

### المقال الأول

و قد نشر في جريدة الرياض عام ٢٠٠٢ م

#### تخزين الفواكه و الخضراوات تحت ظروف جوية محكمة

ما من شك أن عملية التبريد عند درجات الحرارة المناسبة لكل صنف أو نوع من الفواكه و الخضار يعمل على إطالة الصلاحية لهذه المحاصيل لمدد مختلفة تتناسب مع كل محصول. و هذا يرجع لخفض معدل التنفس و كذلك خفض معدل النمو الميكروبي و غيره من التفاعلات الكيموحيوية. من المعروف أن الفواكه و الخضراوات الطازجة هي كائنات حية فلذلك فهي تستمر في عملية التنفس بعد القطف أو الحصاد مستهلكة الأوكسجين ( $O_2$ ) و طاردة غاز ثاني أوكسيد الكربون ( $CO_2$ ). فعلى ذلك لو عمل تقليل لتركيز الأول و زيادة لتركيز الثاني فان معدل التنفس بالتأكد سينخفض (و غيره من التفاعلات الغير مرغوبة كما سيرد ذكره لاحقاً) وبالتالي معدل الفساد أو التدهور سيقبل. وعلى ذلك يمكن القول أن هذه التقنية باختصار هي التخزين تحت نسب محددة من الأوكسجين و ثاني أوكسيد الكربون على درجات تبريد محددة تتناسب مع كل صنف و محصول من الفواكه و الخضراوات المختلفة. و سميت هذه التقنية بالمتحكم فيها لأن تراكيز هذه الغازات تراقب باستمرار و يتم إعادة ضبطها إذا حدث بها أي تغيير نتيجة للتنفس البطيء لهذه المحاصيل.

وبالإمكان إجمال فوائد هذه التقنية في النقاط التالية:

١- تثبيط النمو الميكروبيولوجي. غاز ثاني أوكسيد الكربون يعمل على تثبيط النمو الميكروبي بطريقتين ، الأولى أنه يذوب في ماء الغذاء و يكون حمض كربونيك يعمل على تقليل pH والطريقة الثانية أن له آثار سلبية على النشاط الكيموحيوي و الإنزيمي في الخلايا سواء للغذاء أو الميكروب

٢- الوقاية من مهاجمة الحشرات المختلفة

٣- تقليل الفقد في الرطوبة

٤- التقليل من التغيرات الناتجة عن عمليات الأكسدة

٥- التحكم في النشاط الكيموحيوي و الإنزيمي

و يعد استعراضنا لما هية هذه التقنية و فوائدها يحسن بنا أن نتطرق لبعض التطبيقات المختلفة لها. و لكن قبل هذا تلزم الإشارة للتركيب الطبيعي للهواء و هو (٧٨ % نيتروجين ، ٢١ % أوكسجين ، ٠,٠٣٥ % ثاني أوكسيد كربون). و من أمثلة هذه التطبيقات نجدها مثلا استخدمت في تخزين الحبوب حيث استخدمت تراكيز قليلة جدا من الأوكسجين و عالية من ثاني أوكسيد الكربون (٢٠%) و هذه الظروف عملت على تثبيط النمو الفطري و على قتل الحشرات المختلفة. و لكن في تخزين الفواكه والخضراوات يتطلب وجود نسب أعلى من الأوكسجين و ذلك لمنع حدوث تنفس لا هوائي لهذه المحاصيل الذي ينتج عنه نكهات فساد كحولية غير مرغوبة. و تجدر الإشارة إلى أن الأنواع المختلفة من الفواكه و الخضراوات المختلفة تتطلب ظروف جوية مختلفة لنجاح تخزينها بهذه التقنية و على ذلك فكل محصول على حده يجب أن يعمل له تجارب مستقلة قبل البدء في تخزينه بكميات كبيرة. فعلى سبيل المثال لو أخذنا التفاح نجد أنه بالإمكان إطالة صلاحيته (صنف البراميلي) من ثلاثة إلى خمسة أشهر إذا خزن على ٣,٥ درجة مئوية و ذلك على الظروف الجوية التالية (٨ % ثاني أوكسيد كربون ، ١٣% أوكسجين ، ٧٩% نيتروجين). علما بأن هذه الظروف قد تختلف تبعا للأصناف المختلفة وكذلك أنه بالإمكان زيادة المدة لتصل إلى ثمانية أشهر تحت الظروف الجوية (١ % ثاني أوكسيد كربون ، ١ % أوكسجين ، ٩٨ % نيتروجين) على الرغم من أن هذه الظروف في محاصيل أخرى ربما تسبب حدوث التنفس اللاهوائي. و كمثال آخر فإنه قد تم التخزين المبرد للكرونب لثمانية أشهر في الظروف الجوية التالية (٥ % ثاني أوكسيد الكربون ، ٣ % أوكسجين ، ٩٢ % نيتروجين). و الجدول التالي يوضح أعلى تركيز من غاز ثاني أوكسيد الكربون و أقل تركيز من غاز الأوكسجين تتحمله بعض المحاصيل المختلفة من الفواكه و الخضار

