الفصل العاشر

طرق تحول وتكسير الملوثات البيئية

- التفاعلات البيولوجية
- أنواع تفاعلات التكسير البيولوجية
- التفاعلات الكيميائية
- المواد الكيميائية ذات النشاط الضوئى

مقدمة

تنقسم طرق التخلص من الملوثات البيئية إلى نوعين من التفاعلات، وهما: التفاعلات البيولوجيه والتفاعلات الكيميائية (غير بيولوجية).

أولا: التفاعلات البيولوجية Biotic actions

تتم هذه التفاعلات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فى الوسط المائى والبيئات الأرضية، وهى تؤدى إلى تحويل حيوى أو تكسير حيوى للأنواع المختلفة من الملوثات. وتتم هذه التحولات أما بواسطة الميكروبات أو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى، مثل: البكتريا أو الطحالب أو الفطريات.

وسوف نعطي فكرة مبسطة عن تلك الكائنات.

البكتريا Bacteria

هى كائنات حية تحتوى على خلية واحدة، وتوجد فى المياه والتربة والهواء، وتتغذى على أنواع مختلفة من المواد الكيميائية.

الطحالب Algea

هى عبارة عن كائنات حية تحتوى على مادة الكلوروفيل التى تمكنها من صنع غذائها بنفسها بواسطة عملية البناء الضوئى، وفيها تحول المواد غير العضوية إلى مواد عضوية تتغذى عليها وتختزن بداخلها الطاقة. والطحالب توجد فى بيئة المياه العذبة والمالحة وفى التربة والأنظمة البيئية الأخرى.

الفطريات Fungi

هى كائنات أكبر حجما من البكتريا، لا تحتوى على مادة الكلوروفيل وتتميز بأنها تهضم الطعام خارج جسمها (ليس فى معدة) وذلك بواسطة إفراز أحماض تذيب خلايا الطعام ثم بعد إتمام عملية الهضم يتم امتصاص هذا الطعام داخل الجسم. وتتغذى الفطريات على معظم النفايات الموجودة فى التربة وذلك بعد تحليلها.

ومن الواضح أن هذه الكائنات الحية الدقيقة المختلفة تعتمد فى غذائها على المواد الكيميائية الموجودة طبيعيا فى البيئة، بالإضافة إلى المواد الكيميائية الملوثة للبيئة وبذلك تسهم فى التخلص من ملوثات البيئة بطريقة طبيعية.

أنواع تفاعلات التكسير البيولوجية

تنقسم هذه التفاعلات من حيث قدرة الكائن الحى على تفسير أو تحويل المواد الملوثة إلى ثلاثة أنواع، هى:

أ- تكسير بيولوجى أولى

وهى التفاعلات التى يحدث فيها تغيرات بسيطة فى طبيعة المركب الكيميائى.

ب- تكسير بيولوجى مقبول

هى تفاعلات يتم فيها إزالة بعض الخواص غير المرغوبة فى المركب، مثل: خاصية التسمم وبعض الخواص الأخرى.

ج- تكسير بيولوجى نهائى

وهى التفاعلات التى يتم فيها تكسير المركب الكيميائى تماما وتحويله إلى ثانى أكسيد الكربون والماء، وهذه العملية تسمى بالتمعدن Mineralization.

ثانيا: التفاعلات الكيميائية Abiotic Reaction

وهى التفاعلات التى يتم فيها تحويل أو تكسير المواد الملوثة إلى مواد أقل ضررا بدون فعل الميكروبات أو الكائنات الحية الدقيقة.

وتنقسم هذه التفاعلات إلى عدة أنواع، منها:

1- تكسير أو تحويل الملوثات بواسطة تفاعلات الأكسدة أو الاختزال

هذه التفاعلات تتم عن طريق فقد المادة لبعض إلكتروناتها أو اكتسابها أكسجين، ومن المعروف أنه عندما تتأكسد مادة فإن المادة الأخرى تختزل. وهذه المادة التى تم أكسدتها تسمى عامل مختزل والمادة التى قامت بالأكسدة تسمى عامل مؤكسد. وحيث أن هذه التفاعلات تتم فى غياب الكائنات الحية الدقيقة، فإن أكسدة المواد الملوثة تتم بواسطة الأكسجين الذائب فى الماء.

وأوضحت الدراسات أن وجود الأكسجين يؤدى إلى أكسدة الملوثات الكيميائية، مثل: الهيدروكربونات الاليفاتية والاروماتية، والكحولات الالدهيدات والكيتونات والفينولات والمركبات العضوية غير متجانسة الحلقة المحتوية على نيتروجين وكبريت.

ومن ناحية أخرى فإن بعض الملوثات الأخرى، مثل: المركبات الاروماتية المحتوية على النيتروجين ومركبات الازو ومركبات الكويلين وأكاسيد السلفوكسون والملوثات الأروماتية والأليفاتية المحتوية على الكلور يتم تكسيرها بواسطة تفاعلات الاختزال.

ومن الملاحظ أن عملية أكسدة الملوثات فى البيئة طبيعية تتم بواسطة كلا من الأكسجين والعوامل المختزلة الأخرى، مثل: أكاسيد الحديد والمنجنيز وغاز الأوزون وفوق أكسيد الهيدروجين وشق الهيدروكسيد. وقد وجد أن أملاح الحديدوز والمنجنيز من أكثر العوامل المؤكسدة للملوثات العضوية.

وهكذا، نلاحظ أن عملية أكسدة الملوثات من العمليات الهامة التى تساهم فى التخلص من الملوثات فى الغلاف الجوى بواسطة غاز الأكسجين والأوزون، وأيضا فى بيئة المياه بواسطة العوامل المؤكسدة الأخرى. وهنا تكون قيمة الأس الهيدروجينى pH للوسط المائى من العوامل الهامة التى تعتمد عليها هذه التفاعلات.

