خواصهما:

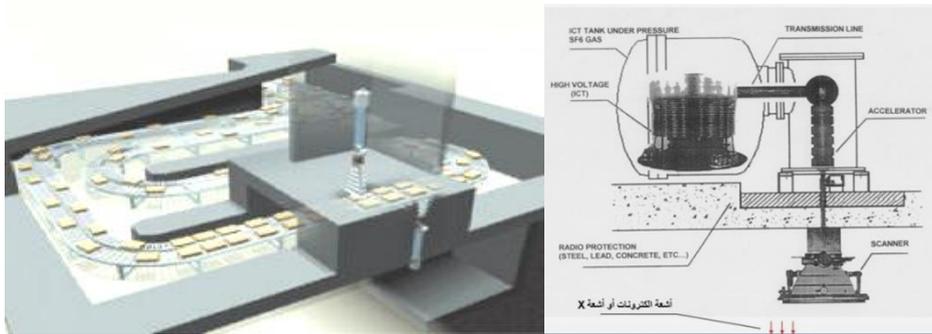
جدول (4) خواص الكوبالت و السيزيوم.²⁴

اسم المصدر المشع	عمر النصف $T_{1/2}$ سنة	نوع الإشعاع	طاقاته Me.V.
Co-60	5.26	جاما γ	1.17 و 1.33
Cs-137	30.08	جاما γ	0.662

الطرق الثلاثة الأخرى المستخدمة لها ميزة أنها الأقل خوفاً من إساءة الاستعمال فهي أجهزة كهربائية تعمل متى شاء المشغل وتحتاج أشعة اكس وفوق البنفسجية UV إلى كهرباء كبيرة نوعاً ما كما أن أشعة UV لا تنفذ لسماكات (ثخانات) تعليب عالية وهي جيدة فقط في حالات تعقيم المياه، حيث تستخدم لهذا الغرض بالفعل.

أما طريقة التعقيم بالإلكترونات والمعروفة بأسماء مثل المعجل (المسرّع) الإلكتروني و e-beam فهي عبارة عن أشعة مهبطية (إلكترونات تنتج بتسخين معادن ثقيلة بالكهرباء (الكاثود) فتخرج منها الكترونات حرة على شكل نبضات (رشات) أو بشكل مستمر فإذا وضعت بين طرفي مكثفة مستوية فيمكن توجيه تيار الإلكترونات سالب الشحنة الناتج إلى المصعد الموجب (الأنود)، وتوضع المادة المراد تعقيمها في طريق الأشعة ذات طاقة 10 مليون إلكترون فولت وقدرة 15 كيلو وات . غالباً ما يتم تحويلها لإنتاج الأشعة السينية ذات القدرة الأكبر على النفاذ.

تؤمن الأشعة الإلكترونية المسرعة معدل جرعة أكبر من أشعة جاما أو الأشعة السينية مما يقلل زمن التعرض اللازم للمعالجة ولكنه ضعف قدرته على الاختراق تجعله أقل استعمالاً من جاما والسينية.



شكل (3) تركيب جهاز e-beam وهو نفسه جهاز الأشعة السينية عند إضافة رأس مسطح مائل من التنغستين له.



شكل (4) يمثل جهاز المسرع الإلكتروني و x-ray من شركة VIVIRAD²⁵

التعقيم بأشعة إكس: فوتونات أشعة X قادرة على النفاذ أقل قليلاً من أشعة جاما وهي آمنة بصفقتها جهاز كهربائي حيث يصنع المهبط من التاليم أو التنغستين وتحتاج للوقاية الأسمنتية مثل غيرها ولكن لها عيب خطير وهو قلة

المردود بمعنى أن استهلاك الكهرباء عالي ولن تحصل إلا على جزء صغير منه لتوليد أشعة إكس وغالباً أنه لا ينفع في التطبيقات الطويلة وهي يعطي حوالي 5 MeV كحد أعظمي. [25]

التجارب العملية: جرى تشعيع العينات في قسم تشعيع الأغذية في هيئة الطاقة السورية بدمشق (تقع محطة التشعيع بجوار قرية دير الحجر، على بعد 25 كم جنوب مدينة دمشق ويستخدم في المحطة نظير الكوبالت-60 كمنبع لأشعة جاما). أخذت عينات التمور من مصنع الساد للتمور المصنعة في الإمارات العربية المتحدة.

