الباب الثالث

الكيمياء الخضراء

obeikandl.com

obeikandl.com

العلاقة بين الكيمياء والبيئة

بدأت علاقة الإنسان بالبيئة منذ نشأته على الأرض بالخوف من أخطارها وقسوتها وجهله بالتعامل مع أسرارها فأخذ يعمل ويناضل ويكافح من أجل تطويعها لمتطلباته وتأمين حياته ليحمى نفسه من أخطارها ومع تطور حياته بدأ يتعمق فى أسرار الكون ومظاهر البيئة فقامت بينهما علاقة تناغم وتوافق متبادل يستثمر البيئة فتعطيه مقومات الحياة بقدر ما يبذل فيها من جهد ووصل الإنسان إلى عصر العلم والتقنية واهتدى إلى الكثير من أسرار الطبيعة وإلى ما فى البيئة من تفاعلات بين المادة والطاقة وصارت مهمة علمه أن يوظف البيئة فى خدمته ليحقق لنفسه مستوى أفضل وقد أسهمت الكيمياء بالدور الأعظم فى هذه النهضة الحضارية التى شملت شتى مجالات الحياة ثم تحول هذا التناغم بين الإنسان والبيئة إلى عداء مرة أخرى فقد أسرف الإنسان إسرافا شديداً فى استغلال أشياء كثيرة أخلت بهذا التناغم ٠

فقد أسرف فى استغلال الثروات الطبيعية من مصادر الوقود وخامات معدنية وغيرها حتى بدأت مصادرها تشح بن يديه كما أسرف فى النشاط الصناعى فلوث الأنهار والبحار والهواء وأفسد الأرض الزراعية بإسرافه فى استخدام المخصبات والمبيدات ٠

وتباينت الآراء حول من كانت الكيمياء صناعتهم – فرأى بعض الناس أن الكيميائيين هم ملائكة الرحمة الذين قدموا للبشرية بضاعتهم التى وفرت للشعوب سبل الرفاهية التى تأسست عليها حضارتهم فى مختلف مناحى حياتهم حيث يرى البعض أن للكيمياء الفضل الأعظم فى الثورة الطبية التى قدمت لهم العقاقير التى قضت على كثير من الأمراض التى دمرت البشرية لآلاف السنين فامتدت أعمارهم إلى معدلات لم تعرفها البشرية من قبل فقد ارتفع متوسط عمر الفرد من ٤٧ عاما فى سنة ١٩٠٠ إلى ٧٥ عاما فى التسعينات

كما أنتجت الكيمياء المخصبات الزراعية ومحفزات النمو والمبيدات الحشرية فزادت المحاصيل وتنوعت أصنافها لتوفر الغذاء لهذه الزيادة المتسارعة فى عدد السكان كما واكب التطور الكبير فى علم الكيمياء تطوير وازدهار الحياة المادية لبلايين الأفراد من الملبس والمسكن وغيرهما

وفى الجانب الآخر رأى بعض الناس أن الكيميائيين هم شياطين الجن الذين دأبوا على تدمير الإنسان والبيئة فتفاعلاتهم النووية أبادت ملايين البشر ومتفجراتهم (والتى منحوا عليها جائزة نوبل للسلام) وأسلحة الدمار الشامل من أسلحة كيميائية وبيولوجية وغيرها بجانب مخلفات صناعاتهم الكيميائية التى تقضى على الزرع والضرع والتى لوثت الماء

والهواء والتربة وتسببت فى أمراض جديدة لم تعرفها البشرية من قبل هذا إلى جانب الكوارث البيئية العديدة من تغير فى المناخ والاحتباس الحرارى وتدمير طبقة الأوزون ٠

وحتى عهد قريب لم يكن العالم مهتما بتأثير المواد الكيميائية على صحة الإنسان وسلامة البيئة وفى عام ١٩٦٢ ظهر كتاب الربيع الصامت للكاتبة راشيل كارسون الذى تحدثت فيه بإسهاب عن أثر بعض المبيدات الحشرية على بيض طيور متعددة وكيف تسببت مبيدات الـ DDT ومبيدات حشرية أخرى فى تأثيرات قاتلة من خلال تسللها إلى السلسلة الغذائية وكيف أن هذه المبيدات ثابتة كيميائياً ويتطلب تحللها سنوات عديدة

