# IAEA BULLETIN

## مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرِّية

منشور الوكالة الرئيسي | آذار/مارس ٢٠١٧

للاطلاع على النسخة الإلكترونية
www.iaea.org/bulletin

# التكنولوجيا الإشعاعية
## ثورة صناعية خلف الكواليس

**الصين تفتتح أولى محطاتها لمعالجة مياه الصرف بالإشعاع** الصفحة ٨

**كندا تسعى إلى إيجاد طريقة أفضل وأكثر صداقة للبيئة لتغليف وتعبئة الأغذية باستخدام مواد تغليف مصنَّعة من الألياف النانوية المشعَّعة** الصفحة ١٠

**الثقافة تلتقي بالمجال النووي في البرازيل** الصفحة ١٦

انظر أيضًا: أخبار الوكالة

60 عامًا
تسخير الذرَّة من أجل السلام والتنمية
IAEA

## مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

يصدرها مكتب الإعلام العام والاتصالات
الوكالة الدولية للطاقة الذرّية
العنوان:
International Atomic Energy Agency
PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
الهاتف: ٢١٢٧٠-٢٦٠٠ (٤٣-١)
الفاكس: ٢٩٦١٠-٢٦٠٠ (٤٣-١)
البريد الإلكتروني: iaeabulletin@iaea.org

المحرِّر: ميكلوس غاسبر
مديرة التحرير: نيكول جاويرث
التصميم والإنتاج: ر يتو كين

مجلة الوكالة متاحة على الموقع التالي:
www.iaea.org/bulletin



يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمَّنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بِحُرِّية، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيَّنًا أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه أو من المنظمة المصدِرة على إذن بإعادة النشر، ما لم يكن ذلك لأغراض الاستعراض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أي مقالة موقَّعة واردة في مجلة الوكالة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولا تتحمَّل الوكالة أي مسؤولية عنها.


الغلاف: الوكالة الدولية للطاقة الذرية

تابعونا على

IAEA

تتمثَّل مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كل البلدان، لا سيما في العالم النامي، على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخدامًا سلميًّا ومأمونًا وآمنًا.

وقد تأسَّست الوكالة بصفتها منظمة مستقلة في إطار الأمم المتحدة في عام ١٩٥٧، وهي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة التي تملك الخبرة في مجال التكنولوجيات النووية. وتساعد مختبرات الوكالة المتخصِّصة الفريدة من نوعها على نقل المعارف والخبرات إلى الدول الأعضاء في الوكالة في مجالات مثل الصحة البشرية والأغذية والمياه والصناعة والبيئة.

كما تقوم الوكالة بدور المنصَّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. وقد أسَّست الوكالة سلسلة الأمن النووي الخاصة بالمنشورات الإرشادية المتوافق عليها دوليًّا بشأن الأمن النووي. كما تركِّز أنشطة الوكالة على تقديم المساعدة للتقليل إلى الحدِّ الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعة في أيدي الإرهابيين والمجرمين، أو خطر تعرُّض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معايير الأمان الخاصة بالوكالة نظامًا لمبادئ الأمان الأساسية، وتجسِّد توافقًا دوليًّا في الآراء حول ما يشكِّل مستوى عاليًا من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤينة. وقد وُضِعت معايير الأمان الخاصة بالوكالة لتطبيقها في جميع أنواع المرافق والأنشطة النووية التي تُستَخدَم للأغراض السلمية، بما يشمل الإخراج من الخدمة.

وتتحقَّق الوكالة أيضًا، من خلال نظامها التفتيشي، من امتثال الدول الأعضاء للالتزامات التي قطعتها على نفسها بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وغيرها من اتفاقات عدم الانتشار، والمتمثِّلة في عدم استخدام المواد والمرافق النووية إلاَّ للأغراض السلمية.

ولعمل الوكالة جوانب متعدِّدة، وتشارك فيه طائفة واسعة ومتنوِّعة من الشركاء على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وتُحدَّد برامج الوكالة وميزانياتها من خلال مقرَّرات جهازي تقرير سياسات الوكالة — أي مجلس المحافظين المؤلَّف من ٣٥ عضوًا والمؤتمر العام الذي يضمُّ جميع الدول الأعضاء.

ويوجد المقر الرئيسي للوكالة في مركز فيينا الدولي. كما توجد مكاتب ميدانية ومكاتب اتصال في جنيف ونيويورك وطوكيو وتورونتو. وتدير الوكالة مختبرات علمية في كلٍّ من موناكو وزايبرسدورف وفيينا. وعلاوةً على ذلك، تدعم الوكالة مركز عبد السلام الدولي للفيزياء النظرية في تريستي بإيطاليا وتوفِّر له التمويل اللازم.

# التكنولوجيا الإشعاعية من أجل مستقبل أكثر ازدهارًا واستدامة

**بقلم يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية**

تُسهم العلوم والتكنولوجيا النووية إسهامًا كبيرًا في التنمية الصناعية والنمو الاقتصادي. ومن بين فوائدها العديدة تحسين المواد، وتوفير عمليات صناعية أكثر فعالية، وبيئة أنظف، والمساهمة في تحقيق الكثير من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، بما في ذلك الهدف ٩ الرامي إلى الترويج للصناعة والابتكار والهياكل الأساسية. وتساعد الوكالة دولها الأعضاء الـ ١٦٨ على تحسين قدراتها في مجال استخدام العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية من أجل تحسين نوعية حياة شعوبها.

وتتيح التكنولوجيا الإشعاعية أدوات متعدِّدة الاستعمالات تؤدِّي دورًا هامًّا في دعم التنمية المستدامة. وغالباً ما تكون التكنولوجيا الإشعاعية أكثر فعالية من حيث التكلفة وأكثر صداقة للبيئة مقارنة بالبدائل التقليدية، إذ إنها تتطلَّب قدرًا أقلَّ من الطاقة وتولِّد قدرًا أقلَّ من النفايات. ويُعدُّ هذا دورًا هامًّا بالنسبة إلى جميع البلدان، خاصَّة البلدان ذات الموارد المحدودة.

وتُسلِّط هذه الطبعة من مجلة الوكالة الضوء على بعض الأساليب التي تُوظَّف فيها العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية بفعالية في جميع أنحاء العالم. ويمكنكم التعرُّف على كيفية استخدام الصين، وهي إحدى أكبر الدول المنتجة للمنسوجات في العالم، للتكنولوجيا الإشعاعية لتطهير مياه الصرف المستعملة في صبغ المنسوجات وجعل هذه المياه مأمونة بقدر أكبر لإعادة استخدامها (الصفحة ٨)، وكيفية استخدام البرازيل للتكنولوجيا الإشعاعية لمكافحة الآفات الحشرية الغازِيَة من أجل حماية تراثها الثقافي (الصفحة ١٦).

وفي جميع أنحاء العالم تستخدم الشركات التقنيات النووية لمراقبة جودة المنتجات والعمليات والهياكل من أجل زيادة الإنتاج وتعزيز الأمان. وفي شيلي تساعد هذه الأدوات قطاع التعدين على أن يظل قطاعًا تنافسيًّا (الصفحة ١٤). وفي المغرب يستخدم الأخصائيون الإشعاعات من أجل الكشف عن العيوب وحالات عدم الاتساق في المنتجات وعمليات الإنتاج وتصحيحها (الصفحة ١٢)، بينما تؤدي التقنيات النووية في ميانمار إلى تعزيز أوجه الكفاءة في قطاع النفط والغاز، وأحواض بناء السفن، والسكك الحديدية وحتى المنتزهات الترفيهية (الصفحة ٦).

ويعمل العديد من العلماء والخبراء معًا من خلال ما تضطلع به الوكالة من أنشطة بحثية منسَّقة وما تعقده من اجتماعات علمية من أجل زيادة تحسين التكنولوجيات الإشعاعية وتوسيع نطاق استخدامها. وتنتج عن هذا العمل العلمي حلول ابتكارية لمواجهة التحديات العالمية. ومن الأمثلة الجيدة على ذلك تطوير مواد تغليف جديدة قابلة للتحلل الأحيائي بهدف مكافحة التلوث باللدائن (الصفحة ١٠). وتؤدِّي المراكز المتعاونة مع الوكالة دورًا رئيسيًّا في نقل هذه الحلول العلمية خارج نطاق المختبرات وإدراجها ضمن الصناعة وفي الحياة اليومية (الصفحة ٢٠). ونتيجة للعمل الذي تضطلع به الوكالة يكتسب العديد من العلماء ما يحتاجونه من خبرات لكي يصبحوا مصدرًا للخبرات والإرشادات بالنسبة إلى البلدان الأخرى بشأن الكيفية التي يتعيَّن بها تطبيق الأدوات الإشعاعية (الصفحة ١٨).

فالعلم والتكنولوجيا عاملان ضروريان لتحقيق التنمية. ويُعدُّ توافر إطار قوي يُعنى بالأمان والأمن الإشعاعيَّين أمرًا ضروريًّا إذا أرادت البلدان الانتفاع من الفوائد المحتملة للتكنولوجيا النووية. وإنَّ الوكالة ملتزمة بمساعدة البلدان على تدريب المهنيين ومنحهم شهادات اعتماد وبإنشاء نظم الأمان والأمن اللازمة لضمان مواصلة استخدام هذه التكنولوجيات الابتكارية لفائدة البشرية.

**"تُتيح التكنولوجيا الإشعاعية أدوات متعدِّدة الاستعمالات تؤدي دورًا هامًّا في دعم التنمية المستدامة."**

— يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

(الصورة من: ر. ميرفي/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

(الصورة من: كونليث برادي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

(الصورة من: كونليث برادي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

## تصدير

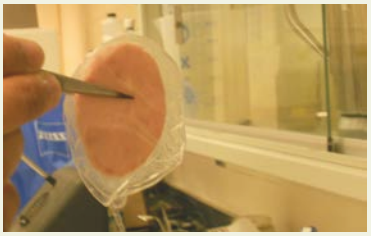
١ التكنولوجيا الإشعاعية من أجل مستقبل أكثر ازدهارًا واستدامة

## العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية

٤ نظرة على العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية

٦ ميانمار تستخدم التقنيات النووية لتحسين العمليات الصناعية

٨ الصين تفتتح أولى محطاتها لمعالجة مياه الصرف بالإشعاع



١٠ كندا تسعى إلى إيجاد طريقة أفضل وأكثر صداقة للبيئة لتغليف وتعبئة الأغذية باستخدام مواد مصنَّعة من الألياف النانوية المشعَّعة

١٢ تحسين الجودة مع التوفير في التكاليف: المغرب يعزز قطاع الصناعة لديه باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية

١٤ شيلي تظل في صدارة السباق على المعادن النادرة بفضل التكنولوجيا الإشعاعية

١٦ الثقافة تلتقي بالمجال النووي في البرازيل

١٨ استحداث مواد أكثر أمانًا وأنظف من خلال المعالجة النووية

## الأسئلة والأجوبة

٢٠ إضفاء زخم على مجال علم الإشعاع من خلال التعاون

## آراء من داخل الوكالة

٢٢ التكنولوجيا الإشعاعية من أجل تحقيق التنمية: كيف تقدِّم الوكالة المساعدة؟
— بقلم ميرا فينكاتيش

## تحديثات الوكالة: الأخبار

٢٤ موجزات الوكالة الدولية للطاقة الذرية: سلسلة جديدة خاصَّة بصانعي السياسات

٢٤ أسلوب جديد يمضي قدمًا بالبحوث بشأن مكافحة البعوض باستخدام التقنيات النووية

٢٥ إنقاذ إرث أرمينيا في مجال بحوث الفيزياء من خلال البيكسالات

٢٦ التكنولوجيا البديلة يمكنها زيادة إنتاج الموليبدينوم-٩٩

٢٧ منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية

# نظرة على العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية

بقلم نيكول جاويرث

**يُمكن جعل الأسلاك والكوابل أقوى وأكثر مقاومة للمواد الكيميائية القاسية ولدرجات الحرارة القصوى، مثل درجة حرارة النار، من خلال الاستعانة بالتكنولوجيا الإشعاعية.**

(الصورة من: لويز بوترتون/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

**"يمكن للتكنولوجيات الإشعاعية أن تساعد على التخفيف من حدَّة التحديات البيئية الناشئة، وأن تساعدنا على ضمان مستقبل مستدام، لا سيما في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ومع تواصل نموّ وتطور هذه الأدوات، ستُتاح إمكانيات جديدة فيما يتعلَّق بالكيفية التي يمكن لنا بها استخدامها."**

— خواو أوسو، مدير شعبة منتجات النظائر المشعّة والتكنولوجيا الإشعاعية، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الهواتف الذكية وإطارات السيارات والضمادات: ما هي إلا غيض من فيض منتجات نستخدمها يوميًّا وتُجعَلُ أكثر أمانًا أو أكثر موثوقية أو أكثر فعالية باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية. وبالإضافة إلى استخدام هذه التكنولوجيا في هذه المنتجات، فهذه التكنولوجيا تعدُّ أيضًا أداة للقيام بجملة من الأنشطة منها عمليات التحقُّق من الأمان، وتطهير المياه وتنظيف ملوِّثات الهواء، وحتى تحسين الإنتاج الغذائي وحفظ الأغذية. ومن خلال ما يتم إحرازه من تقدُّم في مجال البحوث والابتكار في مجال العلوم الإشعاعية، يتواصل ازدياد التأثير العالمي لهذه التكنولوجيا في الحياة اليومية والتنمية المستدامة.

وقد قال خواو أوسو، مدير شعبة منتجات النظائر المشعة والتكنولوجيا الإشعاعية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "انظروا إلى المزارعين في الهند وأذرعهم مليئة بالخضروات بفضل الأسمدة المصنوعة من حمأة مياه المجاري المشعّعة. أو أمعنوا النظر بكل إعجاب في آلاف القطع الفنيَّة الجميلة والآثار الثقافية في البرازيل التي تم إنقاذها من تهديد الحشرات والعفن بفضل الإشعاع. إنَّ الفوائد المحتملة للإشعاع لا تعد ولا تحصى."

وقد عكف العلماء منذ عقود على دراسة الإشعاع (انظر مربع العلوم) وتأثيراته الكيميائية. وأدَّت هذه الدراسات إلى استحداث مجموعة من الأدوات والأساليب التي تستفيد من هذه التأثيرات وتطبقها في طائفة من المجالات، بدءًا بالزراعة والصناعة ومرورًا بحماية البيئة وانتهاءً بالأمان والأمن. وبالمقارنة بالعديد من الأساليب التقليدية فإنَّ التقنيات التي تنطوي على الإشعاعات غالبًا ما تكون أسرع وأكثر فعالية من حيث التكلفة وأكثر صداقة للبيئة.

فالاختبار غير المتلف، على سبيل المثال، هو أحد أساليب مراقبة الجودة المستخدمة في مجال الصناعة للكشف عن حالات التسرُّب والتشققات وغيرها من حالات عدم الاتساق الهيكلية في المنتجات وهياكل المباني والآلات. وهو يعمل عن طريق تمرير الإشعاعات، مثل الأشعة السينية، عبر المواد مما يُمكِّن من كشفها باستخدام أجهزة متخصِّصة. وتنتِج هذه الأجهزة صورًا لما يحدثُ داخل هذه المواد. ويمكن الاطلاع على المزيد في هذا الشأن في الصفحتين ٦ و١٢.

والمقتفيات الإشعاعية طائفة أخرى من الأدوات التي يشيع استخدامها لتحسين الإنتاجية في قطاعات مثل معالجة المعادن وصناعة استخراج المعادن. ويقوم الأخصائيون بحقن النظائر المشعة الرئيسية في مائع أو في مزيج يحتوي على مادة، حيث ترتبط هذه الذرَّات بجزيئات هذه المادَّة. ومن ثمَّ يمكن للأخصائيين، باستخدام آلات المسح، تتبُّع هذه النظائر المشعَّة لأخذ القياسات وتحديد مختلف خصائص هذه المادة وفهم الكيفية التي تتحرك بها داخل نظام ما. ويمكن الاطلاع على المزيد في هذا الشأن في الصفحة ١٤.

## مواد جديدة لمستقبل أكثر استدامة

أدَّت البحوث في مجال العلوم الإشعاعية أيضًا إلى اكتشاف سبل جديدة لإعادة هيكلة الجزيئات وربطها من أجل استحداث مواد جديدة، معظمها أكثر استدامة وفعالية وصداقة للبيئة. وهذه المواد الجديدة مصنوعة من مُركَّبات وبوليمرات عضويَّة

**يُمكن استخدام التكنولوجيا الإشعاعية لفحص المكوِّنات الداخليَّة لعملية ما أو إحدى المعدات دون تعطيل الإنتاج.**

(الصورة من: أ. رشاد/ المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية)

مثل البروتينات المتأتية من الألبان أو المواد المتبقية من النباتات، أو السيلولُوز المتأتي من المصادر الطبيعية مثل الأشجار وقشور القشريات. وفي بعض الحالات، يتم الجمع بين هذه المُركَّبات والألياف المتأتية من مصادر طبيعية أخرى، مثل الخشب، من أجل تحسين ديمومتها. وقد أدَّى ذلك إلى استحداث جملة أمور منها مواد بناء جديدة، وهلامات محسَّنة جديدة لعلاج الجروح، ومواد لتغليف الأغذية صديقة للبيئة. ويمكن الاطلاع على المزيد في هذا الشأن في الصفحتين ١٠ و١٨.

ويمكن للعلماء باستخدام نفس الأدوات الإشعاعية، لكن بمستويات مختلفة من الطاقة، تغيير سلوك الخلايا والجزيئات بغية معالجة الملوِّثات أو حالات التفشي غير المرغوب فيها. ويمكن للإشعاع، عند مستويات معيَّنة من الجرعات، تغيير المكوِّنات الرئيسية صلب الخلايا لمنع تكاثرها فَتيليًّا أو تفتيت الجزيئات لجعل معالجتها أسهل. ويمكن الاطلاع على المزيد في هذا الشأن في الصفحتين ٨ و١٦.