المحصول	ثاني الكربون (%)	أوكسيد الأوكسجين (%)
الأوفوكادو	٥	٣
الكرنب	٥	٢
الجزر	٤	٣
الخيار	١٠	٣
البطاطس	١٠	١٠
الفرولة	٢٠	٢
الطماطم	٢	٣
البازلاء	٧	٥

و من الجدير بالذكر أن هذا النوع من التخزين مفيد جدا في المحاصيل التي تتدهور بسرعة بعد الحصاد حيث يتم جمعها في مراحل مبكرة ثم تخزينها تحت الظروف المثلى. و لعله من المناسب هنا أن أشير إلى أهمية إجراء دراسات متعددة بغرض تطبيق هذه التقنية على الرطب حيث أتوقع أنها ستعطي نتائج إيجابية و ذلك بإطالة صلاحيته لفترة أطول حيث يعمل ذلك على استقرار أسعاره لأنه كما هو معروف لدى الكل أن فترة موسم الرطب قصيرة و بالتالي تهبط الأسعار بدرجة متدنية لأن المزارعين يريدون التخلص من انتهاجهم بأسرع وقت ممكن خوفا من فسادهم. لكن لو خزن باستخدام هذه التقنية فربما تساعد على إطالة الصلاحية لفترة مناسبة تسمح بتسويقه لفترة أطول و المحافظة على سعره. وللأسف على حد علمي لم أسمع بمن طبق هذه التقنية على هذا المحصول الأهم في حياتنا.

و في الختام أود أن أشير لبعض العيوب لهذه التقنية مقارنة بعملية التبريد فقط:

- ١- العامل الاقتصادي حيث أن تكلفتها ربما تزيد على ضعفين التبريد فقط و لذلك فهي لحد الآن لم تستعمل على نطاق تجاري كبير إلا في التفاح
- ٢- التركيب الغازي الخاطئ ربما يؤدي لحدوث تفاعلات كيميائية متعددة ينتج عنها تغيرات في الرائحة و النكهة أو حدوث التنفس اللاهوائي بدرجة كبيرة
- ٣- تحمل تركيز قليل من الأوكسجين و عالي من ثاني أوكسيد الكربون (الجدول السابق) يختلف تبعا لكل محصول من المحاصيل المختلفة
- ٤- الأصناف المختلفة للمحصول الواحد ربما تستجيب استجابات مختلفة لأي تركيب غازي محدد و هذا يزيد من العبء الاقتصادي
- ٥- وجود منافسة من محاصيل مشابهة للمحصول المراد تخزينه تنمو في مناطق جغرافية مختلفة