النتائج والحسابات: كانت نتائج القياسات التي جرت في مخابر هيئة الطاقة الذرية السورية كما يلي:

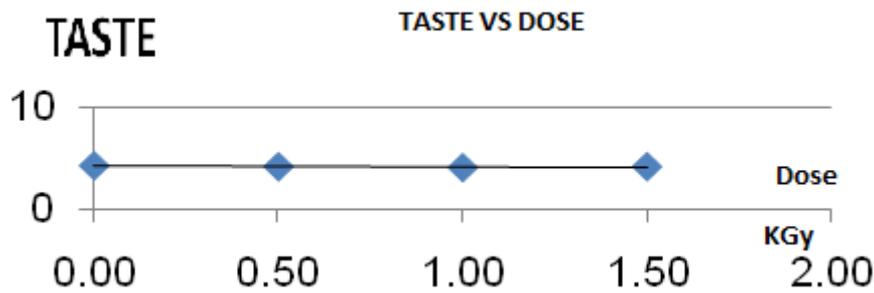
الاختبارات الحسية:

جدول (5) المواصفات الفيزيائية للتمور قبل وبعد التعقيم بالتشعيع

المعاملة Control kGy	القوام	القوام Δ	الرائحة smell	Δ smell	اللون color	Δ color	الطعم taste	Δ taste
Control	4.20	0.69	4.40	0.64	4.40	0.7	4.30	0.80
0.5	4.30	0.75	4.40	0.80	4.40	0.75	4.20	0.78
1.0	4.30	0.76	4.20	0.74	4.20	0.79	4.10	0.76
1.5	4.40	1.12	4.30	0.74	4.30	0.65	4.20	0.69
LSD	0.48		0.41		0.41		0.43	0.43

حيث TLS هو اختبار موثوقية التجارب بطريق فيشر الفرق المعنوي الأصغر (LSD) Fisher's Least Significant Difference

26. Test



الشكل (5) تغير الطعم قبل وبعد التشعيع

نلاحظ من الشكل (5) أن الطعم لم يتغير ضمن مجال التشعيع المستخدم (لغاية 1.5 kGy). كما تدل بقية الجداول على ذلك.

مواصفات حبة التمر:

جدول (6) المواصفات الفيزيائية للتمر

المعاملة	وزن 100 حبة gr	وزن البذور gr	وزن الحبة gr	طول الحبة mm	قطر الحبة mm
Control	809.17 ± 14.91	70.95 ± 0.19	738.21 ± 15.04	28.37±1.17	16.66 ± 0.88
0.5 kGy	±802.829.38	72.14±1.35	730.68± 8.18	28.7±1.69	16.11±0.54
1.0 kGy	795±5.68	72.64±1.23	723.32±5.92	27.69±3.19	15.38±1.80
1.5 kGy	805.1±16.32	61.44±17.61	733.63±17.57	28.87±1.54	15.13±0.88
LSD	23.23	16.67	23.76	3.86	2.12

تحليل العناصر:

جدول (7) العناصر الكيميائية في عينات التمر قبل وبعد التشعيع

المعاملة	صوديوم Na	بوتاسيوم K	كالمسيوم Ca	مغنيزيوم Mg
Control	0.45±0.1	11.44±0.99	1.28±0.15	3.5±0.19
0.5 kGy	0.46±0.02	12.21±1.5	0.99±0.14	3.95±0.25
1.0 kGy	0.47±0.08	14.47±0.97	1.44±0.22	4.26 ±0.22
1.5 kGy	0.49±0.015	14.33± 0.64	1.04±0.41	4.1 ±0.42
LSD	0.1	2.02	0.48	0.53