وكما قال أوسو: "يمكن لتكنولوجيات الإشعاع أن تساعد على التخفيف من حدّة التحديات البيئية الناشئة، وأن تساعدنا على ضمان مستقبل مستدام، لا سيما في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل. ومع تواصل نموِّ هذه الأدوات وتطورها، ستُتاح إمكانيات جديدة فيما يتعلَّق بالكيفية التي يمكن لنا بها استخدامها."

العلوم

## ما هو الإشعاع؟

الإشعاع هو شكل من أشكال الطاقة، مثل الحرارة والضوء المتأتيان من الشمس. وثمَّة نوعان من الإشعاع هما الإشعاع المؤيِّن والإشعاع غير المؤيِّن. والإشعاع المؤيِّنُ هو ما يقصده الناس عندما يتحدثون عن الإشعاع.

ويَتأتَّى الإشعاع المؤيِّن من الذرات غير المستقرَّة التي تمرُّ بمرحلة تحوُّل لكي تصبح مستقرَّة، وتُسمى هذه العملية النشاط الإشعاعي. كما يُمكن للإشعاع المؤيِّن أن يَتأتَّى من عملية تعجيل للجسيمات بواسطة مجال كهرمغنطيسي. وثمَّة عدَّة أنواع من الإشعاع المؤيِّن: وهي جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا وأشعة غاما، فضلاً عن الجسيمات والموجات المعجَّلة والتي تُسمى الإلكترونات والبروتونات والأشعَّة السينية. وثمَّة أيضاً جسيمات دون ذرية مثل النيوترونات والأيونات المشحونة التي تُستخدم كمصدر للتطبيقات الإشعاعية.

ويُمكن للعلماء استخدام الإشعاع المؤيِّن مقترناً بأدوات خاصَّة لتحديد مختلف الخصائص أو المواد أو لتغيير المواد عندما يُستخدم الإشعاع المؤيِّن بجرعات عالية بما فيه الكفاية. وعلى سبيل المثال، تُستخدم كاميرا خاصة للكشف عن الإشعاعات عندما تمرُّ عبر جسم ما، وتنتج عن هذه العملية صورة تبيِّن ما يحدثُ داخل هذا الجسم.

# ميانمار تستخدم التقنيات النووية لتحسين العمليات الصناعية

**بقلم ميكلوس غاسبر**

**باحثة في إدارة الطاقة الذرية في ميانمار تختبر المعدات التي ستستخدم لأغراض الاختبار غير المتلف في معمل تكرير النفط بالبلد.**

(الصورة من: م. غاسبر/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

يعكف الخبراء على نشر استخدام التكنولوجيا النووية في مجال الاختبار الصناعي في جميع أنحاء ميانمار، لا سيما عقب التنفيذ الناجح لهذه التقنية في قطاع النفط والغاز.

ويشمل الاختبار غير المتلف باستخدام التقنيات النووية استخدام الإشعاعات المؤيّنة لاختبار جودة المواد والمنتجات (انظر مربع العلوم). وتُسمى التقنية المستخدمة في ميانمار التصوير المقطعي للعمليات بأشعة غاما وهي قائمة على الامتصاص التفريقي في مختلف المواد لأشعة غاما المنبعثة من المصادر المشعَّة. ومنذ عام ٢٠١٣ ساعدت الوكالة إدارة الطاقة الذرية في ميانمار على شراء المعدات اللازمة وبناء خبرات موظفيها فيما يتعلَّق باستخدام هذه التقنية. ويُجري خبراء إدارة الطاقة الذرية بانتظام اختبارات غير متلفة في معمل تكرير النفط بثانلين الواقع بالقرب من يانغون لتفقُّد جودة الأنابيب والمنتجات التي تتدفَّق من خلالها.

وقالت ميرا فينكاتيش، مديرة شعبة العلوم الفيزيائية والكيميائية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "تؤدي العلوم والتكنولوجيا النووية دورًا رئيسيًّا في تحقيق الابتكار والكفاءة في العمليات الصناعية". وقالت أيضًا: "إنَّ ميانمار تقدم مثالاً رائعًا عن الكيفية التي يمكن بها للبلدان المنخفضة الدخل أن تستفيد كذلك من هذه التكنولوجيا."

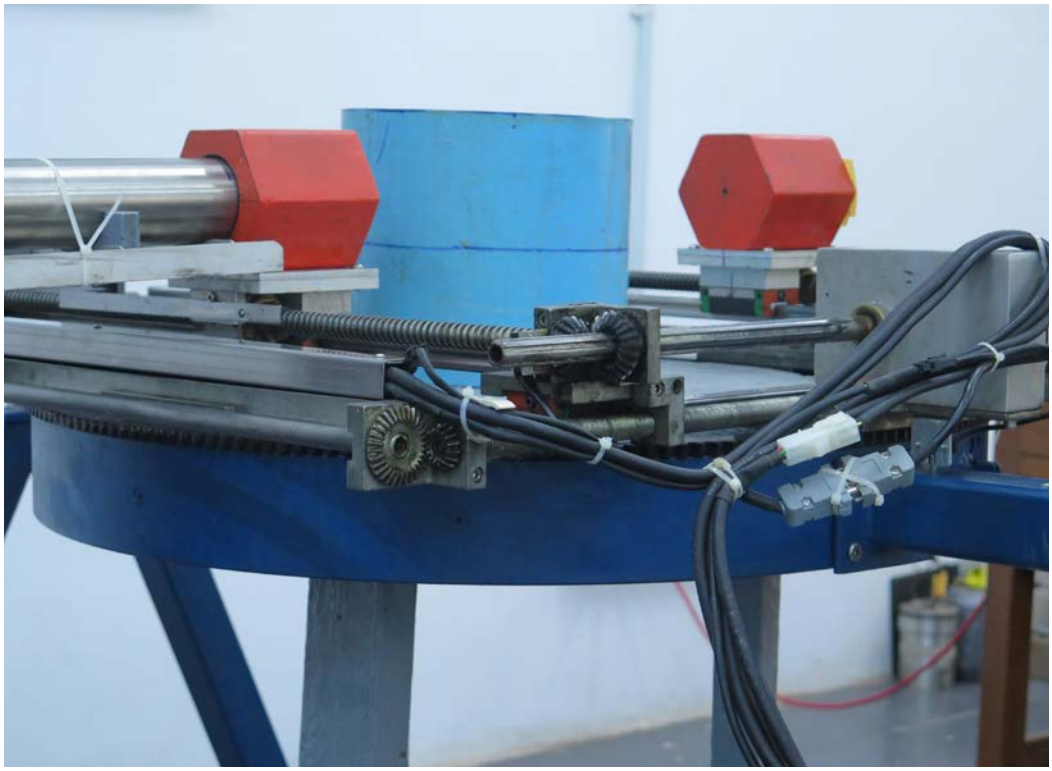
**"إنَّ عمليات تفتيش الاختبار غير المتلف، بما في ذلك تلك التي تستخدم التطبيقات النووية، تؤدي دورًا حاسمًا فيما يتعلق بمراقبة الجودة في طائفة من المجالات الصناعية في ميانمار."**

— إنغين فيو، باحثة في مجال الاختبار غير المتلف، إدارة الطاقة الذرية، ميانمار

وقالت السيِّدة إنغين فيو، عالمة الأبحاث المسؤولة عن إدارة المختبر المعني بالاختبار غير المتلف: "إنَّ أنابيب النفط والمراجل وأوعية الضغط والمباني ومعدات الطائرات والسفن ما هي إلا بعض المنتجات التي يجري اختبار جودتها باستخدام هذه التقنية حول العالم." وأضافت قائلة: "إن عمليات تفتيش الاختبار غير المتلف، بما في ذلك تلك التي تستخدم التطبيقات النووية، تؤدي دورًا حاسمًا فيما يتعلَّق بمراقبة الجودة في طائفة من المجالات الصناعية في ميانمار."

ومؤخرًا، تلقى الموظفون التقنيون العاملون في شركة ميانمار للسكك الحديدية وأحواض بناء السفن في ميانمار وجامعة يانغون التكنولوجية والشركات الخاصة تدريبًا على استخدام هذه التقنية وشرعوا بالفعل في توظيفها في إطار طائفة واسعة من الأنشطة، بما في ذلك في مواقع التشييد وأحواض بناء السفن والقاطرات وفي أكبر منتزه ترفيهي بالبلد.

وقال يو ميينت زو، نائب المدير العام والمفتِّش الأوَّل في شركة أحواض بناء السفن في ميانمار: "إنَّ استخدام تقنية الاختبار غير المتلف يسهم بشكل كبير



**تنبعث من جهاز الاختبار غير المتلف هذا إشعاعات متأتية من المصدر المشع (يمينًا). وتتفاعل الجسيمات المشعة مع المادة في الأنبوب الأزرق الشفاف الموجود في الوسط. أما الجهاز الكاشف الموجود على الجانب الآخر من الأنبوب فهو يقيس الإشعاعات. ويقدِّم هذا القياس معلومات حول جودة المواد التي تمر عبر الأنبوب وكميتها.**

(الصورة من: م. غاسبر/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

في تحسين قطاع بناء السفن وإصلاحها." وقال أيضًا: "وهذه التقنية ضرورية لتحسين العمليات والمنتجات الصناعية لدينا ونحن نستخدمها على نطاق واسع لمراقبة الجودة."

وفي عام ٢٠١٧ طوَّرت الوكالة مشروعًا جديدًا يرمي إلى استخدام تقنية الاختبار غير المتلف لدعم عملية إعداد وتعافي البنى الأساسية المدنية عقب وقوع كوارث طبيعية بالنسبة إلى بلدان منطقة آسيا والمحيط الهادئ. ويستفيدُ هذا المشروع من الخبرات المكتسبة عقب الزلزال المدمِّر الذي وقع في نيبال في نيسان/أبريل ٢٠١٥، عندما تم في أعقابه استخدام تقنية الاختبار غير المتلف لاختبار سلامة المباني الحاسمة مثل المستشفيات والمدارس والمعالم التاريخية.

العلوم

## الاختبار غير المتلف

يشمل الاختبار الصناعي باستخدام التكنولوجيا النووية استخدام الاشعاعات غير المؤيِّنة، إلى جانب أساليب أخرى، من أجل اختبار جودة المواد، دون إلحاق أي ضرر بها أو ترك مخلَّفات مشعة. وتُعرف هذه التقنية باسم الاختبار غير المتلف.

وتشمل أساليب الاختبار غير المتلف التصوير الإشعاعي وهو نوع من التكنولوجيا الإشعاعية والتصوير المقطعي بأشعة غاما، قائم على الامتصاص التفريقي في مختلف المواد لأشعة غاما المنبعثة من مصدر مشعّ. ويسمح قياس الأشعة التي تمر عبر المواد دون أن يتم امتصاصها بتحديد تركيب المواد وهيكلها. وهذه التقنيات قادرة على تحديد العيوب الهيكلية التي لا يمكن اكتشافها باستخدام أساليب الاختبار التقليدية.

ويُستخدم التصوير الإشعاعي الصناعي، على سبيل المثال، لفحص الخرسانات وطائفة متنوعة من اللّحامات مثل تلك الموجودة في أنابيب الغاز والمياه وصهاريج التخزين والعناصر الهيكلية. كما يمكنها تحديد التشققات أو العيوب التي قد لا يمكن تحديدها بأي وسيلة اخرى.

وتشمل أساليب الاختبار غير المتلف الأخرى التي يشيع استخدامها ما يلي:

- التصوير الإشعاعي بالموجات فوق الصوتية، الذي يستخدم اهتزازات ميكانيكية مماثلة للموجات الصوتية؛
- الفحص بسوائل الاختراق، الذي يُمكِّن من تحديد العيوب التي تكسر الأسطح في المواد غير المسامية.
- الفحص بالجسيمات المغنطيسية، الذي يُمكِّن من الكشف عن الثغرات السطحية والثغرات تحت السطحية الطفيفة في المواد الحديدية المغنطيسية.
- اختبارات التيارات الدوامية، التي تستخدم الحثَّ الكهرمغنطيسي للكشف عن العيوب في المواد التوصيلية.

# الصين تفتتح أولى محطاتها لمعالجة مياه الصرف بالإشعاع

**بقلم ميكلوس غاسبر**

**إجراء مقارنة جنبًا إلى جنب بين مياه الصرف بعد معالجتها باستخدام تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية وباستخدام الأساليب الأخرى.**

(الصورة من: معهد تكنولوجيا الطاقة النووية ومصادر الطاقة الجديدة، جامعة شينغوا)

افتتحت الصين أول مرفق لديها يستخدم الحزم الإلكترونية في معالجة مياه الصرف الصناعية، لتعلن عن بدء عهد جديد لاستخدام تكنولوجيا الإشعاع في البلد الذي يُعدُّ أكبر منتج للمنسوجات في العالم.

ويستأثر صبغ المنسوجات بخُمس التلوث الناجم عن مياه الصرف الصناعية في جميع أنحاء العالم. وبالرغم من أنَّه سبق لعدَّة بلدان صناعية استخدام الإشعاع في معالجة بعض الفضلات السائلة المتدفقة من مصانع صبغ المنسوجات، فإنَّ انتقال جانب كبير من هذه الصناعة إلى بلدان نامية في آسيا في السنوات الأخيرة أسفر عن ترك كميات كبيرة من مياه الصرف دون معالجة.

وقال سونيل سابهاروال، وهو أخصائي في المعالجة الإشعاعية في الوكالة: "بالرغم من التقدُّم المحرز في تكنولوجيا معالجة مياه الصرف بالطرق التقليدية في السنوات الأخيرة، تظلُّ تكنولوجيا المعالجة بالإشعاع متفردة بقدرتها على معالجة أشد الملوِّنات استعصاءً على الإزالة من مياه الصرف". وأضاف قائلاً: "المشكلة هي أنَّ هذه التكنولوجيا موجودة في البلدان المتقدِّمة، في حين أنَّ معظم الاحتياجات إليها هي اليوم في العالم النامي."

وبغية سدِّ هذه الفجوة المعرفية، أجرت الوكالة مشروعًا بحثيًّا منسَّقًا بشأن هذه التكنولوجيا، بما في ذلك نقلها إلى عدة بلدان، وبُذلت غالبية جهود تيسير المشروع في آسيا. وقال جيانولوغ وانغ، نائب مدير معهد تكنولوجيا الطاقة النووية ومصادر الطاقة الجديدة بجامعة شينغوا في بيجين، وهو الباحث الرئيسي في هذا المشروع، إنَّ الباحثين الصينيين استفادوا، على سبيل المثال، من المشورة التي قدَّمها خبراء من هنغاريا وجمهورية كوريا وبولندا بشأن اعتماد هذه التكنولوجيا وتشييد المحطة.

وسوف تعالج المحطة الجديدة في مدينة جينهوا، على بعد ٣٠٠ كيلومتر جنوب شنغهاي، ١ ٥٠٠ متر مكعب من مياه الصرف يوميًّا باستخدام تكنولوجيا الإشعاع (انظر مربع العلوم)، وهو ما يعادل سُدس إنتاج المحطة تقريبًا. وقال وانغ: "إذا سار كل شيء على ما يرام، سوف يكون بوسعنا أن نعمِّم استخدام هذه التكنولوجيا تدريجيًّا في بقية المحطة، وفي نهاية المطاف في المحطات الأخرى في جميع أنحاء البلاد".

وقبل اختيار تكنولوجيا الإشعاع باستخدام الحزم الإشعاعية الإلكترونية، أجرى الباحثون الصينيون تجارب مستفيضة لدراسة الجدوى باستخدام الفضلات السائلة التي تعالجها المحطة، مع عقد مقارنة بين تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية وغيرها من الأساليب. وأوضح وانغ قائلاً: "كانت تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية هي الفائزة الواضحة لأنها الخيار الأكثر مراعاةً للبيئة والأكثر فعالية في الوقت ذاته".

**"كانت تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية هي الفائزة الواضحة لأنها الخيار الأكثر مراعاةً للبيئة والأكثر فعالية في الوقت ذاته."**

— جيانولوغ وانغ، نائب مدير معهد تكنولوجيا الطاقة النووية ومصادر الطاقة الجديدة، جامعة شينغوا، بيجين

**استخدام تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية في تنظيف مياه الصرف الصناعية في مرفق لصبغ المنسوجات في مدينة جينهوا.**

(الصورة من: معهد تكنولوجيا الطاقة النووية ومصادر الطاقة الجديدة، جامعة شينغوا)

وقال سابهاروال إنَّ بلدانًا أخرى لديها صناعات منسوجات كبيرة الحجم، مثل بنغلاديش والهند وسري لانكا، تنظر أيضًا في الأخذ بهذه التكنولوجيا بمساعدة الوكالة. وأضاف أنَّ الهند تستخدم بالفعل التشعيع بأشعة غاما في معالجة حمأة مياه المجاري في البلديات.

وينظر الباحثون الصينيون أيضًا في استخدام تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية في معالجة مخلفات مصانع المستحضرات الصيدلانية التي تُنتج المضادات الحيوية. ويجري التعامل مع هذه المخلفات حاليًا باعتبارها نفايات خطرة لأنَّها تحتوي على مضادات حيوية وعلى جينات مقاومة للمضادات الحيوية لا يمكن تدميرها باستخدام التكنولوجيات التقليدية مثل التسميد أو الأكسدة. وأوضح وانغ أنَّ البحوث قد كشفت عن أنَّ تكنولوجيا الحزم الإشعاعية الإلكترونية، في المقابل، يمكن أن تؤدِّي إلى تحلُّل مخلفات المضادات الحيوية والجينات المقاومة للمضادات الحيوية على نحو فعَّال. وأضاف أنَّه من المزمع إنشاء محطة إيضاحية على نطاق صناعي في أواخر عام ٢٠١٧.

