# الكيمياء الخضراء ودورها في الحد من التلوث قبل حدوثه

■ أ. نزهة مختار العلوص* ■ أ. عبد الحميد العزومي*

● تاريخ استلام البحث 2026/03/27م ● تاريخ قبول البحث 2025/05/02م

■ **المستخلص:**

تناولت هذه الدراسة مراجعة نظرية لمفهوم الكيمياء الخضراء وأهميتها في الحد من التلوث. حيث استعرض البحث دور الكيمياء الخضراء في تقليل تلوث الهواء والتربة والمياه، وتطبيقاتها الحيوية في الصناعات الغذائية والدوائية عبر استخدام مواد صديقة للبيئة. كما ركزت الدراسة على رفع الوعي المجتمعي بأهمية البيئة الصحية وكيفية الوصول إليها، لما لذلك من انعكاسات مباشرة على صحة الإنسان وسلامة النظم البيئية بشكل عام.

● **الكلمات المفتاحية:** الكيمياء الخضراء، التلوث، الصحة، البيئة، أنواع التلوث.

■ **Abstract:**

In this study, we conducted a theoretical review of green chemistry and its significance in reducing pollution. The paper discusses the role of green chemistry in mitigating air, soil, and water pollution, as well as its importance in the food and pharmaceutical industries through the use of eco-friendly materials. Furthermore, it emphasizes raising community awareness regarding a healthy environment and the means to achieve it, highlighting the overall benefits to human health.

● **Keywords:** Green Chemistry, Pollution, Health, Environment, Types of Pollution.

* أستاذ مساعد بالقسم العام - كلية طرابلس للعلوم والتقنيات الطبية E-maiI: nozhamoktar26@gmail.com

** أستاذ مساعد بالقسم العام - كلية طرابلس للعلوم والتقنيات الطبية E-maiI:hamidch769@gmail.com

**■ مقدمة**

تُعد الكيمياء الخضراء فرعاً حديثاً من فروع علم الكيمياء، يهدف إلى خفض الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائي إلى أدنى حد ممكن. كما تسعى إلى ابتكار مواد كيميائية جديدة صديقة للبيئة، وتطوير بدائل للمواد التي تسبب عمليات إنتاجها آثاراً سلبية، أو تلك المستخلصة من الأنواع الحية المهددة بالانقراض (مثل الزيوت الكبدية المستخرجة من الحيتان وقروش البحر)، مما يسهم في حماية التنوع البيولوجي.

بدأ تطبيق الكيمياء الخضراء فعلياً في الولايات المتحدة عام 1990م عقب توقيع «قانون منع التلوث»، الذي استهدف حماية البيئة عبر خفض الانبعاثات الضارة من المصدر. وبموجب هذا القانون، قدمت الحكومة منحاً لتطوير منتجات كيميائية من خلال المعاهد والجامعات لتقليل مخاطر المواد الكيميائية التقليدية، ووضع بدائل ومعادلات كيميائية تمنع التلوث قبل وقوعه.

إن التلوث هو إدخال ملوثات تسبب تغيراً سلبياً في البيئة الطبيعية، سواء كانت مادية (صلبة، سائلة، غازية) أو طاقية (إشعاع، حرارة، ضوضاء). وتعمل الكيمياء الخضراء على جعل الكيمياء علماً متكاملاً يمنع تكون هذه الملوثات في المقام الأول، خاصة في الصناعات الثقيلة كالبترول والبلاستيك والصناعات الدوائية.

● **أنواع التلوث**:

1. التلوث الهوائي.
2. التلوث المائي.
3. تلوث التربة.
4. التلوث الضوئي.
5. التلوث البلاستيكي.
6. التلوث الإشعاعي.
7. التلوث الحراري.

■ **مشكلة الدراسة**

تكمن المشكلة في تزايد الملوثات الناتجة عن الصناعات والعمليات الكيميائية التقليدية، والتي تُعد من أبرز التحديات البيئية التي تواجه البشرية. تهدف الدراسة إلى إبراز دور الكيمياء الخضراء كمنهج استباقي للتغلب على التلوث قبل حدوثه وتفادي أضراره الجسيمة.

● **أهمية الحلول الخضراء**

تُقدم الكيمياء الخضراء حلولاً جوهرية لتحسين العمليات الصناعية وتقليل استخدام المواد الضارة، وتعزيز الاعتماد على «المواد الخضراء». ومن خلال تبني هذه الحلول، يمكن للمجتمعات والبلديات تحسين جودة الهواء والمياه والتربة، والحفاظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

● **أضرار التلوث على صحة البشر**

يتسبب التلوث في مخاطر صحية وخيمة، منها:

- أمراض الجهاز التنفسي: الربو، النزلات الشعبية، تليف الرئة، وسرطان الرئة.
- تدمير الجهاز العصبي واضطرابات النخاع الشوكي، مما يؤدي للإصابة بالسرطانات.
- أمراض الكبد والجهاز الهضمي: التليف الكبدي، دوالي المريء، وارتفاع حموضة المعدة.
- أضرار الأجنة: التخلف العقلي لدى الأطفال، نقص أوزان الأجنة، التشوهات، وحالات الإجهاض.

**دور الكيمياء الخضراء في الحد من التلوث ومخاطره**

**أولاً: تقليل التلوث الهوائي**: ساهمت الكيمياء في تطوير تقنيات مثل «المحولات الحفازة» للمركبات، والتي تحول الغازات السامة (مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين) إلى مواد أقل ضرراً. كما أدت إلى ابتكار أنواع وقود بديلة كالوقود الحيوي والهيدروجين.