جدول (8) المواصفات الفيزيائية لرماد التمر

المعاملة	المادة الجافة %	الرطوبة النسبية %	الرماد %
Control	85.78±3.69	14.22±3.69	1.85±0.78
0.5 kGy	84.26±0.17	15.74±0.17	1.4±0.41
1.0 kGy	84.87±0.71	15.13±0.71	0.87±0.25
1.5 kGy	86.62±2.0	13.38±2.0	1.14 ±0.46
LSD	4.01	4.01	0.96

جدول (9) الصفات الفيزيائية والكيميائية للتمر المشععة: تحليل الصفات الفيزيائية:

المعاملة	رقم الـ EC	رقم الـ PH	الحموضة الكلية	اللزوجة	قرينة الانكسار
Control	1.1 ±0.09	6.06±0.02	0.2±0.03	13.67±0.58	1.342 ±0.001
0.5 kGy	1.08 ±0.04	5.9±0.10	0.21±0.05	13.33±0.58	1.341 ±0.001
1.0 kGy	1.2 ±0.04	6.02±0.08	0.23±0.01	14±0.00	1.342±0.001
1.5 kGy	1.27 ±0.05	5.96±0.07	0.23±0.01	14±0.00	1.342 ±0.001
LSD	0.11	0.14	0.05	0.58	0.001

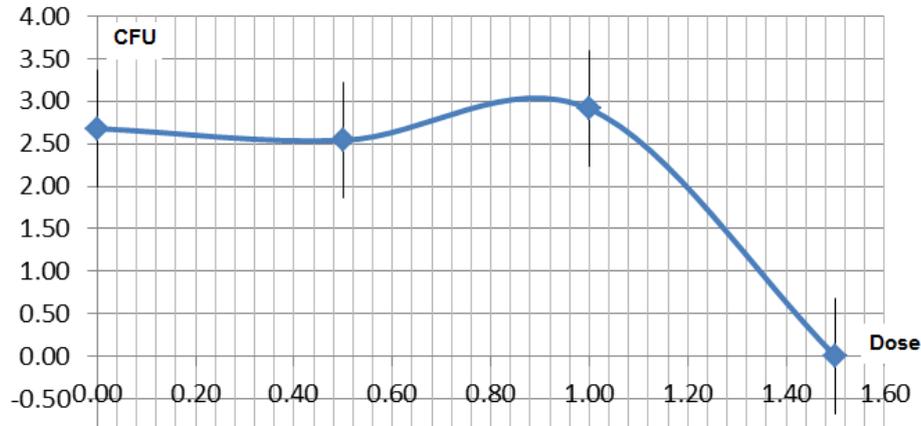
تحليل الحمولة الأحيائية:

جدول (10) الحمولة الأحيائية الكاملة للفطريات في العينات

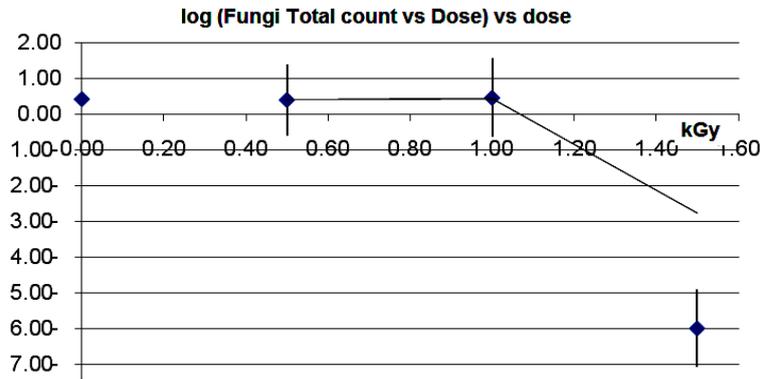
المعاملة	العدد الكلي Total count	الفطريات Fungi
Control	2.68±0.10	2.43±0.06
0.5 kGy	2.54±0.08	2.68±0.08
1.0 kGy	2.91±0.08	0
1.5 kGy	0	0
LSD	0.17	0.23

Fungi Total count vs Dose

العدد الكلي للفطريات بدلالة الجرعة



شكل (6) يبين تغير العد الكلي بدلالة جرعة المعالجة



شكل (7) يبين تغير العد الكلي بدلالة اللوغاريتم العشري لجرعة المعالجة

ويمكننا حساب الجرعة العشرية D10 مباشرة من مقلوب الميل:

$$D_{10} = 1/3.845 = 0.26 \text{ kGy}$$

تمت جميع الرسوم على Excel وجرى حساب الخطأ المعياري SE .