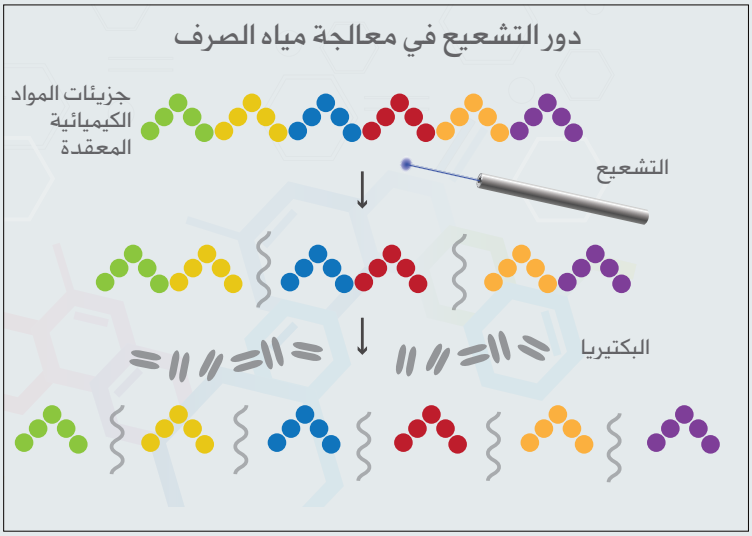
العلوم

## المركبات الكيماوية التي تستعصي على البكتيريا

البكتيريا هي اللبنة الأساسية التي تقوم عليها معالجة مياه الصرف: إذ إنَّها تهضم الملوِّثات وتفتِّتها.

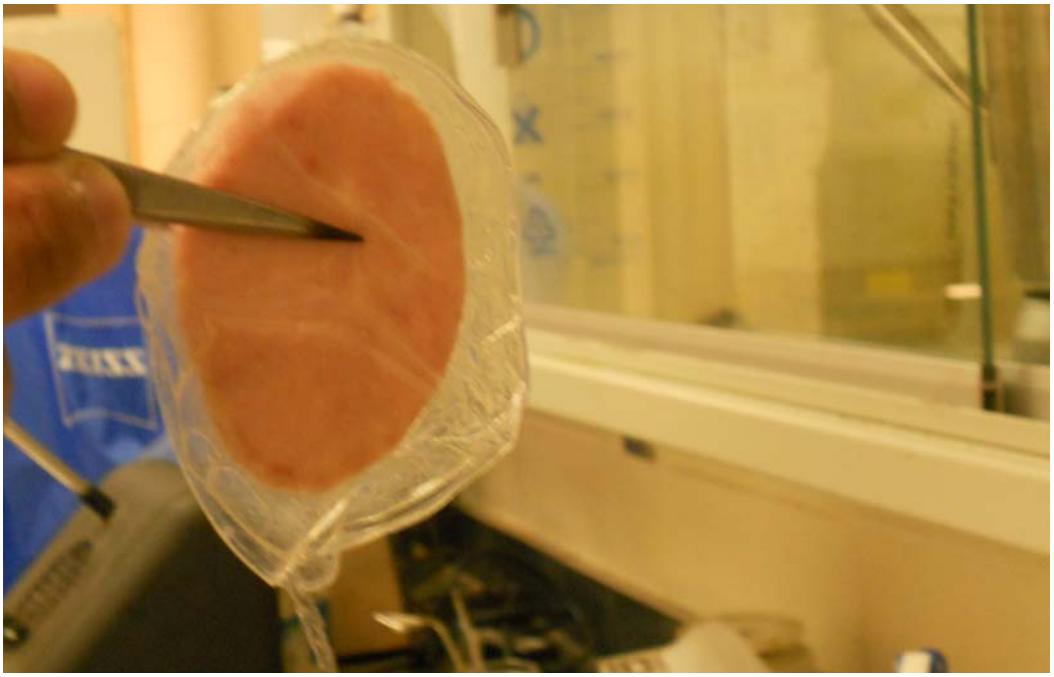
بيد أنَّ مياه الصرف الناتجة عن صبغ المنسوجات تحتوي على جزيئات لا يمكن معالجتها بالبكتيريا. فالمركبات المستخدمة في تلوين الملابس تتكون من سلاسل جزيئية كبيرة وطويلة ومعقدة. ويمكن أن تحتوي مياه الصرف الناتجة من تلك الصناعة على أكثر من ٧٠ من المواد الكيميائية المعقَّدة التي لا تتحلَّل بسهولة.

ومن خلال تشعيع الفضلات السائلة باستخدام الحزم الإشعاعية الإلكترونية، يتمكَّن العلماء من تفتيت هذه المواد الكيميائية المعقدة إلى جزيئات أصغر يمكن بعد ذلك معالجتها وإزالتها باستخدام عمليات بيولوجية عادية، مثل التفتيت بالبكتيريا. ويجري التشعيع باستخدام الجذور الحرة المتفاعلة القصيرة العمر التي يمكن أن تتفاعل مع طائفة واسعة من الملوِّثات وتفتِّتها.



# كندا تسعى إلى إيجاد طريقة أفضل وأكثر صداقة للبيئة لتغليف وتعبئة الأغذية باستخدام مواد مصنَّعة من الألياف النانوية المشعَّعة

بقلم آبها ديكسيت



مواد "نشطة" لتغليف وتعبئة منتجات اللحوم الجاهزة للاستهلاك تعتمد على كيتوزان متشابك يحتوي على السليولوز النانوي وعلى عامل مضاد للميكروبات.

(الصورة من: أ. خان/ المركز الكندي للتشعيع)

في جميع أنحاء العالم، تتسبَّب المواد المهمَلةُ الخاصة بتغليف وتعبئة الأغذيةِ في تلويث الأماكن العامة كما أنها تدفع بمكبَّات القمامة المعبَّأة بالفعل فوق طاقتها إلى حافة الهاوية. وإدراكًا من كندا لما تتسبَّب فيه مواد التغليف المهمَلةُ من أضرار على البيئة وللقيود المرتبطة بإعادة تدوير تلك المواد، فإنَّ كندا تُجري بحوثًا لتطوير مواد قابلة للتحلّل البيولوجي تكون ملائمة للبيئة لتغليف وتعبئة الأغذية، وذلك باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية.

وقالت مونيك لاكروا مديرة مختبرات البحوث في مجال العلوم المطبَّقة على الأغذية والباحثة في المركز الكندي للتشعيع "إنَّ السباق لتطوير مواد تغليف قابلة للتحلُّل البيولوجي أو مواد "نشطة" وملائمة للبيئة لتغليف وتعبئة الأغذية هي أنشطة تشهد زخمًا كبيرًا". "ويُمكن لمواد التغليف والتعبئة القائمة على البوليمرات الطبيعية أن تُساعد في التصدِّي للتحديات التي تطرحها المواد غير القابلة للتحلُّل البيولوجي لتغليف الأغذية وأن تساعد في التقليص من أحد مصادر التلوُّث البيئي الرئيسية."

وما فتئ العلماء في مختبرات البحوث في مجال العلوم المطبَّقة على الأغذية والمركز الكندي للتشعيع منذ ما يزيد عن ١٥ سنة يستخدمون المعارف المكتسبة بفضل ما أتاحته لهم الوكالة من أنشطة تدريبية لكي يقوموا بإجراء البحوث وبتطوير مواد "نشطة" وقابلة للتحلُّل البيولوجي للتغليف والتعبئة. وهم يقومون بذلك عن طريق الاستفادة من المواد الخام المتجدِّدة مثل النشا أو البروتينات ومزجها بالسليولوز النانوي، وهو بوليمر طبيعي يحتوي على ألياف سيلولُوز نانوية–الحجم، ومن ثم يقومون بتشعيعها (انظر مربع العلوم). وتنتُج عن هذا المزيج مواد ذات خصائص محسَّنة مقارنة بالمواد التقليدية من حيث ديمومتها وقابليتها للتحلُّل البيولوجي ومقاومتها الأفضل للماء.

وأوضحت لاكروا أنَّ "هذه البوليمرات عندما تكون في شكلها الطبيعي لا تكون قوية جدًّا ولكن، عندما تُمزج بالسليولوز النانوي ويتم تشعيعها، تصبح هذه البوليمرات صلبة وتتيح سبيلاً لتغليف وتعبئة الأغذية وحمايتها بشكل أكثر موثوقية وقوَّة". "ثم عندما تُضاف إلى هذا المزيج مواد محدَّدة "نشطة" بيولوجيًّا مثل الزيوت العطرية المستخلصة من الزعتر، تُعتبر المغلِّفات القائمة على هذا المزيج "نشطة" لأنَّ هذه الإضافات تساعد على نحو فعَّال في تمديد فترة صلاحية الأغذية وضمان سلامتها."

"يُعدُّ تشعيع البوليميرات الطبيعية بهدف استحداث مواد جديدة سبيلاً واعدًا لزيادة تعزيز أمان المنتجات والإسهام في تحقيق الهدف البيئي المتمثِّل في تقليص النفايات الناجمة عن تغليف الأغذية."

— مونيك لاكروا، مديرة مختبرات البحوث في مجال العلوم المطبَّقة على الأغذية، كندا

## اعتماد متزايد على المواد البلاستيكية

وفقًا لتقرير بشأن مستقبل المواد البلاستيكية صادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي لعام ٢٠١٦، فقد شهد إنتاج المواد البلاستيكية ارتفاعًا سريعًا على مدى السنوات الخمسين الماضية، من ١٥ مليون طن في

عام ١٩٦٤ إلى ٣١١ مليون طن في عام ٢٠١٤، حيث مثّل التغليف والتعبئة قرابة ٢٦٪ من الحجم الإجمالي للمواد البلاستيكية المستخدمة في جميع أنحاء العالم. ويُشير التقرير إلى أنَّه من المتوقَّع أن يتضاعف الإنتاج خلال السنوات العشرين المقبلة، مع زيادة الاعتماد على المواد البلاستيكية. ففي كندا على سبيل المثال، يتم كلّ سنة استخدام ما يتراوح بين ٩ و١٥ بليون من مواد التغليف البلاستيكية.

وتُصنع معظم مواد التغليف والتعبئة من مواد مثل الورق المقوى المطلي بالشمع والبلاستيك نظرًا إلى توافرها على نطاق واسع، وتكلفتِها المنخفضة نسبيًّا، ودِيمومتها ومتانتها. ولكن مواد التغليف والتعبئة هذه غالبًا ما تكون غير قابلة للتحلُّل البيولوجي كما أن إعادة تدويرها تكون على ما يبدو غير عمليَّة من الناحية التكنولوجية وغير مجدية من الناحية الاقتصادية، جراء تلوُّث المواد الغذائية والمواد البيولوجية.

### إجراء بحوث عالمية من أجل استحداث مواد ملائمة أكثر للبيئة

تُعدُّ المعالجة الإشعاعية خيارًا جذَّابًا بالنسبة إلى صناعات تغليف وتعبئة الأغذية في جميع أنحاء العالم. ويلجأ العديد من الباحثين إلى المشاريع التي تدعمها الوكالة باعتبارها سبيلاً للتعاون مع خبراء مثل العلماء في مختبرات البحوث في مجال العلوم المطبَّقة على الأغذية والمركز الكندي للتشعيع، والتعلُّم منهم، وذلك من أجل بناء مهاراتهم وتعزيز معارفهم في هذا المجال. ومن بين هذه المشاريع مشروع تدعمه الوكالة بدأ في عام ٢٠١٣ والتقى في إطاره علماء من ١٤ بلداً هي: إيطاليا، والبرازيل، وبنغلاديش، وبولندا، وتايلند، وتركيا، والجزائر، ورومانيا، والفلبين، وكندا، وماليزيا، ومصر، والمملكة المتحدة ، والولايات المتحدة الأمريكية. ويتبادل هؤلاء العلماء اليوم الأفكار ويعزِّزون مهاراتهم في مجال تطوير مواد متقدِّمة للتغليف والتعبئة خاصة بالمنتجات الغذائية وذلك باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية.

وقالت لاكروا "تُركِّز البحوث العالمية بشكل متزايد على مواد التغليف الصديقة للبيئة عملاً باللوائح الجديدة التي تضع الحكوماتُ بمقتضاها على عاتق الصناعات المسؤولية عما تستخدمه من مواد بلاستيكية، بما يشمل دفع رسوم تتعلَّق بالنفايات المتولِّدة جراء إنتاج المغلِّفات البلاستيكية". وأضافت قائلة "إنَّ تشعيع البوليميرات الطبيعية بهدف استحداث مواد جديدة سبيل واعد لزيادة تعزيز أمان المنتجات والإسهام في تحقيق الهدف البيئي المتمثِّل في تقليص النفايات الناجمة عن تغليف وتعبئة الأغذية."

**تُستخدم أجهزة الكوبالت-٦٠ للتشعيع بأشعة غاما لمعالجة المواد وتعقيمها لاستخدامها في منتجات من قبيل مواد التغليف والتعبئة.**

(الصورة من: شركة نورديون/كندا)

العلوم

## تشعيع البوليميرات والمركّبات النانوية

يُعرِّض العلماء البوليمرات الطبيعية والمركّبات لأشعة غاما أو الأشعة السينية أو الحزم الإلكترونية لاستحداث مواد أكثر استقرارًا وقابليةً للإغلاق بإحكام وللتحلُّل البيولوجي ولإعادة التدوير. وتشمل هذه البوليمرات الطبيعية البروتينات مثل الصويا والزين والكازينات، وكذلك متعددات السكريد مثل الكيتوزان والطحالب وخلاصات البطاطس. وتُمزَج هذه البوليمرات بعدئذ بالسليولوز النانوي، وهو بوليمر عضوي طبيعي يستخرج من المواد النباتية مثل الخشب، ويتألَّف من لُيَيفات السليولوز نانوية-الحجم ويُضفي السليولوز النانوي على المواد مزيدًا من المتانة بحيث تصبح أكثر صلابة.

وعلى سبيل المثال، غالبًا ما يستخدم العلماء مجموعة من بروتينات اللبن تسمى الكازينات من أجل استحداث هذه المواد الجديدة. وهنالك أربعة أنواع من الكازينات، لكلّ منها جزيئات مُمَيَّزة، ولكن لديها هياكل وتكوينات متماثلة. ويمكن إذابة هذه البروتينات في الماء ثم تشعيعها بأشعة غاما. ثم يتم تجفيف المحلول الناتج عن هذه العملية فوق سطح ما، ويتكوَّن من هذه العملية فيلم صلب قائم بذاته يمكن تشكيله لأغراض التغليف. وهذا الفيلم أقوى وأكثر دوامًا مقارنة باللدائن التقليدية، وعندما يُضاف إليه السليولوز النانوي ويتم تشعيعه بعد ذلك، يصبح هذا الفيلم أكثر مقاومة للماء، مما يجعله فعَّالاً بشكل خاص لحماية الأغذية المغلَّفة من الرطوبة والبكتيريا التي يمكن أن تُقوِّض سلامة الأغذية.

# تحسين الجودة مع التوفير في التكاليف: المغرب يعزِّز قطاع الصناعة لديه باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية

بقلم مي فواز- هوبر

**أخصائي من المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية بصدد مسح عمود سرير تقطير مغلَّف خوائيًا بأشعة غاما في معمل للتكرير في المغرب.**

(الصورة من: ر. العلمي/ المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية)

لم تعد الشقوق الصغيرة غير المرئية تقريبًا تشكِّل ذلك التهديد المكلف الذي كان المشغِّلون الصناعيون المغاربة يواجهونه في الماضي. وبفضل ما هو متاح لهم من تكنولوجيا إشعاعية عالية الحساسية والدقة، يكشف هؤلاء المشغِّلون الآن عن العيوب قبل أن تضر بالإنتاج، مما ساعد على زيادة جودة الإنتاج وتوفير ملايين الدولارات التي كانت تُصرف لتغطية تكاليف الصيانة والإصلاح.

وقال رشاد العلمي، مدير شعبة التطبيقات الصناعية في المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية في المغرب "إنَّ المشغِّلين الصناعيين اعتادوا على تشغيل مرافقهم إلى أن تحدث أعطال غير متوقَّعة تدفعهم إلى إغلاق تلك المرافق لفترات زمنية طويلة جدًّا." "في الماضي، كانت تكاليف الصيانة والإصلاح مرتفعة جدًّا، وكان هذا الأمر يضر بالقدرة التنافسية. والآن، يتم استخدام التقنيات النووية للكشف عن المشاكل وتحسين جودة الإنتاج."

وقد عمل المشغِّلون الصناعيون المغاربة مع أخصائيين من المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية تلقوا تدريبا في الوكالة على استخدام الاختبار غير المتلف (انظر مربع العلوم في الصفحة ٧) لفحص المعدات الصناعية وإجراء اختبارات ضمان الجودة. وفي المغرب، يتم تطبيق هذه التقنيات، التي تمثِّل أكثر من ٩٨٪ من الضوابط التقنية التي يتم تنفيذها في المحطات الصناعية في جميع أنحاء العالم، في مختلف فروع الصناعة، بما في ذلك قطاعات البتروكيماويات، وإنتاج المواد الفوسفاتية ومعالجتها، والمعادن، والنقل، والأغذية والأسمنت.

و قال العلمي إنَّ الصناعة المغربية استفادت كثيرًا على مدى العقود الثلاثة الماضية من التكنولوجيا الإشعاعية. وعلى الرغم من صعوبة الحصول على أرقام دقيقة بشأن الوفورات المُحقَّقة نتيجة لتطبيق التكنولوجيا النووية، فإنَّ المشغِّلين الصناعيين في المغرب يَتَّفقون على أنَّ النسبة الدنيا للفائدة المتأتية من استخدام التقنيات النووية هي ٣٢:١، وهو ما يعني أنَّ المشغِّلين يحقِّقون على كل يورو يُنفَق على الاختبار غير المتلف والمقتفيات الإشعاعية وغيرها من التطبيقات الإشعاعية، عائدًا لا يقلّ عن ٣٢ يورو.