## المقال الثاني

و قد نشر في جريدة الرياض ٢٠٠٢ م

### تشجيع الأغذية بين الحذر والتطبيق

في الآونة الأخيرة كثر الجدل حول تقنية الحفظ بالتشجيع خصوصا بعد اجازتها قانونا في المملكة العربية السعودية. وما من شك أن اسم هذه التقنية بحد ذاته قد يصيب كثير من الناس بالشك و الريبة فهم نتيجة لعدم الإدراك الكافي يخلطون ما بين الحفظ بالتشجيع Food Irradiation والإشعاع النووي Nuclear Radiation

وطبعا الكل يتذكر ما حدث في هيروشيما و نجازاكي وكذلك الحوادث العرضية لبعض المفاعلات النووية مثل تشيرنوبل و في الحقيقة أن تشجيع الأغذية موضوع مختلف تماما عن قضية الإشعاع النووي السالفة الذكر. فأشعة جاما(المستخدمة غالبا في عملية تشجيع الأغذية) لها قدرة على إحداث التأين لجزيئات معينة (إحداث تكسير للروابط الكيميائية عندما تمتصها المواد المراد تشجيعها) وسنتكلم

عن ذلك فيما بعد، فلذلك لو سميت هذه العملية بالتأين بدلا من التشعيع - كما في اللغة الفرنسية- لقلل من الخلط السابق الذكر.

ومن ناحية أخرى فنحن نتعامل بصفة تكاد تكون يومية مع الأشعة الموجودة في مجال الطيف الالكترومغناطيسي سواء كانت لها قدرة اختراقية عالية أو لا و من أمثلة ذلك الضوء المرئي و هو المدى من المجال الالكترومغناطيسي الأقل ضررا على الإنسان حيث أنه لا يخترق الجلد و لا يؤثر على حساسية الأعضاء الداخلية بالجسم. و لكن من ناحية أخرى فالموجات القصيرة Microwaves أو أشعة اكس X أو أشعة جاما فالوضع مختلف تماما فهذه كلها لها قدرات اختراقية و لكن لم يمنعنا ذلك من الاستفادة من التطبيقات العملية لها فمثلا لا أحد ينكر دور الميكروويف في المطبخ و تجهيز الوجبات أو دور أشعة اكس في الصناعة و المجالات الطبية ولم يقل أحد أن الغذاء أو الإنسان اذا تعرض لتلك الأشعة أو الموجات أصبح مشعا و نفس الشيء يقال عن أشعة جاما و دورها في عملية التشعيع للأغذية فأشعة جاما لها طاقة عالية ولا يوقفها إلا طبقة سميكة من الرصاص أو عدة أقدام من الماء أو الخرسانة المسلحة و هنا سأتناول كيفية عملها و تأثيرها الحافظ على الأغذية أما كيفية الحصول عليها من العمليات التحليلية المتعاقبة للنظائر المشعة المختلفة لبعض العناصر الثقيلة فلن يتم التطرق له.

و على أية حال فأشعة جاما تدعى بالأشعة المؤينة - كما ذكرنا سابقا - Ionizing radiation لأنها قادرة على إخراج الإلكترونات من مداراتها العادية في الذرات أو الجزيئات المختلفة وهذا العمل ينتج عنه أن هذه الذرات أو الجزيئات لن تبقى في حالتها المتعادلة بل ستبحث عن إلكترونات أخرى لإحداث التوازن الإلكتروني من جديد و على كل فانه عندما تصبح الذرات أو الجزيئات في هذه الحالة من فقد أو اكتساب للإلكترونات يطلق عليها اسم أيونات ions أو جذور حرة free radicals ويطلق على ذلك عموما لفظ متأينة Ionized. هذه الجذور الحرة لها فترة عمر قصير و لكن في نفس الوقت تكون قادرة على تحطيم الخلايا البكتيرية و تجدر الإشارة إلى أن هذه الجذور يمكن الحصول عليها من أغذية لم تشع نتيجة لتفاعلات مختلفة و على سبيل المثال (١) فعل الإنزيمات المختلفة مثل إنزيم