وهنا دق ناقوس الخطر فهبت المجتمعات وطالبت بوضع قواعد منظمة لتصنيع واستخدام هذه المبيدات والحد من استخدامها أو إيجاد بدائل أخرى أقل خطورة على صحة الإنسان وسلامة البيئة وفى عام ١٩٨٦ سجلت الولايات المتحدة قائمة بعدد كبير من الكيماويات السامة التى تطلقها القطاعات الصناعية المختلفة إلا أن هذا العدد هو جزء صغير من بقية الـ ٨٠٠٠٠ نوع من الكيمياويات المستخدمة حالياً فى الصناعة والتى يتزايد عددها يوماً بعد يوم ومن المؤكد أن جزءاً كبيراً منها يحمل سمية معينة ٠

وقد سجل عام ١٩٩٤ فى الولايات المتحدة وحدها انطلاق أكثر من ٢٢٦ بليون رطل لأكثر من ٣٠٠ مادة خطره إلى البيئة ولكى نستوعب مقدار هذه الكمية نذكر أنه عند قراءة صفحة من هذا الكتاب ينطلق طن كامل من المواد الخطرة إلى البيئة وتعتبر الصناعات الكيميائية هى الأكثر إطلاقا للمواد الكيميائية الخطرة عن بقية القطاعات الصناعية الأخرى حيث يخرج من الصناعات الكيميائية أكثر من أربعة أضعاف المخلفات مثل التى تطلقها الصناعة التى تليها وهى صناعة الفلزات ولقد أدت هذه الأضرار إلى عقد العديد من المؤتمرات وكذلك إلى سن العديد من التشريعات والقوانين البيئية للسيطرة على الصناعات الكيميائية بدءاً من اختيار الخامات الأولية وطريقة تداولها إلى طرق التصنيع وكذلك المنتجات النهائية والثانوية بجانب معالجة النفايات أو التخلص منها ٠

وظهرت الحاجة لتطوير فروع جديدة من الكيمياء تكون أقل خطورة على صحة الإنسان والبيئة وقد لاقت هذه الحاجة اهتماماً شديداً وأصبح لهذا الأسلوب الجديد فى التقنيات الكيميائية مسميات كثيرة مثل الكيمياء الخضراء والكيمياء الحميدة أو الغير ضارة بالبيئة والكيمياء النظيفة ، اقتصاد الذرة كذلك عدم الضرر عن طريق التصميم الكيميائى وكل هذه المسميات تعنى اهتمام الكيميائى ليس فقط بخواص الجزئيات المستهدفة أو بتأثير مادة ما لكن الاهتمام بتتبع العواقب المرافقة للعمليات الكيميائية

ولا يستطيع الكيميائى أن يتجاهل التأثير السلبى للمواد الكيميائية لذلك فهو مضطر وقادر على تطوير أساليب جديدة فى الكيمياء تكون أكثر أماناً وأقل ضرراً

الكيمياء الخضراء

العلوم البيئية تتطور مع زيادة المدنية والحضارة واحترام قيمة الانسان وعلو شأنه وتقديره لقيمة العلم ولم لا ؟ فتطورها يزداد مع احتياج الأنسان الشديد لمواجهة خطر الملوثات البيئية المتزايد منذ عهد الثورات الصناعية والتي تؤثر تأثيراً شديداً علي صحته وعلي سلامة غذائه.