> **"في الماضي، كانت تكاليف الصيانة والإصلاح مرتفعة جدًّا، وكان هذا الأمر يضر بالقدرة التنافسية. والآن، يتم استخدام التقنيات النووية للكشف عن المشاكل وتحسين جودة الإنتاج."**
>
> — رشاد العلمي، مدير شعبة التطبيقات الصناعية في المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية، المغرب

## المسح بأشعة غاما يساعد على استئناف عمليات التشغيل في معامل تكرير المنتجات البتروكيميائية

غالبًا ما تكون الأساليب التقليدية غير دقيقة أو غير حساسة بالقدر الكافي لتحديد أصل مشكلة ما. وفي عام ٢٠١٥، استخدم مهندسون عاملون في إحدى معامل تكرير المنتجات البتروكيميائية تقنيات تقليدية للبحث عن السبب الكامن وراء انخفاض القدرة التشغيلية بحوالي ٩٠٪ في وحدة لإنتاج الفورفورول (الفورفورول هو مُذيب يستخدم في صنع العديد من

المنتجات الصناعية). ولم يتمكنوا من تحديد مصدر المشكلة وارتأوا أنهم بحاجة إلى تفكيك الوحدة بأكملها، وهو ما من شأنه وقف الإنتاج لمدَّة أسابيع.

وقبل الشروع في تفكيك الوحدة، قرَّروا أن يجرِّبوا تقنية من التقنيات الإشعاعية تسمى المسح بأشعة غاما (انظر مربع العلوم) للحصول على فكرة أفضل عمَّا كان يحدث داخل الوحدة ولتحديد مصدر المشكلة. وفي غضون سويعات، قاموا بتحديد المشكلة، وبإحلال جزء الوحدة المتضرر بحيث استعادت قدرتها التشغيلية كاملة.

وقال العلمي "لقد كان المسح بأشعَّة غاما التقنية الوحيدة القادرة على الكشف عن المشكلة وتحديد مكان وجودها بدقة". "وكان استخدام هذه التقنية، الذي يُكلِّف ٥ ٠٠٠ يورو، أرخص بكثير من حيث التكلفة مقارنة بالخسائر الفادحة التي كنا سنتكبَّدها لو قمنا بتفكيك الوحدة بأكملها".

### الترويج للتكنولوجيا الإشعاعية في المغرب وأفريقيا

يُوظِّف الأخصائيون في المغرب اليوم ثمرة ما اكتسبوه على مر العقود من خبرات لدعم البلدان في جميع أنحاء أفريقيا في استخدام تقنية الاختبار غير المتلف والمصادر المشعة محكمة الإغلاق والمقتفيات الإشعاعية.

وقال باتريك بريسيت وهو خبير في التكنولوجيا الصناعية في الوكالة "إنَّ المغرب يضطلع منذ تسعينيات القرن الماضي بدور قيادي في مجال تطبيق تكنولوجيات الإشعاع بفضل الالتزام الذي أبداه المركز الوطني للطاقة والعلوم والتقنيات النووية والدعم المقدَّم من فرنسا ومن الوكالة."

ويؤدِّي الاتفاق التعاوني الإقليمي الأفريقي للبحث والتنمية والتدريب في مجال العلم والتكنولوجيا النوويين (اتفاق أفرا) الذي تدعمه الوكالة دورًا محوريًّا بالنسبة إلى أنشطة التعاون التي يضطلع بها المغرب في المنطقة. ولقد ساعد برنامج أفرا على إقامة تعاون مباشر بين المغرب والعديد من البلدان الأخرى مثل اثيوبيا، وأنغولا، وتونس، وتنزانيا، وزمبابوي، والسنغال، والسودان، وغانا، والكاميرون، ومصر. ونتيجة لهذا التعاون، تمكَّن عدد من هذه البلدان من تنفيذ تقنيات نووية وتقنيات ذات صلة بالمجال النووي في صناعاته المحلية.

وقال بريسيت أيضا "إنَّ التصنيع ينطلق بالفعل في العديد من البلدان في القارَّة الأفريقية. وإنَّ الوكالة تعمل مع بلدان مثل المغرب على الترويج للاستخدام السلمي لتكنولوجيات الإشعاع بهدف إحداث تأثير فوري في إقتصاديات هذه البلدان."

وتُواصل الوكالة، جزئيًّا من خلال برنامجها للتعاون التقني، حفز استخدام هذه التقنيات ودعم التعاون. وما فتئ المغرب يعمل على مشاريع صناعية تُستخدم فيها التكنولوجيا الإشعاعية بالاشتراك مع جمهورية الكونغو الديمقراطية، وزمبابوي، والسودان، وكينيا، ومصر.

العلوم

## اختبار التصوير الإشعاعي والمسح بأشعة غاما

يُمثِّل **اختبار التصوير الإشعاعي** أهمَّ تقنيات الاختبار غير المتلف المتوافرة في السوق. كما أنه يعتبر الأسلوب المرجعي لجميع التقنيات التكميلية الأخرى (يمكن الاطلاع على المزيد بشأن الاختبار غير المتلف في الصفحة ٧). وهو يستند أساسًا إلى أشعة غاما المنبعثة من المصادر المشعَّة أو الأشعة السينية المنبعثة من مولِّدات الأشعة السينية. وفي بعض الأحيان، يمكن أيضًا استخدام أشعَّة بيتا بالنسبة إلى المواد المتدنِّية الكثافة والسُّمك. وعندما تُمرَّر الإشعاعات عبر إحدى المواد، بإمكان الأخصائيين استخدام جهاز خاص يكشف عن هذه الإشعاعات ويُكوِّن صورة. وكلما زادت كثافة المواد أو زاد سمكها، انخفض الإشعاع الذي يمرُّ عبرها، وهو ما يؤدِّي إلى انخفاض درجة السواد في الصورة. ثم يقوم الأخصائيون بتحليل هذه الصور من أجل تحديد مختلَف خصائص هذه المواد.

و**المسح بأشعة غاما** هو تقنية تستخدم لإجراء فحص داخلي لأي عملية أو معدات دون تعطيل الإنتاج. حيث يُتاح لحزمة من الإشعاعات المخترِقَةِ المُسدَّدَةِ المرور عبر أنبوب وعاء ما، فتُحدِث مكوِّناتُ الوعاء الداخلية تغييرًا في هذه الإشعاعات، ثم تخرج هذه الإشعاعات من الجانب الآخر من الوعاء لتصل إلى جهاز كشف. وبقياس قوة الإشعاعات المنقولة، يمكن الحصول على معلومات قيِّمة عن مستويات كثافة المواد الموجودة داخل الوعاء. وكلما زادت كثافة المواد أو زاد سُمكها، انخفض الإشعاع الذي يمرُّ عبرها. ويؤدي هذا إلى أسلوب سهل وكفؤ يعرف باسم "معلومات مسح" المكوِّنات المفحوصة، وهو أسلوب يمكن للأخصائيين استخدامه لتحديد العيوب أو حالات عدم الاتساق.

# شيلي تظل في صدارة السباق على المعادن النادرة بفضل التكنولوجيا الإشعاعية

بقلم جيرمي لي

مرفق للتعدين في شيلي لمعالجة النحاس الخام. تُعدُّ شيلي أكبر منتج للنحاس في العالم.

(الصورة من: ف. دياز/ شركة Trazado Nuclear e Ingenaria)

تشتدُّ حمى المنافسة في السباق العالمي الذي تقدَّر قيمته ببلايين الدولارات على المعادن والفلزَّات العالية الجودة في الوقت الذي تصبح فيه الموارد المعروفة أكثر ندرة ويرتفع الطلب على استخدامها في جميع أنواع المنتجات التي نستخدمها يوميًّا، من الهواتف المحمولة حتى الأواني والمقالي. وبالنسبة إلى بلدان مثل شيلي، تمثِّل التكنولوجيا الإشعاعية عاملاً رئيسيًّا للحفاظ على ميزة تنافسية.

وقال فرانسيسكو خ. دياز فارغاس، موظف الإدارة الرئيسي في منظمة Trazado Nuclear e Ingenieria، وهي منظمة شيلية تقدم المشورة لشركات التعدين بشأن عمليات استخراج المعادن والفلزَّات: "تُوفِّر التكنولوجيا الإشعاعية، مقارنة بالتقنيات الأخرى، ميزة لا مثيل لها" "ولقد أصبحت هذه الأدوات تُمثِّل جزءًا بالغ الأهمية من الكيفية التي نُنمِّي بها أهم الصناعات الوطنية لدينا ونُحافظ بها على موطئ قدم لنا كمُصدِّر عالمي."

وبفضل احتياطياتها الضخمة من المعادن، تُسهم صناعة التعدين الحيوية الشيلية بحوالي ٩٪ من الناتج المحلي الإجمالي للبلد كما أنَّ هذه الصناعة تمثِّل حوالي نصف إجمالي صادرات شيلي. وشيلي هي أكبر منتج للنحاس في العالم، ويتم تصديره لاستخدامه في جملة أمور منها إنتاج السبائك وتشييد المباني وتصنيع المعدات الكهربائية. كما أنَّ مناجم شيلي تمثِّل إحدى المصادر الرئيسية للموليبدنوم، وهو عنصر كيميائي يؤدِّي دورًا حاسمًا في أكثر من ٨٠٪ من إجراءات الطب النووي.

ولكي تحافظ شركات التعدين الشيلية على ازدهار صناعتها الوطنية وتساعد على تلبية الطلبات المتزايدة على الصادرات، ما فتئت هذه الشركات تعمل مع الوكالة على استخدام المقتفيات الإشعاعية ومحدِّدات القياس النووي (انظر مربع العلوم) لكي تساعدها على تبسيط عملياتها الخاصة بالإنتاج والتعدين ولكي تصبح أكثر كفاءة فيما يتعلَّق بالكشف عن المعادن والفلزَّات وقياس تركيزاتها. وقال دياز فارغاس إنَّ أداء التكنولوجيا الإشعاعية أفضل فيما يتعلَّق بتحسين جودة المنتجات، وتحقيق المستوى الأمثل للعمليات والاقتصاد في استهلاك الطاقة.

وأوضح قائلاً: "ببساطة، يكون من غير العملي في كثير من الحالات استخدام التقنيات الإقتفائية التقليدية لأنها تتطلَّب استخدام معدَّات ضخمة جدًّا يصعُبُ تحريكها واستخدامها في الميدان. أمَّا المقتفيات الإشعاعية، فإن حملها أسهل". "كما أنَّها أدقُّ وأسرع مقارنة بالتقنيات التقليدية، وهو ما يعني أنَّنا نستطيع توفير الوقت والمال بما أنَّ لدينا فكرة دقيقة عن الكمية التي يمكننا توقُّعُ استخراجها ومعالجتها."

وقال باتريك دومينيك م. بريسيت وهو خبير في التكنولوجيا الصناعية في الوكالة إنَّ استخدام تقنية ابتكارية من هذا القبيل يُعدُّ أمرًا ضروريًّا للبقاء في صدارة سوق عالمية تتزايد فيها التنافسية ولضمان إمدادات ثابتة من المعادن والفلزَّات.

> **"مقارنة بالتقنيات الأخرى، تُوفِّر التكنولوجيا الإشعاعية ميزة لا مثيل لها. ولقد أصبحت هذه الأدوات تُمثِّل جزءًا بالغ الأهمية من الكيفية التي نُنمِّي بها أهم الصناعات الوطنية لدينا ونُحافظ بها على موطئ قدم لنا كمُصدِّر عالمي."**
>
> — فرانسيسكو خ. دياز فارغاس، موظف الإدارة الرئيسي في شركة *Trazado Nuclear e Ingenieria*، شيلي

ووفقًا لإحصاءات المعادن على الصعيد العالمي الصادرة عن فريق المسح الجيولوجي البريطاني، يتم كلّ سنة استخراج أكثر من ٢,٧ بليون طن متري من المعادن والفلزّات من المحميات الطبيعية على وجه الأرض، ويتم استخدامها. وتُستخدم هذه المعادن والفلزّات في عدد هائل من المنتجات، بدءًا بالآلات ومرورًا بالإلكترونيات والسلع المنزلية وانتهاءً بأجزاء السيارات. ويُستخدم في الحواسيب وحدها أكثر من ٦٠ نوعًا من الفلزّات للغلافات الخارجية ولوحات الدارات والرقاقات الحاسوبية.

ومع نمو سكان العالم وارتفاع إجمالي مستوى المعيشة، يزداد الطلب على المنتجات التي تُستخدم فيها هذه المواد. ومع ذلك، فإن التحدي المتمثِّل في اكتشاف معادن وفلزّات سهلة الاستخراج إلى جانب الوقت الطويل الذي يستغرقه تعدينها، والذي يتراوح عادة بين ١٠ و١٥ سنة من تاريخ اكتشاف الرواسب حتى الشروع في استخراجها، كلها عوامل تجعل مهمة تلبية هذا الطلب المتزايد باستمرار مهمة أصعب.

وقال بريسيت "إنَّ تلبية هذا الطلب تصعُب أكثر فأكثر لأن مصادر المعادن والفلزّات العالية الجودة على نطاق العالم بدأت تنضب وبات اكتشافها أصعب، وبالتالي، يتعيَّن على البلدان إيجاد سبل جديدة من أجل مواصلة تلبية الطلب."

ومن خلال الدعم الذي تقدمه الوكالة، يقوم الأخصائيون من جميع أنحاء العالم بتنمية المعارف والقدرات فيما يتعلَّق باستخدام التقنيات النووية في صناعات التعدين والعِدَانَة ومعالجة المعادن. كما أنهم يعملون عن كثب مع خبراء من بلدان مثل شيلي التي راكمت الخبرات على مر السنين من خلال ما لديها من بنى أساسية وممارسات راسخة في مجال التعدين.

وقال بريسيت أيضا: "إذا تم تطوير التقنيات الإشعاعية وتنفيذها على نطاق واسع جدًّا، فمن المحتمل أن نتوقَّع تحقيق وفورات اقتصادية سنوية عالمية تزيد عن ١٩ بليون دولار أمريكي نتيجة لزيادة الكفاءة في عمليات الاستخراج وعمليات الإنتاج واعتماد أقلّ على الموارد البشرية."

العلوم

## المقتفيات الإشعاعية ومحدِّدات القياس النووي

إنَّ **المقتفيات الإشعاعية** هي مجموعة من الأدوات التحليلية التي يمكن أن توفِّر بيانات من أجل فحص وتحقيق المستوى الأمثل من مختلِف الخطوات التي تنطوي عليها عملية التعدين ومعالجة المعادن. والمقتفيات الإشعاعية قائمة على النظائر المشعَّة التي يتم تلقيمها ضمن مزيج أو مائع يرتبط بجزيئات المواد المستهدفة، مثل الفلزّات والمعادن، ويتحرك بطريقة مماثلة للطريقة التي تتحرك بها تلك المواد. ومن ثم، تُستخدم أجهزة خاصة من قبيل الومَّاضات للكشف عن الإشعاعات المنبعثة من المقتفيات. كما يتم في هذا الشأن استخدام أدوات التصوير، مثل التصوير المقطعي الحاسوبي بالانبعاث الفوتوني المفرد أو التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني. وتُكوِّن هذه الأجهزة صورًا تكشف عن تركيزات المعادن والفلزّات، وكلَّما ارتفعت تركيزات المواد في مزيج ما ازداد عدد المقتفيات الإشعاعية على الصور المكوَّنة. كما يمكن استخدام أسلوب المقتفيات الإشعاعية للتحديد الآني لحركة المياه أو النفط أو الملوِّثات الكامنة في قاع الأرض وكذلك لرسم خرائط أنماط التدفّق داخل النظم.

وتستخدم القياسات النووية ونظم المراقبة التي تعرف عمومًا **بمحدِّدات القياس النووي** أجهزة كشف خاصة ومصادر إشعاعية تنبعث منها أشعة غاما أو الأشعة السينية لأغراض قياس ومراقبة مختلف متغيِّرات المنتجات أو المعدَّات مثل سُمكها وكثافتها وتكوينها.

ويعمل محدِّد القياس النووي من خلال تمرير الإشعاعات عبر المواد بحيث تصل إلى جهاز كشف من الجانب الآخر لهذه المواد. ثم يلتقط الجهاز الكاشف التباينات في كميات الإشعاعات التي تمرُّ عبر المواد: وعندما تكون المادة أقل سمكًا وكثافةً وتركيزًا، يمرُّ عبرها قدر أكبر من الإشعاعات، والعكس صحيح. ويمكن استخدام التباينات التي يتم الكشف عنها بهذه الطريقة لتحديد الخصائص ذات الصلة بالقياسات. وفي كثير من الحالات، يُمكن لمحدِّدات القياس هذه أن تعمل دون أن يكون ثمة تماس مباشر ويمكنها أن تمرَّ عبر المواد أو الجدران غير الشفافة. وهي تؤدي دورًا حيويًّا في إنتاج وصيانة المواد والهياكل دون إلحاق أيِّ ضرر بها أو ترك أيِّ مخلَّفات مشعة.

# الثقافة تلتقي بالمجال النووي في البرازيل

بقلم لورا غيل

**يَستخدم العلماء التقنيات الإشعاعية لمعالجة المصنوعات التراثية الثقافية، كما هو الحال بالنسبة إلى هذا الكتاب الذي لحقه الضرر، وللمساعدة على تحسين ديمومة تلك المصنوعات.**

(الصورة من: المعهد البرازيلي للدراسات — IEB/USP)

قد يجتمع حماة الفن مع العلماء النوويين لتكوين فريق غير محتمل، ولكن هؤلاء الأخصائيين قد كثَّفوا جهودهم في البرازيل لتسخير التكنولوجيا النووية من أجل الحفاظ على أكثر من ٢٠ ٠٠٠ من المصنوعات التراثية الثقافية.