الليوكسيجينيز و البيروكسيديز (٢) أكسدة الدهون و الأحماض الدهنية (٣) تحلل الفيتامينات الذائبة في الدهن و بعض الصبغات. وبالإضافة لذلك فان حدوث التأين يكاد يكون في أي عملية حفظ أخرى ولكن لا يثار هذا الموضوع إلا في الحديث عن موضوع تشعيع الأغذية و هذا طبعا يجعل الناس يعتقدون أن هذا التأين فقط لا يحدث إلا في التشعيع وهذا كما تقدم غير دقيق و خلاصة القول أن عملية التشعيع للأغذية لا يجعلها نشطة إشعاعيا بل أن كل ما يحدث هو تغيير كيميائي وليس وليس تغيير نووي(و ذلك أن الطاقة المنبعثة في حدود الجرعات المعطاة غير قادرة على احداث تغيير في تركيب النواة فلذلك الأغذية لن تصبح مشعة). ويلزم التنويه بأن التغيرات التي تحدث للبروتينات و الفيتامينات و الكربوهيدرات كنتيجة لعملية التشعيع هي نفس ما يحدث أو بدرجة أقل بكثير للتغيرات التي تحدث بأية عملية حفظ أخرى ولكن يبقى استخدام أي تقنية للحفظ مرتبط بالزمان و المكان و العادات و التقاليد و الظروف الاقتصادية و خلافه.

وبعد معرفتنا بهذه التقنية و أن الغذاء لن يصبح مشعا أو عديم فائدة يلزم إيضاح كيفية الحفظ بهذه الطريقة. تعمل نواتج التأين (من أيونات و جذور حرة) على تحطيم و اعطاب الأحياء الدقيقة حالا و ذلك بتغيير التركيب للأغشية الخلوية و التأثير على الأنزيمات المختلفة و لكن الأكثر أهمية هو الأثر الذي يحدث للأحماض النووية مثل DNA و هذه كما هو معروف هي الضرورية للنمو و التكاثر. و كما هي الحال في طرق الحفظ الأخرى فان معدل التحطيم أو القتل يتفاوت بين الأنواع المختلفة للميكروبات. فمثلا بعض أجناس البكتيريا تحتوي على أكثر من DNA و كذلك البعض الأخر له القدرة على اصلاح أي تحطيم في DNA فلذلك لا نتوقع أن معدل التحطيم هو دالة خطية للجرعة المعطاة. هنا تجدر الإشارة الى أنه كلما كان الميكروب صغيرا و بسيطا فالجرعة المطلوبة تكون أعلى لتحطيمه فالفيروسات مقاومة للتشعيع أكثر من غيرها ومنتجات الجراثيم من البكتيريا لها القدرة على المقاومة أكثر من غيرها بينما الحشرات و الطفيليات تتطلب جرعة منخفضة من أشعة جاما للقضاء عليها. و الجدول التالي يبين تطبيقات مختلفة لتشعيع الأغذية في الدول المختلفة:

التطبيق	المدى من الجرعة (kGy)	الغذاء	الدولة
التعقيم	١٠-٧	الأعشاب والتوابل	بلجيكا - كندا - المكسيك - الدنمارك
قتل الممرضة البكتيريا	١٠-٢.٥	الدجاج المجمد - الروبيان - اللحم	فرنسا - USA - هولندا
التحكم في الأعفان	٥-٢	اطالة فترة التخزين للفواكه الطازجة	الصين - افريقيا الجنوبية
اطالة فترة التبريد من ٥ أيام الى شهر	٥-٢	السماك - اللحم	هولندا - فرنسا
كمبيد	٢-٠.١	الطحين - الأغذية الجافة - الكاكاو	البرازيل - شيلي - الصين
منع الانبات	٢-٠.١	البطاطس - الثوم - البصل	كوبا - الجزائر - بنغلاديش

ومن أهم التطبيقات الواعدة في المملكة للتشعيع هو في مجال التمور. حيث أنه كما هو معروف أن التمور يجرى لها عملية تبخير بغاز الميثيل بروميد قبل اكمال تصنيعها و ذلك للقضاء على الحشرات بأطوارها المختلفة. و اذا علمنا أن هذا الغاز في طريقه للمنع في المستقبل القريب فان التشعيع بجرعات منخفضة نسبيا قد يكون الخيار المناسب.