**ثانياً: إدارة النفايات وإعادة التدوير**: تركز التقنيات الخضراء على إعادة تدوير المواد القابلة للتحلل بدلاً من إلقائها في المكبات، مما يقلل من الأمراض الناتجة عن تراكم النفايات الصناعية.

**ثالثاً: استخدام المواد الحيوية والنظيفة**: تحث الكيمياء الخضراء على استخدام مواد مستخلصة من موارد طبيعية متجددة في تصنيع المنتجات الاستهلاكية (مثل الأدوات المنزلية)، وتطبيق «التقنيات النظيفة» التي تستهلك طاقة ومياهاً أقل، مما يحد من تلوث الصناعات الصيدلانية والبتروكيميائية.

- **المبادئ الاثنا عشر للكيمياء الخضراء**

1. **الوقاية**: منع تكوين المخلفات أفضل من معالجتها.
2. **اقتصاد الذرات**: تصميم طرق تحضير تدمج معظم المتفاعلات في المنتج النهائي.
3. **تخليق كيميائي أقل خطورة**: استخدام مواد ذات سمية منخفضة أو معدومة.
4. **تصميم مواد كيميائية آمنة**: الحفاظ على الكفاءة الوظيفية مع تقليل السمية.
5. **مذيبات ومواد مساعدة آمنة**: التقليل من استخدام المذيبات، واختيار غير الخطرة منها عند الضرورة.
6. **التصميم من أجل كفاءة الطاقة**: إجراء التفاعلات في درجة الحرارة والضغط المعتادين لتوفير الطاقة.
7. **استخدام مواد خام متجددة**: الاعتماد على المصادر المتجددة بدلاً من المستنزفة.
8. **التقليل من المشتقات**: تجنب الخطوات الكيميائية غير الضرورية.
9. **الحفز**: استخدام العوامل الحفازة (المتخصصة) أفضل من النسب المتكافئة.
10. **التصميم من أجل التحلل**: تصميم منتجات تتحلل بعد أداء وظيفتها ولا تترسب في البيئة.
11. **التحليل في الوقت الحقيقي لمنع التلوث**: مراقبة التفاعل لحظياً للسيطرة على المواد الخطرة قبل تكونها.

12. **كيمياء آمنة بطبيعتها لمنع الحوادث**: اختيار مواد تقلل احتمالات الانفجارات والحرائق.

■ **الاستنتاجات**

1. تعمل الكيمياء الخضراء على خفض تلوث الهواء والتربة والماء عبر السيطرة على النفايات وإعادة تدويرها.

2. يسهم استخدام المواد الصديقة للبيئة في الصناعات الغذائية والطبية في المحافظة على الصحة العامة.

3. تساعد الكيمياء الخضراء في خلق بيئة صحية متوازنة تحد من مخاطر التلوث الشاملة.

**التوصيات**

1. ضرورة التوعية بعلم الكيمياء الخضراء وأهميته في بناء بيئة صحية مستدامة.

2. اتباع الإرشادات والمعايير الصحية للحد من التلوث بكافة أشكاله.

● **الخلاصة**

تناول هذا البحث التعريف بالكيمياء الخضراء وأهميتها الاستباقية في منع التلوث. تم استعراض أنواع التلوث ومخاطره على الإنسان والحيوان والنبات، مع توضيح كيفية تطبيق المبادئ الخضراء لتفادي ظواهر بيئية خطيرة مثل الاحتباس الحراري وثقب الأوزون، وصولاً إلى بيئة صحية أفضل للمجتمع.

■ **المراجع**

● **المراجع العربية**:

- قانون حماية البيئة الأردني رقم 52 لسنة 2006.
- قانون حماية البيئة لسنة 2017.

● **المراجع باللغة الانجليزية**

- **Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998).** *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.

- **Cravotto, G., & Cintas, P. (2006).** Power ultrasound in organic synthesis: moving cavitational chemistry from academia to innovative and large-scale applications. *Chemical Society Reviews*, 35(2), 180-196.

- **Graham, K. J., Jones, T. N., Schaller, C. P., & McIntee, E. J. (2014).** Implementing a Student-Designed Green Chemistry Laboratory Project in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(11), 1895–1900. https://doi.org/10.1021/ed5000394

- **Gross, E. M. (2013).** Green Chemistry and Sustainability: An Undergraduate Course for Science and Nonscience Majors. *Journal of Chemical Education*, 90(4), 429–431. https://doi.org/10.1021/ed200756z

- **Günter, T., & Alpat, S. K. (2017).** The Effects of Problem-Based Learning (PBL) on the Academic Achievement of Students Studying 'Electrochemistry'. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 78–98. https://doi.org/10.1039/c6rp00176a

- **Roesky, H. W. (2009).** *Experiments in Green and Sustainable Chemistry*. Wiley-VCH.

- **Schwager, P., Decker, N., & Kaltenegger, I. (2016).** Exploring Green Chemistry, Sustainable Chemistry and innovative business models such as Chemical Leasing in the context of international policy discussions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 1, 18-21. https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2016.07.004

- **Simons, S. (2007).** *Concepts of Chemical Engineering 4 Chemists*. Royal Society of Chemistry Green Chemistry Series, RSC publications.

- **UNEP. (2011).** *Towards Sustainable Chemicals Management: Chemicals and Waste Briefing Note 2*. United Nations Environment Programme.

- **Winterman, N. (2010).** *Chemistry for Sustainable Technologies*. Royal Society of Chemistry Green Chemistry Series, RSC publications.

- **Zhang, Q., & Zhao, X. (2021).** Recent Progress in Green Chemistry: Advanced Materials, Energy Conversion and Storage, and Environmental Remediation. *Advanced Materials*, 33(17), 2007687. https://doi.org/10.1002/adma.202007687