تحويل النفايات إلى طاقة ودواء

د. سمير عبد الحميد

2025-10-19

منذ بدء الثورة الصناعية، ظلت النفايات تمثل عبئًا بيئيًا كبيرًا، لكنها اليوم تتحوَّل بفضل البيوتكنولوجيا الصناعية إلى مورد ثمين. في صميم هذا التحول، تقف الميكروبات، البكتيريا، الفطريات والطحالب ليس كمستهلكات فقط بل كصناع للمنتجات الحيوية: طاقة دوائية وكيماويات صديقة للبيئة.

الفكرة الأساسية

استخدام الكائنات الدقيقة لتحليل المادة العضوية المتواجدة في النفايات الزراعية، الصناعية أو الحضرية، وتحويلها بعمليات بيولوجية إلى منتجات ذات قيمة، مثل الوقود الحيوي (كالإيثانول والبيوغاز)، والمواد البيلاسْتِيكِيَّة القابلة للتحلل، أو مكوّنات صيدلانية. يبدأ الأمر غالبًا بمعالجة أولية للنفايات (تقطيع، تحلل حراري خفيف أو كيميائي)، ثم يُدخل الوسط المعالج إلى مفاعل حيوي يحتوي على الميكروبات المُعدَّلة أو الطبيعية التي تقوم بعملية التخمير أو التحليل الإيكولوجي.

التطبيقات الزراعية

تُستخدم قشور المحاصيل المتبقية، وسليلوز السيقان، وبقايا الحبوب كمادة أولية، فتُحلل إلى سكريات بسيطة، ثم تُخمَّر إلى إيثانول أو بيوغاز. كذلك يمكن إنتاج الإنزيمات الحيوية أو المكونات المفيدة المصنَّعة التي تدخل في الصناعات الدوائية أو الصناعات الدقيقة. في الصناعات الكيميائية، تُستخدم النفايات الصناعية العضوية (مثل مخلفات الزيوت أو المخلفات المذابة في المياه) كمصدر للكيميائيات الخضراء بتقنيات البايوكونفيرجن (تحويل بيولوجي).

أبعاد اقتصادية وبيئية

إن تحويل النفايات إلى موارد حيوية يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويخفض من كلفة التخلص من النفايات. كما أن المنتجات الناتجة "مثل الوقود الحيوي أو المواد القابلة للتحلل" تعزز من استدامة الاقتصاد المحلي، وتفتح

مجالات جديدة للابتكار الصناعي. ومن الناحية البيئية، يحد هذا التحول من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناتجة عن تحلل النفايات في مكباتها، ويساعد على تحسين جودة التربة والمياه في المناطق الزراعية والصناعية.

تطبيقات حيوية

1- إنتاج الوقود الحيوي: عبر تحويل بقايا المحاصيل الزراعية ومخلفات الصناعات الغذائية إلى غازات حيوية أو إيثانول حيوي يُستخدم في توليد الكهرباء أو النقل. 2- المواد البلاستيكية القابلة للتحلل: إنتاج بوليمرات حيوية من النفايات العضوية لتقليل الاعتماد على البلاستيك البترولي. 3- الأدوية الحيوية: استغلال الميكروبات لإنتاج مضادات حيوية جديدة أو مركبات دوائية نشطة من مصادر طبيعية متجددة. 4- المعالجة الحيوية للمياه: استخدام الكائنات الدقيقة في إزالة الملوثات من مياه الصرف الصناعي والزراعي. 5- تحسين التربة: تحويل النفايات الزراعية إلى أسمدة عضوية غنية بالعناصر المغذية.

التحديات كبيرة. أولها الكفاءة في التحويل، إذ أن النفايات غالبًا ذات تركيبة معقدة، تحتوي على مركبات سامة أو غير قابلة للهضم الميكروبي بسهولة. من ثم، تتطلب الميكروبات أو الإنزيمات تعديلًا جينيًا لزيادة قدرتها على التحلل وتحسين الإنتاج. أيضًا، نقل النظام من المختبر إلى الصناعة يواجه مشاكل: التحكم في الظروف، التفاعلات الجانبية، استقرار الميكروبات، والتكلفة الاقتصادية العالية.

في البيئات الصحراوية أو الصناعية في الوطن العربي، تكمن الفرصة في استثمار النفايات الزراعية الصحراوية، مثل السيقان المتبقية بعد الحصاد، والقصب أو النخيل، أو النفايات الصناعية المرتبطة بإنتاج الأغذية أو الزيوت. يمكن إقامة محطات بيولوجية صغيرة قرب الحقول أو المصانع لتحويل هذه المخلفات إلى طاقة محلية أو منتجات كيميائية مفيدة، مما يقلل النقل ويضيف قيمة محلية.

في الوطن العربي، تمتلك دول مثل السعودية ومصر والمغرب والإمارات فرصًا هائلة لتطبيق هذه التقنيات، بفضل وفرة النفايات الزراعية والغذائية. فكل عام، تنتج المنطقة ملايين الأطنان من بقايا المحاصيل يمكن أن تُحوّل إلى طاقة أو مواد كيميائية. كما أن المناخ الجاف يتيح بيئة مثالية لتجريب المفاعلات الحيوية ذات الكفاءة العالية في استهلاك المياه والطاقة.

ولتحقيق ذلك، تحتاج المنطقة إلى إنشاء حاضنات للبحث التطبيقي تربط الجامعات بالقطاع الصناعي، وتدعم الشركات الناشئة في مجال الابتكار الأخضر. مثل هذه المبادرات قد تحول النفايات من أزمة إلى ثروة، وتضع العالم العربي في قلب التحول الصناعي المستدام عالميًا.

المصادر

1- Industrial Biotechnology: Transforming Waste into Valuable Bio-Based Products -https://journalspub.com/wp-content/uploads/2024/12/46-50.pdf

2- Application of Industrial-Biotechnology-Transforming-Waste-into.pdf

3- Waste Biomass for the Production of Biofuels and Catalysts: A Review https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-023-02728-4

4- Critical review of biochemical pathways to transformation of waste using agricultural waste /https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852423001050

5- Technology projection in biofuel production /https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124002582

تواصل مع الكاتب: drsamirabdulhamid@gmail.com