و أخيرا يمكن أن نوجز المزايا الرئيسية لتشعيع الأغذية بالآتي:

١- لا ينتج عنها حرارة محسوسة و لذلك فالتغيرات في الخواص الحسية تكون قليلة.

٢- الأغذية المجمدة و المغلفة بالامكان معاملتها بهذه الطريقة.

٣- الطاقة المطلوبة لهذه التقنية قليلة.

٤- التغيرات في الأغذية من ناحية تغذوية تكاد تكون مقاربة للقيمة الغذائية بطرق الحفظ الأخرى.

٥- المعاملة بهذه التقنية متحكم بها أوتوماتيكيا و تكاليفها التشغيلية قليلة.

و في الختام يلزم التنويه بأن تقنية التشعيع مثلها مثل أي تقنية حفظ أخرى لا تخلو من العيوب ومن أمثلة ذلك التكلفة الانشائية العالية وناحية الأمان من احتمال تسرب الأشعة وكذلك وجود بعض المخاوف من أن التشعيع قد يقضي على الأحياء الدقيقة ولكن السموم التي أنتجتها من قبل ربما لن تتأثر

### المقال الثالث

و قد نشر عام ٢٠٠٣ م في جريدة عكاظ

تشعيع التمور البديل الأفضل لحفظ الجودة و دعم الإنتاج

من المعروف أن المملكة العربية السعودية تعتبر من الدول المنتجة للتمور بإنتاج سنوي قد يفوق **900000** طن . معظم هذا الإنتاج يستهلك داخليا بعد تعبئته منزليا أو آليا . ولكن في السنوات الأخيرة شاهدنا فائضا في التمور وخصوصا في الأصناف الأقل رغبة مما حدى بالجهات المختصة في الدولة إلى تشجيع الصناعات القائمة على التمور وإنتاج منتجات مختلفة ،منها على سبيل المثال العجينة والدبس والخل والكحول الإيثيلي وخلافها . وهذا أدى إلى الحاجة القصوى لتخزين التمور لمدد أطول حتى يتسنى تصنيعها لأنه كما هو المعروف أن موسم التمور يستغرق فترة زمنية محدودة مما يتطلب شراء الكميات اللازم تصنيعها دفعة واحدة وتخزينها في المخازن المختلفة . وكما هو معروف فإن التمور سواء كانت في طريقها للمصانع أو في المخازن تواجه خطر الإصابة الحشرية مما يتوجب إيجاد طرق فعالة لمكافحتها والحد منها . وكما هو ثابت أن



الإصابة الحشرية للتمور هي من أهم أسباب تدني الجودة فيها وليس ذلك راجع لتغذيتها على التمور فقط وإنما أيضا لوضع مخلفاتها وما تحمله من ضرر للإنسان وكذلك العمل على تشجيع الإصابة بالميكروبات الأخرى . كانت الطريقة العامة - ولا تزال في بعض الأحيان - لمكافحة الحشرات ومنعها من أن تصيب التمور خلال التخزين هي بإستخدام غازات التبخير أو التعفير المختلفة أمثال إيثيل داي بروميد (**Ethly dibromide ( EDB )** أو إيثيلين أو كسيد **Ethylene Oxide** أو ميثيل بروميد (**Methyle bromide (MB)** . من المعروف أن الأول (**EDB**) كان أكثرها استخداما ولكن تم منعه عام ١٩٨٤ م لأنه اتضح أنه مادة مسرطنة وكذلك الميثيل بروميد فقد قيد استخدامه بل وتم منعه في كثير من البلدان لضرره البيئي حيث أنه مادة مستنزفة لطبقة الأوزون وكذلك لضرره الصحي حيث اتضح أنه مادة مسرطنة أيضا .