وقال بابلو فاسكيس، الباحث ومدير المرفق المتعدد الأغراض للتشعيع بأشعة غاما من معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة في ساو باولو: "من خلال دمج هذين العالمين معًا، نقوم بالحفاظ على تراثنا وبالكشف عن تفاصيل بشأن ماضينا على نحو لم يسبق لنا القيام به على الإطلاق." وأضاف قائلاً "لقد أصبحت التكنولوجيا الإشعاعية تمثِّل جانبًا أساسيًّا من عمليتنا الخاصَّة بالحفاظ على تراثنا."

**"من خلال دمج هذين العالمين معًا، نقوم في نفس الوقت بالحفاظ على تراثنا وبالكشف عن تفاصيل بشأن ماضينا على نحو لم يسبق لنا القيام به على الإطلاق."**

— بابلو فاسكيس، مدير، معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة، البرازيل

وقد عمل الفريق المتعدد التخصصات في معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة مع الوكالة منذ أكثر من ١٥ سنة على استخدام التقنيات الإشعاعية لمعالجة وتحليل وحفظ ما لدينا من مصنوعات تراثية ثقافية بدءًا من القطع الفنية ومرورًا بالمعدات العسكرية القديمة وانتهاءً بمحفوظات الوثائق العامة (انظر مربع العلوم). وثمة ضمنها قطع فنية معروفة جيِّدًا لفنانين مثل أناتول ولاديسلاو وواسلي كاندينسكي فضلاً عن رسامين برازيليين معاصرين مثل تاريسلا دو أمارال وأنيتا مالفاتي ودي كالفكانتي وكلوفيس غرانشيانو وكنديدو بورتيناري وألفريدو فولبي.

## من الأجهزة الطبية إلى التراث الثقافي

قام الفريق بإعادة استغلال المرفق التشعيعي في معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة الذي كان يستخدم في الأصل لأغراض تعقيم الأجهزة الطبية بحيث يمكن استخدامه أيضًا لتشعيع القطع الأثرية بأشعة غاما بغية تعقيمها وإنقاذها من مخاطر العفن وتفشِّي الحشرات، ومن أجل المساعدة على تحسين ديمومة هذه المصنوعات التراثية.

وأوضح فاسكيس أنَّ هذه التقنية تساعد على حماية المصنوعات التراثية من تأثيرات مناخ البلد فيها. "فالمشكلة في البرازيل تتمثل في الطقس والرطوبة وما يشهده هذا البلد من كوارث طبيعية. وتوجد لدينا في البرازيل كمية أكبر من الفطريات والنمل الأبيض مقارنة بالبلدان الأخرى ويمكنها أن تتسبب في إلحاق أضرار بالكتب واللوحات الفنية والقطع الخشبية والأثاث والمنحوتات والقطع الفنية الحديثة."

وأوضح سونيل سابهاروال، وهو أخصائي في المعالجة الإشعاعية في الوكالة أنَّ استخدام أشعة غاما يُعدُّ أسلوبًا أقل اقتحامية لأغراض تعقيم هذه القطع الفنية مقارنة بالأساليب التقليدية. وقال أيضًا: "يُمثِّل استخدام أشعة غاما بديلاً أفضل لأنَّه يتم القيام به ضمن درجة حرارة الغرفة دون استخدام أي مواد إضافية، على عكس أساليب إزالة التلوُّث التي غالبًا ما تنطوي على استخدام الحرارة أو مواد كيميائية يمكنها أن تحدث تغييرًا في القطع المزمع معالجتها.

## الكشف عن القرائن الكامنة في أغوار المصنوعات التراثية

قبل الشروع في معالجة قطعة أثرية ما، يقوم الفريق بتحليلها باستخدام مختلَف التقنيات النووية والتقليدية بما في ذلك التصوير الإشعاعي وتألق الأشعة السينية وحيود الأشعة السينية (انظر مربع العلوم). وتكشف هذه العملية عن تفاصيل كامنة في

أغوار القطع الأثرية من قبيل نوع الأصباغ أو الفلزّات التي استعملها الفنان. ويساعد هذا الأمر على تحديد أسلوب الحفظ الأكثر ملائمة في هذا الشأن.

ويستخدم العلماء هذه التقنيات التحليلية لدراسة رسم يعود تاريخه إلى فترة ما قبل الفتح الإسباني ضمن مجموعات الرسوم الموجودة في قصر حكومة الدولة في ساو باولو. وقد أجرى هؤلاء العلماء قياسات ساعدتهم على تحديد نوع الطلاء الذي استخدمه الفنان وعلى الكشف عن تفاصيل الكيفية التي تمت بها سابقًا إعادة ترميم هذه القطعة الفنية. كما أنَّهم عثروا على رسوم مخفية تحت اللوحة الأصلية.

## محور للمعارف

تُمثِّل الخبرة التي جمعها معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة على مر عقود المصدر الرئيسي للمعارف بالنسبة إلى العديد من الخبراء في المنطقة ومن جميع أنحاء العالم. وفي عام ٢٠١٦، شارك موظفو معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة في أولى الدورات التدريبية التي تنظم لفائدة الخبراء من منطقة أمريكا اللاتينية بشأن هذا الموضوع. وقد جمعت هذه الدورة التي نظمتها الوكالة مرمِّمين وخبراء في مجال الترميم وعلماء متاحف وأمناء مكتبات وأمناء متاحف وأخصائيي أشعة من عشرة بلدان في المنطقة للتعرُّف على مختلِف تطبيقات التكنولوجيات الإشعاعية في مجال التراث الثقافي.

ولدى معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة الآن قائمة طويلة من طلبات التماس الدعم. ويعمل

**تمَّت معالجة العديد من المواد في المتحف الأفريقي البرازيلي في ساو باولو بالبرازيل باستخدام تقنية التشعيع بأشعة غاما في معهد البحوث النووية وبحوث الطاقة.**

(الصورة من: لويز بوترتون/ الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

موظفو هذا المعهد على قطع أثرية من مختلِف البلدان كما أنهم يقدمون التدريب باستمرار إلى العلماء الأجانب والخبراء الثقافيين.

وقال فاسكيس إنَّ هناك مشروعًا مثيرًا للاهتمام قيد الإعداد يتمثل في إمكانية جلب ثلاث مومياءات هجمت عليها الحشرات والفطريات من إكوادور إلى المعهد لمعالجتها. وتدعم الوكالة هذا المشروع من خلال ما تقدِّمه من خبرات وتدريب.

وأضاف فاسكيس قائلاً: "إنه لمن دواعي سروري أن الخبراء والمنظمات الدولية تولي أهمية أكثر فأكثر للحفاظ على التراث الثقافي لأنَّ تراثنا هو مرآة لهوية شعبنا". "ومن الواجب علينا مواصلة العمل من أجل حمايته."

العلوم

# التشعيع بأشعة غاما وحيود الأشعة السينية

يشير **التشعيع بأشعة غاما** الذي يعرف أيضًا باسم أشعة غاما إلى الإشعاعات الكهرمغنطيسية بذبذبات عالية للغاية. وهو ينبعث في شكل فوتونات عالية الطاقة، وهي جسيمات أولية ذات خصائص مماثلة لخصائص الموجات.

وثمة عنصر كيميائي يسمى الكوبالت-٦٠ يشيع استخدامه كمصدر للتشعيع بأشعة غاما.

وأشعة غاما هي نوع من الإشعاع المؤيِّن. وعند مستويات معيَّنة من الجرعات المستخدمة لحماية المصنوعات التراثية الثقافية، يحُول هذا النوع من الإشعاع المؤيِّن دون تكاثر الميكروبات فتيليًّا عند درجة حرارة الغرفة دون أن يحدث أي تلامس مادي. وتتفاعل الموجات الكهرمغنطيسية العالية الطاقة والعالية الذبذبات مع مكوِّنات الخلايا الأساسية. ويمكن لهذه الموجات، عند هذه المستويات من الجرعات أن تُحوِّر الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (حمض د.ن.أ) بغية الحيلولة دون تكاثر الخلايا فتيليًّا.

وتساعد هذه العملية المتمثلة في الحيلولة دون تكاثر الخلايا فتيليًّا على القضاء على حالات تفشي الحشرات والعفن غير المرغوب فيها.

وإذا تم تطبيقها عند المستويات السليمة، يمكن استخدام هذه العملية لتعزيز وتوطيد ما يستخدمه الأخصائيون من راتنجات بغية سد فجوات المواد غير المسامية الموجودة في المصنوعات التراثية من أجل حمايتها والتمديد في عمرها.

و**حيود الأشعة السينية** هي تقنية غير متلفة عالية الحساسية تعتمد على الأشعة السينية للكشف عن معلومات بشأن المواد البلورية. والمواد البلورية هي مواد صلبة مثل الزجاج والسليكون تتراصف مكوناتها ضمن هياكل مجهرية عالية الانتظام. وهذه التقنية مفيدة إذ إنه يمكن استخدامها في عينات صغيرة جدا من مختلف أنواع المواد البلورية.

ويُعرِّض العلماء المواد البلورية إلى الأشعة السينية، وعندما تتفاعل هذه الأشعة السينية مع ذرات البلورات الموجودة في المواد، فإنها تتشتت وتُنتج تأثير تداخل يسمى نمط الحيود. ويوفِّر نمط الحيود هذا معلومات بشأن هيكل المادة البلورية أو بشأن ميزة المادة المبلورة، مما يساعد العلماء على تحديد خصائص الهيكل بلورة عنصر ما أو استبانتها بدقة.

# استحداث مواد أكثر أمانًا وأنظف من خلال المعالجة النووية

بقلم أندرو غرين

**تحتوي هذه الضمادة على طبقة مصنوعة من هُلام مائي تدعم تعافي الجروح، كما أن إزالتها تكون أسهل وتُحدِثُ ألمًا أقل.**

(الصورة من: س. إينريكيز، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

بدءًا من مرشّحات المياه ومظللات المصابيح حتى نعال الأحذية والضمادات الطبية، يتزايد اليوم عدد المنتجات الاستهلاكية المصنوعة من مواد جديدة يتم انتاجها باستخدام التقنيات النووية.

وقال ماساو تامادا، المدير العام لمعهد تاكاساكي للبحوث الإشعاعية المتقدمة في قطاع بحوث العلوم النووية بالوكالة اليابانية للطاقة الذرية في اليابان وهو خبير مشهور في هذا المجال "إنَّ التطورات الجديدة في مجال معالجة بعض البوليمرات تحسِّن الإنتاجية وتؤدي إلى تقليص العبء على البيئة."

وتوفِّر الوكالة منصَّة للتعاون في هذا المجال، عبر دعم الخبراء المتمرِّسين مثل تامادا لتدريب المهنيين من البلدان الأخرى في مجال استحداث هذه المواد المتخصصة القائمة على المواد البلاستيكية والهُلامات.

وقدَّم تامادا خلال إحدى الدورات التدريبية الإقليمية، التي نظمتها الوكالة والتي ترأسها في آب/أغسطس ٢٠١٦ في ماليزيا، دروسًا بشأن الأساليب المتقدّمة للتطعيم الإشعاعي لأغراض التطبيقات البيئية والصناعية لفائدة مشاركين من إندونيسيا، وباكستان، وبنغلاديش، وتايلند، وجمهورية كوريا الجنوبية، وسري لانكا، والصين، والفلبين، وفييت نام، وماليزيا، وميانمار، والهند. وأعدَّ تامادا خلال حلقة عمل سابقة نظمتها الوكالة بروتوكولاً خاصًّا بالأساليب المتخصصة المستخدمة في مجال التطعيم الإشعاعي، وهذا البروتوكول متاح الآن على الإنترنت.

> **"إنَّ التطورات الجديدة في مجال معالجة بعض البوليمرات تحسِّن الإنتاجية وتؤدي إلى تقليص العبء على البيئة."**
>
> — ماساو تامادا المدير العام لمعهد تاكاساكي للبحوث الإشعاعية المتقدمة، اليابان

## التطبيقات الطبية الجديدة للبوليمرات المعالَجة إشعاعيًّا

باستخدام إشعاعات من قبيل أشعة غاما أو الأشعة السينية أو الإلكترونات المُعجَّلة أو الحُزم الأيونية، يمكن تغيير أو تقوية البوليمرات من قبيل المواد البلاستيكية أو الهلامية من أجل إنشاء تكوينات رابطة جديدة وأكثر مقاومة (انظر مربع العلوم). وتقوية وتحسين البوليمرات باستخدام الإشعاعات هي تقنية مستخدمة منذ عقود لإنتاج منتجات تجارية من قبيل الأجزاء المقاوِمة للحرارة المستخدمة في محركات السيارات، والصمامات القابلة للتقلُّص بفعل الحرارة، والألواح الرغوية، والإطارات.

وتؤدِّي التطورات الجديدة التي تشهدها صناعة المعالجة الإشعاعية إلى استخدامات جديدة وابتكارية للبوليمرات المشعة مثل الطبقات المصنوعة من الهُلام المائي لأغراض الاستخدام في المجال الطبي

للتعامل مع الحروق والجروح، وكذلك في العلاج الإشعاعي فيما يتعلّق بعلاج السرطان.

وأوضح تامادا أنَّ "الطبقات المصنوعة من الهُلام المائي ذات التركيز العالي من الماء التي يتم إنتاجها باستخدام الإشعاعات لربط المواد تصالبيًّا تتيح شفاء الجروح في وقت أسرع مقارنة بما قد تكون عليه الحال إذا كانت هذه الطبقات جافة". وأضاف قائلاً "إنَّ استخدام التشعيع لربط البوليمرات تصالبيًّا هو فقط ما يُمكِّننا من إنتاج مثل هذه الهُلامات المائية المرنة ذات التركيز العالي من الماء."

وبالإمكان استخدام نفس هذه الهُلامات النقيّة والشفافة في العلاج الإشعاعي للمساعدة على قياس جرعات الإشعاعات المأمونة والفعالة والحفاظ عليها، وهو مجال يعرف باسم قياس الجرعات الإشعاعية. ويمكن أن تُستخدم الطبقات المصنوعة من الهُلام المائي لتحديد كلّ من المستويات الإشعاعية والمواضع المتعرِّضة للإشعاعات على نحو متزامن، وقد تختلف هذه المستويات والمواضع من مريض إلى آخر. وأشار تامادا إلى أنَّ معرفة هذا الأمر تكون مفيدة عند إعداد جلسات العلاج الإشعاعي.

وقال تامادا "إنه بالإمكان أيضًا إزالة هذه الطبقات مع إحداث ألم أقلّ مقارنة بإزالة الشاش الطبي التقليدي، كما أنَّ الهُلامات المائية الطبيَّة تتيح رصد عملية التعافي بشكل متواصل نظرًا إلى أنها شفافة."

**يمكن استخدام الضمادات المصنوعة من الهُلام المائي التي يتم إنتاجها باستخدام الإشعاعات لعلاج الحروق والجروح.**

(الصورة من: س. إينريكيز، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

العلوم

## ربط البوليمرات تصالبيًّا باستخدام الإشعاعات

تُكوِّنُ المواد البلاستيكية والهُلامية باستخدام سلاسل البوليمرات التي يتم ربطها تصالبيًّا وتعقيمها باستخدام أشعة غاما أو الحزم الإلكترونية. وتُمزج البوليمرات في الماء وتوضع في قوالب أو صمامات وتتم تعبئتها ويتم إغلاقها بإحكام ثم يتم بعد ذلك ربطها تصالبيًّا وتعقيمها عن طريق تعريضها للإشعاعات. كما أن تقنيات الربط المتصالب باستخدام الإشعاعات هي تقنيات أكثر أمانا بكثير من التقنيات الكيميائية، إذ لا تنشأ عنها شوائب لعدم استخدام أي مواد كيميائية فيها. ويمكن للإشعاعات كسر الروابط الكيميائية وإنشاء روابط جديدة تُغيِّر من الخصائص الكيميائية والمادية والبيولوجية لمادة ما دون إجراء معالجة كيميائية إضافية، ودون جعل هذه المادة مشعة. ويُمكِّن ذلك من إعادة تصميم البوليمرات على المستوى الجزيئي لخدمة غرض معيَّن.

وفي حالة الهُلامات المائية، يسفر الربط المتصالب عن ترابط البوليمرات لتكوِّنَ نوعًا من الهُلام. ويكون الهُلام المُكوَّنُ من هذه العملية قويًّا وليِّنًا وشفافًا. والهُلامات المائية المستخدمة في ضمادات الجروح تحتوي على نسبة تتراوح بين ٧٠ و٩٥ في المائة من الماء وهي ملائمة حيويًّا. وهي لا تدبق بالجرح وتتركه رطبًا لكي تساعد على تعافيه، وهي تمتص إفرازاته كما أنه يسهل تخزينها واستخدامها.

**تم تكوين البوليمرات المترابطة تصالبيًّا التي تحتوي عليها ضمادة الجروح البيضاء اللون هذه إلى نوع من الهلام يحتوي على نسبة تتراوح بين ٧٠ و٩٥ في المائة من الماء وهو ملائم حيويًّا.**

(الصورة من: س. إينريكيز، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

# إضفاء زخم على مجال علم الإشعاع من خلال التعاون

**بقلم نيكول جاويرث**

إنَّ مختلف السبل التي تُستخدم بها الإشعاعات اليوم هي نتيجة لما يجريه عالم واحد من بحوث وما يكتسبه من خبرات وما يستفيده من بحوث وخبرات عالم آخر، وتُترجم هذه النتائج مُجتمعة إلى تطبيقات عملية ابتكارية تؤثِّر في حياة الناس اليومية. والمراكز المتعاونة مع الوكالة هي أحد السبل التي يتواصل من خلالها العلماء.