يدلنا الرسم (7) وانخفاض $R^2 = 0.6$ على وجود أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة و المختلفة بحساسيتها للإشعاع.

التوصيات والملاحظات: يوصى بإجراء تجارب حساب الجرعة الإشعاعية على كل نوع من الأحياء على حدة ولكننا هنا حسبنا الجرعة اللازمة للقضاء عليها جميعاً (أو لأشدها مقاومة للإشعاع) مهما كانت وهي 1.5 kGy . هذه النتيجة تشكل الحد الأعلى لنتائج الأبحاث السابقة التي توصي بجرعة 1 كيلو جراي وتسمح بزيادة الجرعة 0.5 كيلو جراي إضافية، مما يؤمن ضماناً أفضل.

كما تلعب هندسة التشعيع دوراً هاماً في تقدير الجرعة الممتصة وخاصة أن معظم الطرق - ما عدا جاما- ليس لها القدرة على النفاذ من العينات بسماكات كبيرة لذلك مثلاً في التشعيع بالإلكترونات يتم التشعيع من الطرفين مما يخلق

صعوبة في تعيين الجرعة الحقيقية لأطراف علب التغليف مهما قيل أنها دقيقة وجميع الطرق الأخرى سطحية وغير فعالة كفاعلية جاما والإلكترونات (مشكلة أشعة X هو المردود).

كلمة شكر: يتوجه الباحث بالشكر للدكتور محفوظ البشير من محطة تشعيع الأغذية في هيئة الطاقة الذرية السورية بدمشق على تعاونه القيم في إنجاز هذا الدراسة.

المراجع:

1 Food and Environmental Protection newsletter Vol.9, No.1 – joint FAO/IAEA January 2006.

2 المؤتمر الإقليمي لمنظمة الأغذية والزراعة للشرق الأدنى-الدورة الحادية والثلاثون , 4 مايو/أيار 2012 - روما، الحد من الفاقد من الأغذية لتحسين الأمن الغذائي في الشرق الأدنى. . NERC/12/4 Rev. 1 (Arabic only) MD457/A, May 2012.

3 The Fourth Symposium on Date Palm in SAUDI ARABIA\Challenges of Processing, Marketing, and Pests Control-KFU-Hassa-2007.

4 تشعيع الغذاء - تقنية لحفظ الغذاء وتحسين سلامته/ مطبوعات هيئة الطاقة الذرية- دمشق- سورية.

5 Al-Kahtani, H. A., Abu-Tarboush, H. M., Al-Dryhim, Y. N., Ahmed, M. A., Bajaber, A. S., Adam, E. E. and El-Mojaddidi, M. A. 1998. Irradiation of dates: Insect disinfestation, microbial and chemical assessments, and use of thermoluminescence technique. Radiat. Phys. Chem. [UK]. 53: 181-187.

6 Al-Kahtani, H.A. and Al-Daghery, M. 1999. Attitude of Saudi consumer toward food irradiation technology. FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring the Safety and Quality of Food Through Radiation Processing, 19-22 October 1999, Antalya, Turkey, p.131.

7 القحطاني حسن، آل سرحان عبدالله محمد / استخدام تقنية التشعيع في حفظ الأغذية – تقرير لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية 1418هـ/1998 م.

8 حمد نزار، حقائق حول تشعيع الغذاء، سلسلة نشرات الحقائق الصادرة عن ICGFI، هيئة الطاقة الذرية السورية دمشق، الكتاب 8، صفحة 7، 1994.