2- تكسير أو تحويل الملوثات بواسطة تفاعلات التحلل المائى Hydrolysis

تفاعلات التحلل المائى هى التفاعلات التى يتخذ فيها جزئ الماء أو أيون الهيدروكسيد (OH-) مع جزئ المادة الكيميائية، وهذا ما يؤدى إلى تكوين نوع من الروابط الجديدة وتكسير لبعض الروابط الموجودة فى المادة الكيميائية. وبذلك تحدث لها تكسير أو تحول مكونه مادة جديدة تختلف فى خواصها عن المادة الأصلية، وتكون فى أغلب الأحيان غير ضارة أو على الأقل تأثيرها أقل من المادة الأصلية.

ومن أهم العوامل التى تقلل تأثير المواد الملوثة عندما تتحلل بالماء هو تكوين روابط جديدة بين مجموعة الهيدروكسيد (OH-) وبين المركب والتى تؤدى إلى زيادة ذوبانية المركب الجديد فى الماء، وهذا ما يجعله أقل ضررا بصحة الكائنات الحية.

وأثبتت الدراسات أن كلا من مركبات الهيدروكروبنات المحتوية على ذرات الهالوجين ومركبات الابيوكسيد واسترات الفوسفور وكذلك مشتقات الأحماض الكربوكسيلية تتكسر وتتحول بواسطة تفاعلات التحلل المائى، مما يوضح أهمية هذه التفاعلات فى إزالة اثار الملوثات من البيئة.

3- تكسير وانحلال الملوثات الكيميائية بواسطة الضوء Photolysis

تحدث تفاعلات الانحلال الضوئى للمواد الكيميائية التى تمتص الضوء إما بطريقة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة.

فعندما تمتص المادة الطاقة الضوئية تتحول إلى حالة مثارة تؤدى إلى انحلالها إلى جزئيات أصغر من المركب الأصلى.

وقد وجد أن اهتزازات ودورانات جزيئات المادة تزداد عندما تمتص الشعاع الضوئى وتتحول إلى الحالة المثارة التى تؤدى إلى إنحلال المادة إلى جزئيات أصغر من المركب الاصلى.

المواد الكيميائية ذات النشاط الضوئى

الماد الكيميائية التى يحدث لها تغيرا فى الحالة الكترونية ناتج عن امتصاصها لأشعة الضوء، تسمى بالمواد النشطة كيميائيا.

ومن المعروف أن الالكترونات داخل كل مادة تتوزع فى مدارات تعرف بالمدارات الالكترونية، وكل مدار له طاقة معينة. والمادة تتحول إلى الحالة المثارة عندما تمتص الطاقة الضوئية التى تعمل على زيادة طاقة هذه الالكترونات، مما يؤدى إلى سرعة انتقالها إلى مدارات مختلفة. وهذه الانتقالات الالكترونية يمكن أن تؤدى إلى انحلال المادة انحلالا ضوئيا يؤدى إلى حدوث تغير كيميائى ضوئى Photochemical change.

شروط حدوث تغير كيميائى ضوئى للمادة

حيث أن المادة الكيميائية يوجد بها إلكترونات تدور فى مدارات مختلفة ويمكن لها أن تنتقل بين هذه المدارات عندما تمتص أو تفقد طاقة، ويتم انتقال إلكترون بين مدارين إذا كانت طاقته تساوى الفرق فى الطاقة بين هذين المدارين.

لذلك فإن هناك شرطين أساسيين لحدوث التغير الكيميائى الضوئى للمادة عندما تمتص الضوء، وهما:

- أن تكون طاقة الشعاع الضوئى الذى تمتصه المادة مطابقة لفرق الطاقة بين المدارين اللذين تنتقل بينهما الالكترونات.

وقد وجد أن طاقة أشعة الضوء المرئى والأشعة فوق البنفسجية مطابقة لفرق الطاقة بين مدارات الجزيئات، لذلك فإن امتصاص المادة لهذه الأشعة يؤدى إلى تغير كيميائى ضوئى ينتج عنه انحلال هذه المادة إلى جزيئات مختلفة.

- أن تحتوى المادة الكيميائية على مجموعات حاملة للضوء تعرف بالكروموفر Chromophore. والمجموعات الحاملة للضوء (كروموفور) هى مجموعات تساعد المركب على امتصاص الضوء، مثل: مجموعات الكيتون (>C=O)، ومجموعات الازو (-N=N-).

والجدول (9-1) يوضح بعض أنواع المجموعات الحاملة للضوء وأقصى طول موجب يمكن أن تمتصه هذه المجموعات ومعامل الامتصاصية لبعض المجموعات.

جدول (9-1): بعض أنواع المجموعات الحاملة للضوء وأقصى طول موجب يمكن أن تمتصه هذه المجموعات ومعامل الامتصاصية لبعض المجموعات.

المجموعة	الطول الموجى لأقصى امتصاص (نانومتر)	معامل الامتصاصية المولارية
>C=O	295	15
>C=S	460	ضعيف
-N=N-	347	15
	311 270	250 500
C=C-C=O	330	20

والجدول السابق يوضح أن المجموعات المختلفة تمتص أشعة الضوء عند أطوال موجيه (λ) مختلفة.

والأطوال الضوئية المختلفة تكون طاقة الضوء (E) عندها مختلفة. والمعروف أن طاقة الضوء تتناسب طرديا مع تردده (ν) ولا يمكن أن تحدث الكسيرات والتحولات الضوئية للجزئ الممتص للضوء إلا إذا كانت الأشعة الممتصة لها طاقة تكفى لحدوث مثل هذه التحولات.