وللحصول على لمحة عن العمل الذي تضطلع به المراكز المتعاونة مع الوكالة في مجال العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية، فقد قدَّم سوريش بيللاي، مدير المركز الوطني لبحوث الحزم الإلكترونية والأستاذ في علم الأحياء المجهرية والبيولوجيا الجزيئية في جامعة *A & M* في تكساس إجابات عن بعض الأسئلة لمجلَّة الوكالة فيما يتعلَّق بالمركز الذي يديره وبتعيين هذا المركز كأحد المراكز المتعاونة مع الوكالة. وأوضح سوريش بيللاي الكيفية التي تُسهم بها أعمال هذا المركز في استخدام تكنولوجيا الحزم الإلكترونية في التطبيقات في مجال الأغذية والصحة والبيئة، والكيفية التي يعمل بها هذا المركز كمنصَّة للباحثين من قرابة عشرة بلدان. كما أنَّه تحدَّث عن المستقبل وعن بعض البحوث الابتكارية التي يجري القيام بها في المركز الذي يديره.

### السؤال: ماذا تعني تسميتكم مركزًا متعاونًا مع الوكالة؟

**الجواب:** لقد عملنا على تطوير تكنولوجيات الحزم الإلكترونية وتسويقها تجاريًّا على مدى السنوات الخمس عشرة الماضية. وعملنا لا يستهدف تحقيق الربح، وتبلغ قيمة ما نقدِّمه من خدمات متصلة بالأنشطة في مجال الحُزم الإلكترونية سنويًّا حوالي ١ إلى ٢ مليون دولار أمريكي، سواء على الصعيد التجاري كنموذج يُعتمد في الأوساط الصناعية أو من أجل القيام بأنشطة البحث والتطوير.

ويتيح لنا تعاوننا مع الوكالة أن نذهب إلى ما هو أبعد من مجرد نشر بحوث عالية الجودة نحو أن تكون لبحوثنا تأثيرات عالمية. كما أننا نحافظ على علاقة وطيدة مع الوكالة ونشارك في مشاريعها التقنية ومشاريعها البحثية المنسقة. وهذه المشاريع تساعدنا على إيصال خبراتنا إلى الناس الذين قد يحتاجونها على الصعيد الميداني. كما أنها تساعدنا على إقامة علاقات وطيدة مع سائر العلماء من جميع أنحاء العالم مما يساعدنا على البقاء في طليعة ما يستجد في هذا المجال وعلى الحفاظ على نظرة عامة بشأن منحاه.

### السؤال: ما هي الأنشطة التي يضطلع بها هذا المركز كأحد المراكز المتعاونة؟

**الجواب:** إنَّ المهمة الموكلة إلينا واسعة النطاق. فعملنا يُركِّز في المقام الأول على المجالات التالية: رفع درجة الوعي للتشجيع على تحقيق فهم أوسع وعلى استخدام تكنولوجيا الحزم الإلكترونية؛ وتقديم المشورة والخبرات إلى البلدان والشركات والكيانات والأفراد لمساعدتها على اعتماد هذه التكنولوجيا وتسويقها تجاريًّا؛ ومواصلة بذل قصارى جهدنا للمضي قدمًا في مجال البحوث بغية إضافة قيمة إلى المنتجات وحياة الناس.

ونحن نقوم بذلك من خلال استضافة العلماء الزائرين برعاية من الوكالة، والسفر إلى البلدان الأخرى المشاركة في مشاريع الوكالة وذلك من أجل توفير الخبرة لها، وتنظيم حلقات عمل برعاية من الوكالة

**"نظرًا لأننا أحد المراكز المتعاونة مع الوكالة فإنَّ ذلك أحد السبل التي تمكِّننا من أن نذهب إلى أبعد من مجرد نشر بحوث عالية الجودة نحو ضمان أن تكون لعملنا تأثيرات على الصعيد العالمي."**

— سوريش بيللاي، مدير المركز الوطني لبحوث الحزم الإلكترونية، جامعة *A&M* في تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية

لفائدة المشاركين، بما في ذلك حلقة العمل العملية الخاصة بنا الفريدة من نوعها بشأن تكنولوجيا الحزم الإلكترونية، التي يعمل خلالها العلماء بالفعل على هذه التكنولوجيا و يتعلَّمون كيفية استخدامها.

ومن بين المشاريع التي عملنا عليها مؤخرًا مشروع خاص بمنطقة أمريكا اللاتينية في إطار أحد برامج الوكالة للتعاون التقني. وقد عملنا مع مجموعة صناعية صغيرة في المكسيك قامت بتشييد أول مرفق تجاري للحزم الإلكترونية في تيخوانا، ودُشِّن مؤخرًا في شباط/فبراير ٢٠١٧. وعلى امتداد سنتين إلى ثلاث سنوات، قمنا بتثقيف العاملين في هذه المجموعة الصناعية بشأن جميع الاختلافات الدقيقة لهذه التكنولوجيا، فيما يتعلّق بجميع الجوانب بدءًا بتدريب الأشخاص المعنيين ووصولاً إلى وضع أسس تجارة مستدامة. ولقد ساعدناهم على إقامة علاقات تعاون مع سائر المراكز المحلية. وفيما يتعلَّق بهذا المشروع، ساعدت الوكالة على تقديم الإرشادات للمسؤولين ويسَّرت التواصل فيما بين الخبراء من جميع أنحاء أمريكا اللاتينية والمكسيك.

## السؤال: ما هي الحزم الإلكترونية وكيف يستخدمها المركز الذي تديرونه؟

**الجواب:** الحزم الإلكترونية هي تدفقات من الإلكترونات العالية الطاقة ويتم إنتاجها باستخدام معدات متخصصة من قبيل المعجِّلات الخطية.

ونحن نستخدم الحزم الإلكترونية لإجراء بحوث يمكن استخدامها بهدف تنظيف العالم وتحسين الصحة فيه وتغذية شعوبه وتشكيله ولتحقيق أهداف أبعد من ذلك.

وفيما يتعلَّق بتنظيف العالم، نحن نستخدم الحزم الإلكترونية لإجراء البحوث في مجال الاستصلاح البيئي سواء تعلَّق الأمر بمعالجة مياه الصرف، أو مياه الشرب أو إعادة استخدام المياه. أما فيما يتعلَّق بتحسين صحة شعوب العالم، فنحن نجري البحوث لصياغة اللقاحات المتقدمة وتعقيم المستحضرات الصيدلانية والأجهزة الطبية المتقدمة. وفيما يتعلَّق بتغذية شعوب العالم، فنحن نستخدم الحزم الإلكترونية لتحسين جودة الأغذية وسلامتها وأمنها، بما يشمل حماية الأغذية حيث يتم استخدام هذه التكنولوجيا لتطهير الأغذية الملوثة عن قصد. أما فيما يتعلَّق بتشكيل العالم، فنحن نجري البحوث بشأن كيفية استخدام الحزم لاستحداث مواد متقدّمة تتراوح بين البوليمرات التقليدية والمواد النانوية والمركّبات النانوية المتقدمة جدًّا. وتنطوي عملية تشكيل العالم هذه على تطوير التطبيقات التجارية وعلى القيام بأنشطة بحث وتطوير متقدِّمة، بما في ذلك في مجال الفضاء، من خلال عملنا الوثيق مع الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) بشأن التطبيقات المتقدمة فيما يتعلَّق بتكنولوجيا الحزم الإلكترونية المستخدمة في البعثات الفضائية المأهولة وغير المأهولة.

## السؤال: ما هي مزايا استخدام الحزم الإلكترونية بدلاً من الأساليب الأخرى؟

**الجواب:** الحزم الإلكترونية واحدة من أرخص النُّهج وأكثرها عضوية لإنشاء جذور حرَّة. والحزم الإلكترونية لا تتطلَّب منا إدخال مواد كيميائية أو استخدام الحرارة لإحداث تغييرات في المواد مقارنة بالأساليب الأخرى، كما أن بصمتها الكربونية متدنِّية جدًّا. وبالإضافة إلى ذلك، فإن تكنولوجيات الإشعاع المؤيِّن الأخرى لا تتضمَّن نفس ذلك البعد المتمثل في سهولة تشغيلها وإغلاقها.

ونظرًا إلى أنَّها لا تعتمد على مصدر مشع وبما أنها قابلة للتشغيل والإغلاق، فإن الحزم الإلكترونية تسمح لنا بمواصلة العمل على تطوير تطبيقات قائمة على الإشعاع دون خشية حصول أي حالة من حالات الانتشار النووي أو سرقة المواد النووية أو التعرُّض لإشعاعات نووية. ويُعدُّ هذا الأمر مهمًّا جدًّا في العالم الذي نعيش فيه الآن والواعي بشؤون الأمن.

## السؤال: ما هي أروع الأشياء التي يعمل عليها المختبر الذي تديرونه؟

**الجواب:** ثمة مجالان أهتم بهما حقًّا. أحدهما تطوير اللقاحات لتحسين صحة الإنسان والحيوان. فجميع البحوث التي نجريها في مجال الأمراض المعدية تشير إلى أننا نلامس فقط الأمور السطحية لما يُحتمل تطويره بفضل هذه التكنولوجيا من لقاحات ذات قيمة عالية. ونحن نعلم الآن أنَّه بإمكاننا تطوير لقاحات ذات قيمة عالية وشديدة الفعاليَّة مضادَّة لمختلِف الأمراض المعدية التي تصيب الإنسان والحيوان. وإنَّ هذا الأمر مثير للغاية بالنسبة إلينا.

أما المجال الثاني الذي أهتم به فهو الاستصلاح البيئي. وسواء تعلَّق الأمر بالملوِّثات الكيميائية الموجودة في المياه الجوفية أو بالنفايات البلدية، فنحن نعلم أنّ تكنولوجيا الحزم الإلكترونية، مقارنة بسائر التكنولوجيات الأخرى المتوافرة اليوم، ستكون عاملاً من عوامل التغيير. فعامل التغيير تستتبعه العديد من التحديات، ولكنه قادر كما تعلمون على قلب الصناعة برمتها رأسا على عقب. ومن شأن نظرتنا إلى آلية التصرف في النفايات أن تتغيَّر بحيث لن تسمى بعد الآن "محطةً لمعالجة مياه الصرف" بل سيطلق عليها بدلاً من ذلك شيء من قبيل "مرفق لاسترداد الموارد"، بحيث تحذف الدلالة التي درج اقترانها بالنفايات، وعوضًا عن ذلك، سيُنظر إلى كل قطرة من الماء تُصرف من المنازل أو من الصناعات على أنها شيء يمكن أن تُستخلص منه الطاقة وغيرها من الموارد.

# التكنولوجيا الإشعاعية من أجل تحقيق التنمية: كيف تقدِّم الوكالة المساعدة؟

**بقلم ميرا فينكاتيش، مديرة شعبة العلوم الفيزيائية والكيميائية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية**

يمكن للإشعاع، إذا ما استُخدِم بحكمة وباتخاذ احتياطات الأمان المناسبة، أن يصنع العجائب في حياتنا والبيئة، مما يجعل عالمنا مكانًا ينعم بدرجة أكبر من الأمان والصحة والأمن لنعيش فيه. وإذا نظرتم حولكم، فسترون أيضًا الأساليب التي أثرت بها الإشعاعات في حياتكم، بدءًا من الطاقة المشرقة المنبعثة من الشمس ووصولاً إلى الأغذية الصحية المقدَّمة في أطباقكم. وهنا في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، نَعمل مع البلدان من جميع أنحاء العالم بغية المساعدة على نشر الاستخدام السلمي للتكنولوجيا الإشعاعية لفائدة الجميع.

وثمَّة العديد من الأدوات والنُّهج المختلفة التي يمكن للبلدان استخدامها لتحقيق أهدافها الإنمائية وللتصدي لما تواجهه من تحديات، وبالنسبة إلى العديد من البلدان، ما انفكت التكنولوجيا الإشعاعية تعتبر أكثر فأكثر جزءًا من الحلِّ. وفي الواقع، يُعترف بالتكنولوجيا الإشعاعية كأحد الخيارات الأكثر صداقة للبيئة والأكثر فعالية من حيث التكلفة. فتطبيقاتها العديدة تجعلها مناسبة تمامًا للعمل المتنوع الضروري لتحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة ومجموعة أهدافها الشاملة التي تتراوح بين الصحة والبيئة من جهة والصناعة والبنى التحتية من جهة أخرى.

(الصورة من: ن. جاويرت، الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

ويمكن استخدام الإشعاعات لتفتيت الخلايا الحية من أجل معالجة أمراض مثل السرطان، ومكافحة العوامل المرضة الضارة الموجودة في الأغذية وتعقيم الأدوات الجراحية واللوازم الطبية. ويمكن للإشعاعات أن تجعلنا قادرين على القضاء على الملوِّثات الموجودة في الماء وفي الهواء وفي الأرض قبل أن تُلوِّث البيئة. ويمكن كذلك معالجة مواد النفايات الأخرى مثل ثُفل قصب السكر، وهو مادة ليفية تنتج عن صناعة السكر، أو قشور المأكولات البحرية مثل الروبيان، وذلك باستخدام التكنولوجيا الإشعاعية لتحويلها إلى مواد قابلة للتحلُّل البيولوجي وأكثر صداقة للبيئة مثل مواد تغليف وتعبئة الأغذية أو المغذيات العالية الجودة المستخدمة لأغراض الزراعة. كما يمكن استخدام الإشعاعات لربط ووصل الجزيئات بغية إنتاج كوابل وأسلاك أمتن وأكثر استدامة واستحداث مواد وطلاءات عالية الأداء نستخدمها في منازلنا وسياراتنا وفي الصناعات في جميع أنحاء العالم.

ويمكننا حتى استخدام الإشعاعات لمساعدتنا على "رؤية" أغوار المباني والآلات بغية ضمان أن يظل هيكلها سليمًا ومأمونًا لا سيما عقب وقوع كوارث طبيعية. ويمكنك كلّ مرة تذهب فيها إلى المطار أن ترى مثالاً للأداء العملي للتكنولوجيا الإشعاعية، عندما يقوم المسؤولون في نطاق التفتيش بمسح أجسام الأشخاص وأمتعتهم لضمان الأمن. وهذه ليست سوى بضعة أمثلة تُبرز مدى تنوُّع استخدامات التكنولوجيا الإشعاعية.

وتحتاج البلدان إلى عمال مهنيين ذوي مهارات عالية وإلى المعدّات المناسبة من أجل الاستفادة من الإمكانات التي تتيحها العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية. ومن خلال الدعم الذي تقدِّمه الوكالة، يمكن للعديد من البلدان الحصول على ما يلزم من دورات تدريبية وتعليمية، ومشورة خبراء ومعدات ضرورية لاعتماد هذه التكنولوجيا. كما أن المئات من العلماء من مراكز ومنظمات في البلدان المتقدمة والنامية يعملون معًا من خلال ما تضطلع به الوكالة من مشاريع بحثيَّة منسَّقة تدفع بالبحوث العلمية إلى الأمام.

وغالبًا ما تُسفر هذه المشاريع عن تطبيقات عملية ملموسة، تُدرج معظمها ضمن العمل المضطلع به من خلال برنامج الوكالة للتعاون التقني من أجل نقل التكنولوجيا النووية حيثما تدعو الحاجة إليها. ويُعدُّ هذا الدعم الشامل مهمًّا بالنسبة إلى العديد من البلدان، لا سيما بالنسبة إلى البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل التي تواجه قيودًا فيما يتعلَّق بالموارد.

(الصورة من: لويز بوترتون/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

## منصَّة للبحوث والابتكار والتقدُّم

تنبثق الاستخدامات المتعددة للتكنولوجيا الإشعاعية من عقود من البحث والتطوير في مجال علم الإشعاع، ولكن مثلما هي الحال بالنسبة إلى أي مجال من مجالات العلوم، لا يتم هذا العمل بمعزل عن المجالات الأخرى. ويُعدُّ التعاون عاملاً حيويًا بالنسبة إلى البلدان من أجل تبادل الأفكار والاستفادة على أكمل وجه من هذه التكنولوجيا. ومن خلال ما تنظمه الوكالة من اجتماعات وأحداث ومؤتمرات، مثل المؤتمر الدولي لتطبيقات العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية الذي عُقد في الفترة من ٢٤ إلى ٢٨ نيسان/أبريل ٢٠١٧، تتاح للعلماء والخبراء والأخصائيين الصناعيين فرصة للتواصل فيما بينهم وللتعلُّم من خبرات بعضهم بعضًا. وتُعدُّ فرص التواصل هذه من المكونات الرئيسية لإحراز تقدُّم في هذا المجال، ولتحديد أفضل الممارسات وإيجاد سبل جديدة وابتكارية لتطبيق هذه الأدوات القويَّة.

ومن خلال هذه الشراكات القوية وغيرها من الشراكات التي تقام بين الأوساط الأكاديمية والأوساط الصناعية، يُمكن أن تنتقل البحوث في مجال العلوم والتكنولوجيا الإشعاعية خارج نطاق المختبرات صوب المصانع والشركات في جميع أنحاء العالم. كما أنَّ الوكالة تساعد أيضا على تيسير إقامة الشركات الاستراتيجية والشراكات بين القطاعين العام والخاص من خلال مبادراتها على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وعندما يعمل العلماء والخبراء والأخصائيون الصناعيون معًا، يمكن تعزيز التكنولوجيا كما يمكن في العديد من الحالات تسويقها تجاريًّا. ونتيجة لذلك، يستفيد الآن الناس في كل مكان من المنافع التي تدرّها التكنولوجيا الإشعاعية من خلال المنتجات المستخدمة على أساس يومي.