9 عجلوني، سعيد. تأثير الأشعة المؤينة على الحمولة الميكروبية في الأغذية، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق، 1995.

10 Al-Bacheer, M. 2000. Preservation of grains and grain products using ionizing radiation. Arab Atomic Energy Agency, Tunis, Tunisia.

¹¹ UNIONS SAFE, HAZARDS IN THE WORKPLACE FACT SHEET: ALUMINIUM PHOSPHINE (PHOSTOXIN), 2008.

12 حماد علي أحمد إبراهيم أستاذ علوم و ميكروبيولوجيا الأغذية- المركز القومي لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع-هيئة الطاقة الذرية المصرية/معالجة التمور بالأشعة طريقة بديلة لمادة بروميد الميثيل تقنية المعالجة بالأشعة تقنية آمنة وصديقة للبيئة ، ورشة عمل 'بدائل استخدام غازات برميد الميثيل في قطاع التمور' القاهرة " 2008/5/2624 .

13 منصور محمد هيئة الطاقة الذرية السورية/ مكافحة حشرات التمور و منتجاتها بالأشعة المؤينة – مجلة الذرة والتنمية مجلد 22 العدد 3 – 2010.

14 الخطيب عبد اللطيف بن علي ، دينار حسن مزمل. نخيل التمر في المملكة العربية السعودية : الزراعة والإنتاج والتصنيع. مركز أبحاث النخيل و التمور، جامعة الملك فيصل بالإحساء، المملكة العربية السعودية 2002.

15 The Institute of Food Science and Technology IFST, Public Affairs and Technical and Legislative Committees, Information Statement dated February 2006.

16 العودات محمد ، البشير محفوظ "الحمأة - خصائصها وإمكانية استعمالها الآمن في الزراعة" ،هيئة الطاقة الذرية السورية 2007 .

17 موقع شوربيم http://www.smebeam.com/Medical_ar.htm

18 Hashim M.M. /Quality evaluation and storage stability of irradiated Dhakki Date –NIFA–Pakistan– the Fourth Symposium on Date Palm in SAUDI ARABIA\Challenges of Processing, Marketing, and Pests Control–KFU–Hassa–2007.

19 شحاتة أحمد عبد الفتاح موسوعة النخيل والتمور - دار الطلائع.

20 El-Sayed / Feasibility of disinfestation of date fruits produced in Saudi Arabia by Gamma irradiation –KAU– Jeddah p.342. \ ندوة النخيل الأولى بالمملكة العربية السعودية .-جامعة الملك فيصل -الإحساء 1402 هـ / 1982 م .

21 Abdelmonem A.E., Fouad S.H., Hegazi E.M.\Fumigation and thermal treatments on stored date insects.

ندوة النخيل الثانية بالمملكة العربية السعودية 1406 هـ-1986 هـ -مركز أبحاث النخيل والتمور -جامعة الملك فيصل بالإحساء -إصدار دار المريخ- ج 2 ص 441 .

22 Al-Farsi M., Gohs U., Al-Abid M ., Al-Shoaily k ., Al-Amry M . and Alrawahy F / Disinfestation of dates using electron beams in comparison with other treatments –Plant Research Center Alkhoud Oman, Fraunhofer Institute ,Germany, p 301,2012.

23 Al-Abid M., Gohs U., Al-Farsi M., Al-Amri M., Al-Rawahi F./ Disinfestation Of Dates Using Electron Beams In Comparison With Other Treatments/ IV International Date Palm Conference, ISHS Acta Horticulturae 882, 2012.

24 وكالة البيئة الأمريكية: <http://www.epa.gov/rpdweb00/radionuclides/cobalt.html>

25 تقرير مترجم عن شركة Vivirad العين - الإمارات العربية المتحدة-ترجمة مؤسسة مجموعة NBH .

26 Lynne J. Williams , Herve Abdi/ Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test , In Neil Salkind (Ed.), Encyclopedia of Research Design. Thousand Oaks, CA: Sage. 2010.