وإجمالا غازات التعفير تدور حولها الشكوك مما يتوجب معه البحث عن طرق أكثر أمانا وفاعلية في حفظ التمور ولعل الطريقة المثلى هي في التشعيع . وقيل أن نسهب في فائدة هذه الطريقة في حفظ التمور يتوجب أن نوضح ما هو مصطلح تشعيع الأغذية لأن هذا المصطلح قد يحدث بعض الارتباك للقارئ الكريم . فالمقصود بتشعيع الأغذية باختصار: هو تعريض الغذاء إلى جرعات مختلفة من أشعة جاما (المستخدمة غالبا في عملية التشعيع ) حسب نوع الغذاء لإحداث حالة من التأين تكون نتائجها قادرة على تحطيم الميكروبات والحشرات المختلفة . وعلى ذلك فإن كل ما يحدث هو تغيير كيميائي وليس تغيير نووي وذلك أن الطاقة المنبعثة في حدود الجرعات المعطاة غير قادرة على إحداث تغيير في تركيب النواة ولذلك الأغذية لن تصبح مشعة

وتجدر الإشارة إلى أنه كلما كان الميكروب صغيرا وبسيطا كانت الجرعة المطلوبة لتحطيمه أعلى فالفيروسات مقاومتها للتشعيع أكثر من غيرها بينما الحشرات والطفيليات - وهذا ما يهمنا في هذا المقال - تتطلب جرعة منخفضة من أشعة جاما للقضاء عليها .

وبعد معرفتنا بهذه التقنية نوضح لماذا هذه التقنية تعتبر البديل المناسب لعملية التبخير وهذا راجع لعدة عوامل منها :

(١) هذه التقنية لا تبقي أي مخلفات ولا تسبب أي ضرر بيئي.  
(٢) من المعروف أن الحشرات تكون مقاومة ضد المبيدات الحشرية بإستمرارية استعمالها مما يتوجب معه زيادة في التراكيز لها مع الزمن ولكن لحد الآن لم تعرف هذه الظاهرة بالنسبة للتشعيع .

(٣) التغيرات التي تحدث للبروتينات والفيتامينات والسكريات والنكهة في التمور المشععه طفيفة أو لا تكاد تذكر مقارنة بالتمور التي لم تشع .

(٤) كما قلنا سابقا أن الحشرات تتطلب جرعات منخفضة من أشعة جاما لا تتعدى غالبا **1Kgy** للقضاء عليها في جميع مراحل نموها ولكن كما هو معروف أن الحد الأقصى المسموح به لاستعمال هذه الأشعة هو **10kgy** ومن هنا يتبين مقدار الأمان . وتأكيذا لذلك فقد أجريت دراسات عديدة لنبين هذا العامل منها القيام بتشعيع عينة من التمور بـ **10** أضعاف الجرعة المسموح بها في حفظ التمور بهذه التقنية وغذيت لنوع من الحشرت و قورنت هذه الدراسة بعينة من التمور لم تشع وكانت نتيجة هذه الدراسة أنه لم يلاحظ أي فرق في نمو الحشرات سواء غذيت بالتمور المشععه أو بالتمور التي لم تشع وهذا بالطبع يبين مدى وسلامة وأمان هذه التقنية .

وفي الختام لعله من المناسب أن أشير إلى العوامل التي تحدد مقدار الجرعة المناسبة في عملية التشعيع التي منها:

(١) الحشرات في طور البيضة أكثر حساسية للتشعيع من الأطوار الأخرى مثل اليرقة و الحشرة الكاملة .

(٢) الحشرات من نوع **LEPIDOPTERAN** (حرفية الأجنحة- الفراشات-) لها مقاومة أكثر من الحشرات من نوع **COLEOPTERAN** (غمدية الأجنحة -الخنافس-) وهذا راجع للاختلاف في التركيب الكروموسومي فيها .

(٣) وكذلك فالتغيرات البيئية ربما تؤثر على حساسية الحشرات تجاه التشعيع .

٤) ولكن إجمالاً فالجرعة عادة ما تتراوح ما بين **0.3 kgy** إلى **1kgy** .