## الاستخدام على نحو مأمون وآمن

يمكن للتكنولوجيا الإشعاعية أن تسهم في فتح الكثير من الأبواب نحو مستقبل أفضل، غير أن هذه الأبواب لا يمكن فتحها إلاَّ عندما تُستخدم هذه التكنولوجيا على نحو مأمون وآمن. فبناء نظام للأمان والأمن يقترن باعتماد التكنولوجيا الإشعاعية. ويعمل العديد من البلدان مع الوكالة لدعم عملية بناء نظام خاص باللوائح والسياسات يجسِّد معايير الأمان والأمن المتفق عليها دوليًّا. كما أن هذه البلدان تستفيد من الدعم المقدم من الوكالة من أجل وضع لوائح مناسبة في مجال الجودة وتوفير التدريب والتأهيل اللازمين للعاملين. وعندما تكون التكنولوجيات الإشعاعية في أيادي مهنيين مدرَّبين تدريبًا جيِّدًا ويعملون على نحو مأمون وآمن، تصبح لديها إمكانات هائلة للمساعدة على تحسين حياة الناس وتعزيز التصنيع والتنمية في الدول في جميع أنحاء العالم.

## موجزات الوكالة الدولية للطاقة الذرية: سلسلة جديدة خاصَّة بصانعي السياسات

أطلقت الوكالة سلسلة جديدة من المنشورات هي موجزات الوكالة لكي يسترشد بها صنَّاع القرار بشأن كيفية الاستفادة على أفضل وجه من الخدمات التي تتيحها هذه المنشورات من أجل تعزيز القدرات ودعم التنمية. وتشمل هذه الموجزات التي تم إطلاقها في خريف عام ٢٠١٦ طائفة واسعة من المواضيع ذات الصلة بتطبيقات العلوم والتكنولوجيا النووية كما أنها تقدِّم توصيات للدول الأعضاء في الوكالة لكي تنظر فيها.

وتشمل هذه الموجزات أيضا قضايا خاصة ببلدان معيَّنة. ويُبرز موجز الوكالة المعنون *Enhancing Patient Care In Africa Through Safe Medical Imaging* (تحسين رعاية المرضى في أفريقيا من خلال التصوير الطبي الآمن) أهميَّة وجود فيزيائيين طبيين في أفريقيا مؤهَّلين جيِّدًا للتعامل مع معدات التصوير الطبي الفائقة التقنية من قبيل أجهزة المسح بالتصوير المقطعي الحاسوبي المتعددّ الشرائح الحلزوني.

ويُركِّز موجز آخر من موجزات الوكالة معنون *Detecting and Treating Cervical Cancer Using Diagnostic Imaging Techniques and Radiotherapy* (الكشف عن سرطان عنق الرحم وعلاجه باستخدام تقنيات التصوير التشخيصي والعلاج الإشعاعي) على الدعم الذي تُقدِّمه الوكالة في أمريكا اللاتينية والكاريبي وعلى الكيفية التي يمكن بها للطب النووي والعلاج الإشعاعي أن يُقدِّما خدمات التشخيص المبكِّر والعلاج الفعَّال لأنواع مختلفة من السرطان، بما في ذلك سرطان عنق الرحم. وتُورد الوثيقة تفاصيل عن المساعدة التي تتيحها الوكالة للدول الأعضاء لتحسين برامجها الوطنية الخاصة برعاية مرضى السرطان فيما يتعلّق بسرطان عنق الرحم من خلال التدريب والمساعدة الاستشارية والمنح الدراسية وشراء المعدات.

أمَّا الموجز الثالث ضمن سلسلة موجزات الوكالة المعنون *Using Nuclear Techniques to Assess Breastfeeding Practices for Better Nutrition and Health* (استخدام التقنيات النووية لتقييم ممارسات الرضاعة الطبيعية من أجل تحسين التغذية والصحة)، فيسترعي الانتباه إلى استخدام تقنيات النظائر المستقرة للمساعدة على تقييم الأنشطة الرامية إلى تحسين ممارسات تغذية الرُّضع والأطفال الصغار. ويُقدِّم هذا الموجز معلومات حول مختلف المشاريع التي تنفذها الوكالة في الدول الأعضاء لمساعدتها على اكتساب الكفاءات في تطبيق هذه التقنيات، وهي تقنيات يمكن أن توفِّر بيانات دقيقة وموضوعية بشأن ممارسات الرضاعة الطبيعية.

وتعتزم الوكالة مواصلة توسيع مجموعة الموجزات وصحائف الوقائع الخاصَّة بها.

### صحائف الوقائع الخاصة بالوكالة

تعمل الوكالة أيضا على تحديث مجموعة صحائف الوقائع الخاصَّة بها، وقد أدرجت ضمنها مجموعة جديدة من المعلومات التي تحظى بالاهتمام. وصحائف الوقائع هذه تُسلِّط الضوء على عمل الوكالة المتعدِّد الأبعاد فيما يتعلَّق بالتطبيقات السلمية للتكنولوجيا النووية في مجالات الطاقة، والصحة، والصناعة، والأغذية والزراعة، والأمان والأمن النوويين، والضمانات والتحقُّق. وعلى سبيل المثال، تتوفّر ضمن موضوع الأمان والأمن النوويين صحائف وقائع بشأن طائفة من المجالات، منها الأمن الحاسوبي وأمن المعلومات، واتفاقية الحماية المادية للمواد النووية وتعديلها، والتحليل الجنائي النووي.

وضمن موضوع الصحة، يُمكن الاطلاع على صحيفة وقائع أخرى تُوضِّح ما تقدِّمه الوكالة من دعم وما تضطلع به من أنشطة من أجل مكافحة البعوض الناقل للأمراض، عنوانها: البعوض الناقل لفيروس زيكا: كيف يمكن لتقنية الحشرة العقيمة أن تساعد على مكافحته؟

يمكنكم الاطلاع على موجزات الوكالة ومجموعة صحائف الوقائع على شبكة الإنترنت عبر الرابط التالي: iaea.org/publications/factsheets.

— بقلم آبها ديكسيت

## أسلوب جديد يمضي قدمًا بالبحوث بشأن مكافحة البعوض باستخدام التقنيات النووية

من شأن أسلوب رائد لفصل ذكور البعوض عن إناث البعوض تم الكشف عنه في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٦ أن يُمثِّل خطوة رئيسية نحو استخدام تقنية الحشرة العقيمة، وهي تقنية نووية، لمكافحة الحشرات التي تنقل أمراضًا من قبيل زيكا والحمى الدنجية وتشيكونغونيا.

وتنطوي تقنية الحشرة العقيمة على استخدام الإشعاع المؤيِّن لتعقيم ما يتم تربيته بكميات ضخمة من الحشرات التي تتسبَّب في ما هو مستهدف من الآفات، ومن ثم يتم إطلاقها في الطبيعة حيث تتزاوج مع الحشرات البرية، وهو ما لا ينتج عنه أي نسل، مما يقلِّص مع مرور الوقت من إجمالي تجمُّعات الحشرات. ولقد استُخدمت تقنية الحشرة العقيمة بنجاح في أكثر من ٤٠ بلدًا بغية مكافحة الآفات الزراعية من قبيل آفات ذباب الفاكهة وذباب تسي تسي والدودة الحلزونية والعثة، كما تم تكثيف الجهود في إطار البحوث بشأن تطبيق هذه التقنية لمكافحة بعوض الزَّاعِجة في أعقاب أزمة زيكا التي حدثت في العام الماضي. وتقود الوكالة، من خلال شراكة مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، البحوث العالمية في مجال تطوير وتطبيق تقنية الحشرة العقيمة، بما في ذلك من أجل مكافحة بعوض الزَّاعِجة.

وقد مثّل الافتقار إلى أسلوب موثوق لاستئصال الإناث من تجمّعات البعوض التي يتم إطلاقها في الطبيعة التحدي الرئيسي الذي يواجهه الباحثون من أجل تعزيز استخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة مختلف سلالات البعوض. فالقضاء على إناث البعوض قبل إطلاق تجمعات البعوض في الطبيعة يُعدُّ أمرا حاسما فيما يتعلَّق باستخدام تقنية الحشرة العقيمة لمكافحة البعوض، إذ إنَّ لدغات إناث البعوض هي التي تتسبَّب في نقل الأمراض.

(الصورة من: د. كالما/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وفي الدول التي يجري فيها اختبار استخدام تقنية الحشرة العقيمة أو التي من المقرَّر اختبارها فيها، مثل البرازيل والصين والمكسيك، يُستخدم أسلوب يدوي لفصل ذكور البعوض عن إناث البعوض. وتكون خادرات إناث البعوض، وهي مرحلة بين الطور اليرقي وطور البلوغ في دورة حياة الحشرات، أكبر حجمًا من خادرات ذكور البعوض، مما يتيح طريقة لتحديد الإناث واستئصالها من تجمعات البعوض قبل إطلاقها في الطبيعة. ولكنَّ هذا الأسلوب يستلزم وجود عمالة كثيرة وبالتالي فهو

غير عملي لتعزيز عملية تربية البعوض لزيادة عدد البعوض ليصل إلى عشرات الملايين المطلوبة لكي يتسنى استخدام تقنية الحشرة العقيمة على النطاق الأوسع اللازم لحماية المدن من خطر انتقال الأمراض، هذا ما جاء على لسان روي كاردوسو بيريرا، وهو خبير في مجال تقنية الحشرة العقيمة من الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة لاستخدام التقنيات النووية في الأغذية والزراعة.

وإيجاد أساليب بديلة لما تُطلِق عليه الأطراف الداخلية المطّلعة اسم "الفصل الجنسي" للبعوض هو ما يركِّز عليه مشروع بحثي منسق جارٍ مدته خمسة أعوام استُهلّ في عام ٢٠١٣ تحت رعاية الشعبة المشتركة بين الفاو والوكالة بمشاركة خبراء من ١٣ بلدًا.

## ما من خداع بصري

لقد تمكّن اليوم الباحثون في TRAGSA، وهي المؤسسة الحكومية الإسبانية التي تركِّز على الخدمات والعلوم البيئية، من تطوير نموذج أولي لجهاز قادر على التمييز بين ذكور البعوض وإناث البعوض باستخدام تكنولوجيا الرؤية الاصطناعية ومن ثم القضاء على إناث البعوض باستخدام حُزم الليزر. وأوضح إغناثيو بلا مورا من إدارة مكافحة الآفات في مؤسسة TRAGSA أنَّ هذا الجهاز يتكوَّن من قرص دوَّار لتوزيع الخادرات التي تمَّت تربيتها بكميات ضخمة، ومن ثم يتم تحليلها باستخدام برنامج حاسوبي بإمكانه التمييز بين الجنسين استنادا إلى حجم الخادرات.

وقال بلا مورا إنَّ النتائج الأولية للتجارب التي تم إجراؤها بيَّنت أنه تم القضاء على ما نسبته ٩٩,٧٪ من إناث البعوض وتمكَّن في المقابل ٨٠٪ من ذكور البعوض من البقاء على قيد الحياة وبالإمكان إطلاقها في الطبيعة. وأضاف قائلاً: "إن النتائج التي تحققت تُعدُّ مُرضية للغاية مقارنة بتلك التي يُحصل عليها من خلال الأساليب اليدوية المستخدمة حاليًا".

وعلى الرغم من أنَّ هذا النموذج الأولي بإمكانه معالجة مليون من ذكور بعوض الزَّاعِجة يوميًّا، فإن مستوى المعالجة هذا لم يبلغ بعد مستوى الإنتاج الصناعي المطلوب على نطاق إقليمي. وقال كاردوسو بيريرا، بيد أن هذا الجهاز سيكون مُرضيًا بالنسبة إلى المشاريع التي تستهدف مدنًا أو قرى فردية، خاصة في البلدان التي تكون فيها تكاليف العمالة المرتبطة بالفرز اليدوي لخادرات البعوض باهظة جدا. كما أنَّه يجري الاضطلاع بمزيد من البحوث لتحسين هذا الأسلوب من أجل القضاء على عدد أقلّ من ذكور البعوض وزيادة مستوى المعالجة.

وإنَّ مشاركة مؤسسة TRAGSA في المشروع البحثي المنسق ساعدتها في تطوير هذا الأسلوب الجديد. وقال كاردوسو بيريرا أيضًا: "عندما يعمل كبار الخبراء معًا في مجال ما، تتسارع وتيرة البحوث الخاصَّة بكل واحد منهم".

— بقلم ميكلوس غاسبر

# إنقاذ إرث أرمينيا في مجال بحوث الفيزياء من خلال البيكسالات

استُعيد في أرمينيا أكثر من ١٠٠٠ ورقة بحثيَّة تُعنى بفيزياء الطاقة العالية والفيزياء الفلكية، وذلك بفضل نسخ رقمية محفوظة في النظام الدولي للمعلومات النووية الخاصّ بالوكالة (نظام إينيس).

فقد كانت آلاف الأوراق البحثية التي تحتفظ بها مكتبة معهد ياريفان للفيزياء الذي يفتقر إلى ما يكفي من التمويل، منذ ما يزيد عن ٢٥ سنة، محفوظة في غرف تخزين يعلوها الغبار. وبالتالي، باتت هذه الأوراق قذرة بحيث تعذَّر تنظيفها دون إلحاق ضرر بها.

وقال أشوت تشيلينغاريان مدير معهد ياريفان للفيزياء "قمنا خلال فترة ستينيات وسبعينيات وثمانينيات القرن الماضي بتوزيع ما لدينا من أوراق بحثية على كبرى المختبرات وبنقل تلك الأوراق إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية". وقال أيضًا: "ومن حسن حظِّنا، كان فريق نظام إينيس قد قام برقمنة جميع المحفوظات وحفظها، وهي الآن في متناولنا في شكل رقميّ. لقد تم انقاذها حقًّا."

وفي أيار/مايو ٢٠١٦ وبعد أن منُح معهد ياريفان للفيزياء صفة مختبر وطني، التمست إدارته المساعدة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل إعادة تكوين المحفوظات القديمة. وأمدَّ موظفو الوكالة معهدَ ياريفان للفيزياء بنسخ رقمية من الأوراق البحثية وساعدوا فريق المعهد على إنشاء مستودع علميّ رقمي. ومن خلال هذا المستودع الرقمي، أتاح فريق المعهد جميع الأوراق البحثيّة التي استُعيدت، على الموقع الشبكي invenio.yerphi.am.

وقال تشيلينغاريان أيضًا إنَّ العلماء في معهد ياريفان للفيزياء يُجرون بحوثًا في مجالي فيزياء الطاقة العالية والفيزياء الفلكية، كما أنهم يتعاونون مع شركاء دوليين من خلال استخدام أكبر ما يوجد في العالم من معجّلات وأجهزة كشف للأشعَّة الكونية. وإنَّهم ما فتئوا يتعاونون في إطار التجارب الدولية منذ ثمانينيات القرن الماضي. أمَّا اليوم، فإنَّ معهد ياريفان للفيزياء يُصدر حوالي ٣٠٪ من الأوراق البحثية في أرمينيا كما أنَّه يعتزم إدراج جميع المنشورات البحثية الجديدة في المستودع المذكور.

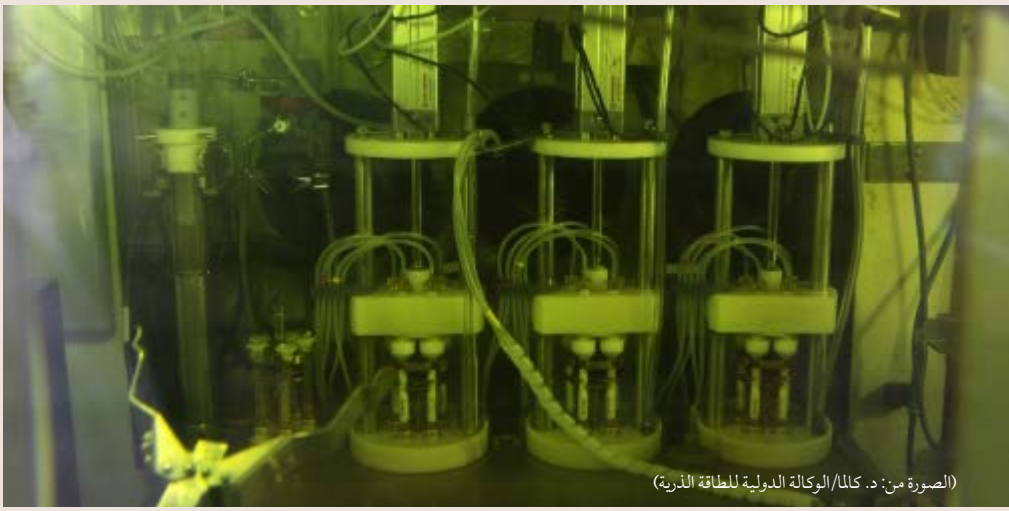
وقال زافن هاكبوف منسّق نظام إينيس في الوكالة الدولية للطاقة الذرية "إنَّ هذا المشروع لم يتح لمعهد ياريفان للفيزياء الحصول على المعلومات العلمية المفقودة وإعادة استخدامها فحسب، بل أيضًا فرصة لإدخال التكنولوجيات الحديثة من أجل دعم عمليَّة تشغيل مرافق البحوث في أرمينيا". وأضاف قائلاً إنّ الوكالة، استنادًا إلى أرمينيا كمثال، تعتزم مساعدة المزيد من البلدان على إنشاء مستودعات وطنية للمعلومات النووية من أجل الحفز على القيام بأنشطة البحث والتطوير.

(الصورة من: معهد ياريفان للفيزياء)

ويتمُّ تشغيل نظام إينيس من قبل الوكالة كما أنّه يحتوي على إحدى أكبر المجموعات في العالم من المعلومات المنشورة بشأن العلوم والتكنولوجيا النووية. ويضمُّ نظام إينيس أربعة ملايين سجل ببليوغرافي يطَّلع عليها سنويًّا أكثر من مليوني مستخدم من جميع أنحاء العالم. ويمكن للوكالة من خلال نظام إينيس جمع ما يتّصل بالمجال النووي من بيانات ومعلومات وموارد معرفية بشأن الاستخدام السلمي للطاقة النووية وإتاحتها إلى جميع الدول الأعضاء في الوكالة، مُسهمة بذلك في المضي قُدمًا بالبحث والتطوير وفي مساعدة البلدان على تحقيق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة.

— بقلم لورا جيل

# التكنولوجيا البديلة يمكنها زيادة إنتاج الموليبدينوم-٩٩



(الصورة من: د. كالما/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

كشفت ورقة نُشرت في *Journal of Radio-analytical and Nuclear Chemistry* (مجلّة الكيمياء التحليلية الإشعاعية والنووية)، وهي مجلة استندت إلى بحوث تدعمها الوكالة وشارك في إعدادها خبير من الوكالة، أنه ثمة أسلوب بديل لإنتاج الموليبدينوم-٩٩ يمكنه أن يساعد في زيادة الإمدادات بهذا النظير الرئيسي الذي يُستخدم لتوفير الرعاية الصحية لملايين المرضى في جميع أنحاء العالم.

ومع تقادم مفاعلات البحوث الرئيسية التي تُمِدُّ بالموليبدينوم-٩٩ وتوقفها عن الإنتاج، يُقدِّم الأسلوب البديل الذي نُوقش في الورقة المذكورة طريقة مبسَّطة لتنويع الإنتاج والمساعدة على ضمان إمدادات مستمرة من الموليبدينوم-٩٩ حتى لا تنقطع خدمات الطب النووي.

## المشاكل التي حصلت في الماضي

في عام ٢٠٠٩، أُغلقت المفاعلات التي تنتج الموليبدينوم-٩٩ في كندا وهولندا مؤقتًا لإجراء عمليات الإصلاح والصيانة الضرورية. وتسبَّب ذلك في حدوث اختلال كبير في خدمات الرعاية الصحية في جميع أنحاء العالم، مما أدى إلى إلغاء عمليات مسح طبي وتأجيل إجراء عمليات طبية، وتطلب الأمر في بعض الحالات من المهنيين الطبيين العودة إلى استخدام تقنيات قديمة أقل فعالية. ورغم تحسُّن ظروف الإمدادات منذ ذلك الحين، فإن المسؤولين في مجال الصحة ظلوا يبحثون عن بدائل لمعالجة ما أشير إليه في تقرير الأكاديميات الوطنية للعلوم والهندسة والطب في الولايات المتحدة الأمريكية لعام ٢٠١٦ المعنون الموليبدينوم-٩٩ لأغراض التصوير الطبي باسم "مواطن الضعف في الإمدادات".

وقال داناس ريديكاس وهو أحد الأخصائيين في مفاعلات البحوث في الوكالة وشارك في إعداد الوثيقة المذكورة: "لقد كان هذا الاختلال حقًّا بمثابة إشارة تنبيه إلى أنَّ ثمة شيء يتعيَّن تغييره فيما يتعلق بالكيفية التي نُنتج بها الموليبدينوم-٩٩." و"إنَّ التنويع فيما يتعلَّق بالكيفية التي يتم بها إنتاج الموليبدينوم-٩٩ ومكان إنتاجه، وزيادة الكفاءة في طريقة استخدام هذا النظير، واستنباط نموذج تجاري لاسترداد تكاليف الإنتاج أصبحت جميعها تمثِّل جوانب ضرورية لضمان إمدادات من الموليبدينوم-٩٩ مستمرة ومستقرّة ومجدية اقتصاديًّا."

والموليبدينوم-٩٩ هو النظير الأصلي للتكنيتيوم-٩٩ شبه المستقر، وهو النويدة المشعة الأكثر استخدامًا لأغراض التصوير الطبي. وبما أنّ التكنيتيوم-٩٩ شبه المستقر نظير غير مستقر وسريع الاضمحلال، فإنَّ نظيره الأصلي الأكثر استقراراً يتم إنتاجه ونقله إلى المستشفيات.

وأوضح ريديكاس أنَّه مع توقف الإنتاج في إحدى المفاعلات البحثية في كندا في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٦ وفي ظلّ قرار إغلاق مفاعل آخر من أضخم المنتجين في هولندا بحلول عام ٢٠٢٤، فإنَّ إيجاد أساليب بديلة للإنتاج أصبح مسألة هامة أكثر فأكثر. وقال أيضاً إنّ إنتاج الموليبدينوم-٩٩ عبر تشعيع الموليبدينوم الطبيعي أو المثرى يُعدُّ أحد البدائل المجدية الأقل استخدامًا لتلبية الاحتياجات المحلية، لا سيما بالنسبة إلى البلدان التي لديها مرافق خاصة بمفاعلات البحوث.

## تشعيع الموليبدينوم

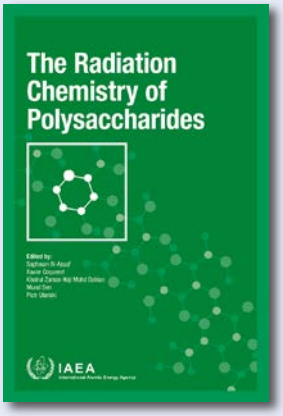
إنَّ هذه التقنية المستخدمة بالفعل في الاتحاد الروسي وأوزبكستان وبيرو وشيلي وكازاخستان والهند هي تقنية تنطوي على عملية إنتاج أبسط وتولّد نفايات مشعة أقل مقارنة بالأسلوب التقليدي لإنتاج الموليبدينوم-٩٩ من خلال الانشطار من اليورانيوم. كما أنَّ هذه التقنية تسمح بالاستفادة على نحو أفضل من مفاعلات البحوث. وثمة عدَّة بلدان منها الأردن والمغرب والمكسيك تفكِّر في تنفيذ هذه التقنية.

وعلى الرغم من أن هذا الأسلوب الجديد يُظهر إمكانات واعدة، فإن الخبراء ما زالوا بصدد تقييم كفاءته. ولقد نظَّمت الوكالة في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٥ حلقة عمل بشأن هذا الموضوع اجتمع فيها خبراء من ١٥ مرفقًا من المرافق الخاصة بمفاعلات البحوث في ١٢ بلدًا من أجل استكشاف هذا الأسلوب وتقييم جدواه. وقد أظهرت تجارب تشعيع أهداف الموليبدينوم الطبيعي التي أجريت بدعم من الوكالة، بوضوح، أنه عندما تم الحصول على الموليبدينوم-٩٩ من خلال التشعيع كانت كمية الموليبدينوم-٩٩ المنتجة لكل غرام من المواد المشعة أقل مما كانت عليه عند استخدام أسلوب الانشطار. بيد أن القدر المتحصَّل عليه ينبغي أن يظلَّ كافيًا لتلبية الاحتياجات المحلية في عدَّة بلدان.

وأوضح ريديكاس أنه على الرغم من أن تشعيع الموليبدينوم المثرى من شأنه إنتاج نسبة أعلى من الموليبدينوم-٩٩، فإن ذلك سيتطلب مواد خام أكثر تكلفة وبالتالي، قد يكون من المفضل استخدام الموليبدينوم الطبيعي على الرغم من أن غلّته أدنى. وأنَّه "ما زال يتعيَّن تحديد فعالية تكاليف التشعيع والمعالجة مقارنة بتكاليف استخدام أسلوب الانشطار."

وقد شكَّلت الدروس المستفادة من حلقة العمل المذكورة ومن البيانات بشأن القدرات الإنتاجية التقريبية للمفاعلات الأسَاسَ لورقة قام بنشرها ريديكاس بالاشتراك مع عدة علماء آخرين في *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* (مجلّة الكيمياء التحليلية الإشعاعية والنووية). كما أن هذه الدروس والبيانات هي بمثابة منصَّة لمواصلة البحوث في هذا المجال. وستقوم الوكالة في عام ٢٠١٧ بتنظيم حلقة عمل ذات صلة في كازاخستان بشأن معالجة الأهداف المشعة وإعداد مولِّدات التكنيتيوم-٩٩ شبه المستقر، استناداً إلى إنتاج الموليبدينوم-٩٩ بأسر النيوترونات.

— بقلم جيرمي لي

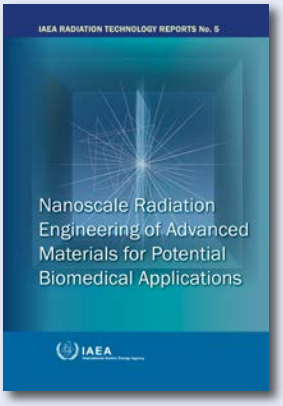



## الكيمياء الإشعاعية الخاصَّة بمتعددات السكريد

يُوفِّر الخلفية ويجمع أحدث الاستنباطات البحثية والتفاصيل والأنشطة المتعلِّقة بتطوير المنتجات المعالَجة إشعاعيًّا المصنوعة من البوليمرات الطبيعية. وتُبيِّنُ النجاحات التي تحققت بوضوح أنَّ المعالجة الإشعاعية للبوليمرات الطبيعة قد برزت كمجال مُثير يمكن في إطاره استغلال الخصائص الفريدة لهذه المواد البوليمرية في طائفة من التطبيقات العملية في مجالات الزراعة والرعاية الصحية والصناعة والبيئة.

منشورات غير مسلسلة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٧-١٠١٥١٦-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٧٥,٠٠ يورو؛ ٢٠١٦

www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/10843/Poly

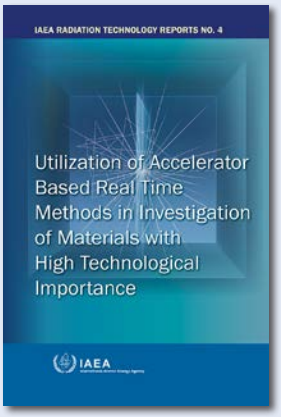



## الهندسة الإشعاعية على المستوى النانوي للمواد المتقدِّمة لأغراض التطبيقات المحتملة في مجال الطب البيولوجي

يعرض نتائج مشروع بحثي منسق تابع للوكالة بشأن الهندسة الإشعاعية على المستوى النانوي للمواد المتقدِّمة لأغراض التطبيقات المحتملة في مجال الطب البيولوجي، ويلخص الإنجازات التي حققتها المؤسسات المشاركة.

العدد ٥ من التقارير عن التكنولوجيا الإشعاعية التي تصدرها الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ١-١٠١٨١٥-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٤٩,٠٠ يورو؛ ٢٠١٥

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10641/Nano

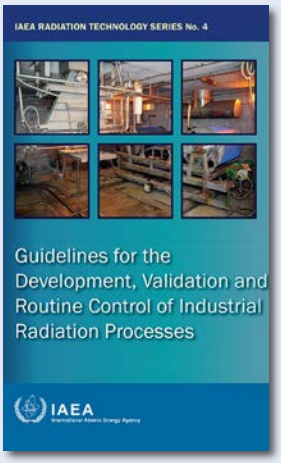



## استخدام الأساليب الآنية القائمة على أساس المعجِّلات في دراسة المواد ذات الأهمية التكنولوجية العالية

يعرض أحدث ما تم التوصل إليه في مجال تطوير مختلف التقنيات الآنية القائمة على أساس المعجِّلات وتطبيق هذه التقنيات في دراسة المواد. ويقدِّم أمثلة عن مواضيع وتحديات علمية متعددة التخصُّصات حيث يكون من شأن تطبيق الأساليب القائمة على أساس المعجِّلاتِ تحقيقُ فوائد فيما يتعلَّق ببيانات البحوث واكتسابُ فهم إضافي للقضايا العلمية. كما تُناقش فيه بإيجاز الأنشطة البحثية التي يمكن أن تستفيد من عمليات التحديد الآني لخصائص المواد باستخدام الإشعاعات السينكوترونية والحزم النيوترونية والأيونية والإلكترونية، وتوليفات متزامنة من التقنيات المختلفة. ومن بين المواضيع المتكررة المنبثقة من الأوراق المقدَّمة موضوع مفاده أنه ثمة حاجة إلى الاضطلاع بمزيد من العمل لاستحداث مواد أكثر متانة وأطول من حيث العمر التشغيلي لأغراض تطبيقات الطاقة.

العدد ٤ من التقارير عن التكنولوجيا الإشعاعية التي تصدرها الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٨-١٠٢٣١٤-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٣٧,٠٠ يورو؛ ٢٠١٥

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10490/RTM

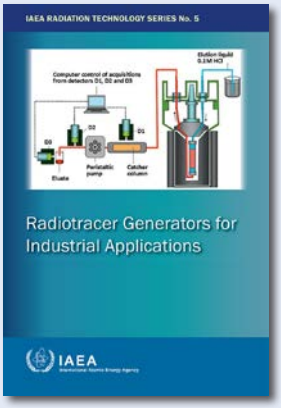



## المبادئ التوجيهية لوضع العمليات الإشعاعية الصناعية والتثبت من صحتها ومراقبتها بشكل روتيني

يقدِّم إرشادات تم وضعها استنادًا إلى طلبات واردة من الدول الأعضاء لتقديم إرشادات بشأن الوفاء بالمعايير الدولية التي نشرتها المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس فيما يتعلق بوضع عملية إشعاعية والتثبت من صحتها ومراقبتها بشكل روتيني. ورغم أنَّ معيار المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس هذا تم وضعه لأغراض تعقيم منتجات الرعاية الصحية، فإن المبادئ التوجيهية الحالية مُعمَّمة وهي بالتالي ذات صلة بأي عملية إشعاعية. وهذا أمر ممكن بما أنَّ المبادئ التي ينطوي عليها تنظيم العمليات الإشعاعية بغية تحقيق منتجات ذات جودة هي عمومًا نفسها بالنسبة إلى أي من المنتجات أو التطبيقات. وفي عدة مواضع، يتم إدراج معلومات إضافية بهدف تسليط نظرة ثاقبة عن العملية الإشعاعية يمكن أن تساعد مشغِّلي المشعّعات ومديري جودتها على تقديم خدمات أفضل إلى عملائهم.

العدد ٤ من سلسلة التكنولوجيا الإشعاعية التي تصدرها الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٦-١٣٥٧١٠-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٢٩,٠٠ يورو؛ ٢٠١٣

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial




## مولِّدات المقتفيات الإشعاعية لأغراض التطبيقات الصناعية

يُوفِّر مصدرًا فريدًا للمعلومات المتعلِّقة بتطوير مولِّدات المقتفيات الإشعاعية واستخدامها لتحديد مواطن الخلل والتحسين الأمثل للعمليات الصناعية. ويصف نتائج البحوث المضطلع بها بشأن تحديد خصائص مولِّدات المقتفيات الإشعاعية للجرمانيوم-٦٨/الغاليوم-٦٨، والسيزيوم-١٣٧/الباريوم-١٣٧ شبه المستقر، الموليبدينوم-٩٩/ التكنيتيوم-٩٩ شبه المستقر، والقصدير-١١٣/الإنديوم-١١٣ شبه المستقر، والتثبت من صحتها خلال عمليات دراسة العمليات الصناعية. وبالنظر إلى الاتجاهات السائدة فيما يتعلَّق بعمليات التصنيع في البلدان المتقدمة، تبرز أدلَّة تثبت أن تقنيات المقتفيات الإشعاعية ستستمرّ في الاضطلاع بدور هام في الأوساط الصناعية لسنوات عديدة قادمة، كما أن استنباطات هذا المشروع البحثي سوف تساعد الدول الأعضاء على توسيع نطاق استخدام تكنولوجيا المقتفيات الإشعاعية لحل المشاكل في مجالي الصناعة والبيئة.

العدد ٥ من سلسلة التكنولوجيا الإشعاعية التي تصدرها الوكالة؛ الرقم الدولي الموحد للكتاب: ٥-١٣٥٤١٠-٠-٩٢-٩٧٨؛ الطبعة الإنكليزية؛ ٣٤,٠٠ يورو؛ ٢٠١٣

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8921/Radiotracers

الوكالة الدولية للطاقة الذرية ناشرٌ رائدٌ في المجال النووي. وتشمل منشوراتها التي يتجاوز عددها ٩٠٠٠ منشور علمي وتقني معايير أمان دولية، وأدلَّة تقنية، ومحاضر مؤتمرات، وتقارير علمية. وتغطي هذه المنشورات نطاق عمل الوكالة، وهي تركز على جملة من المجالات منها القوى النووية، والعلاج الإشعاعي، والأمان والأمن النوويان، والقانون النووي.

**للحصول على معلومات إضافية، أو لطلب كتاب، يرجى الاتصال على العنوان التالي:**

Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria
البريد الإلكتروني: sales.publications@iaea.org

# أفلام الوكالة

THE DECOMMISSIONING OF IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT

THIS IS THE IAEA

THIS IS ATOMS FOR PEACE AND DEVELOPMENT

SCIENCE WITH IMPACT

SUSTAINABLE DEVELOPMENT THROUGH NUCLEAR TECHNOLOGY

INSPECTING THE NUCLEAR FUEL CYCLE

Fukushima

THE ROAD TO RECOVERY - FIVE YEARS OF IAEA ACTION

Zika Crisis

THE IAEA RESPONDS

Nuclear Security in Moldova

PRACTICE MAKES PERFECT

CATTLE BREEDING MEETS NUCLEAR SCIENCE

RADIATION TECHNOLOGIES IN DAILY LIFE

Viet Nam's Story

COPING WITH CANCER

A Report from the Team Leader

FUKUSHIMA DECOMMISSIONING MISSION

HOW THE ATOM BENEFITS LIFE

شاهد أفلام الوكالة على العنوان الإلكتروني www.youtube.com/iaeavideo

16-42736

ISSN 1819-1800

المؤتمر الدولي بشأن

# الوقاية من الاشعاعات في الميدان الطبي

## تحقيق التغيير في الممارسة

**١١-١٥ كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٧**
**فيينا، النمسا**

تنظمه

IAEA

60 عامًا
تسخير الذرّة من أجل السلام والتنمية

تشارك في رعايته

World Health Organization

و

Pan American Health Organization

www.iaea.org/meetings
CN٢٥٥-