عرفت الجامعات المتقدمة علم البيئة والكيمياء البيئية والسمية البيئية والهندسة البيئية وها هي تعرف علم كهذا واعلن علماء الكيمياء أن بوسعهم تصحيح الأوضاع والحفاظ علي البيئة لهم ولأجيال البشرية القادمة ليس هذا فقط بل في طرق ووسائل ذكية يستطيعون أن ينظفوا بيئتهم من الملوثات المتراكمة عبر السنين وأيضاً يستفيدون من الملوثات النباتية أو الحيوانية في صنع مواد مفيدة بدلا من التفكير في التكاليف للتخلص من هذه الفواقد المهملة فما هو هذا العلم المولود حديثا بين العديد من العلوم البيئية الشقية ويهتم هذا العلم في أساسياته بأبتكار طرق جديدة في الصناعة أو المعامل الكيميائية تهتم بريادة كفاءة

الحصول علي النواتج بطرق امنة علي الصحة والبيئة وربما يرجع الفضل في تعريف هذا العلم الوليد والمساهمة في إنتشاره للعالم أنستاس عام ٢٠٠٠ الذي عرفه بأنه ذلك العلم المهتم بالاستفادة المثلي من النواتج الكيميائية في الصناعة وطرق خفض أو تقليل إستعمال وإنتاج المواد الضارة بالصحة وهو نفس التعريف للمنظمة الدولية المتحدة للكيمياء العملية التطبيقية الشهيرة بالأيوبيك عام ٢٠٠١ لهذا العلم بأنه اكتشاف وابتكار وتصميم وتطبيق للنواتج الكميائية وكذلك طرق تقليل أو منع استعمال وتكوين المواد الخطرة ٠

وساهمت العديد من المؤتمرات الحديثة في التعريف بأهمية هذا العلم الحديث حيث اشتركت منظمة الأيوبيك العضوية في ورشة عمل لتعريف مبادئ الكيميائيةء الخضراء في مؤتمر الكيمياء للبيئة الذي عقد في فينيس في سبتمبر ٢٠٠١ في حضور ممثلي المعاهد والمصانع والمجتمعات الكميائية الدولية والمعاهد البيئية ساهم المؤتمر في وجود مواد تعليمية وأدوات ومصادر علمية، ونصائح ضرورية وارشادات، ومساحات تعليمية في خدمة الكيمياء الخضراء ووجود مشاريع تخدم هذا التعليم الجديد٠

ومن هذه الأفكار المتعلقة بهذا العلم والتي حددتها الكثير من اللقاءات والمؤتمرات بعض النقاط مثل تقليل الفاقد من البوادئ الصناعية أو المعملية بقدر الإمكان قبل أن يكون من الصعوبة بمكان التخلص من

الزيادة من المواد المتفاعلة.

واستعمال مواد مشجعة ومحفزة طبيعية كبديل للمواد الكيميائية المعتاد استعمالها ولأن المواد المساعدة والمذيبات سواء في الصناعة أو التفاعلات الكيميائية في غاية الأهمية فقد ابتكر علم الكيمياء الخضراء مواد محفزة غير سامة وامنة لاستبدال المواد التي يصعب التخلص منها ومن أساسيات هذا العلم إستعمال مصادر يمكن إعادة تدويرها وتحسين كفاءة المواد والتركيب الكيميائي لإنتاج منتج بأقل كمية من البوادئ وبكفاءة عالية واستعمال نظم مذيبات حميدة في الصناعة أو المعامل والتي يمكن تدويرها بيئياً أو تفاعلات خالية من أي مذيبات إن أمكن ذلك.

وكما يبدو لنا أن علم الكيمياء الخضراء هو التحدي الذي يواجه الكيميائيين لأنتاج نواتج وطرق وخدمات لتحسين نوعية الحياة والبيئة الطبيعية وسط كم هائل من التنافس الصناعي وهناك مثال لتعاون باهر حدث لشركة دوبونت للدهانات مع شركة فورد لانتاج السيارات أسلوب ابتكرته شركة فورد حيث توفر الشركة الدهانات الكمية التي تحتاجها شركة فورد لأنتاج سياراتها مع نفس العائد المادي أو أكثر من لو أنتجت الدهانات في شركة فورد نفسها لما يتبعه ذلك من فواقد صناعية كبيرة قد تضر علي المدي البعيد علي مثل هذه الشركات الكبيرة في علاقتها بالبيئة النظيفة .

ومن الأمثلة المعملية التي توضح هذا العلم هو الفرق بين اسلوب تقليدي كان متبعا في تخليق مادة الهيدروكوينون من الانيلين باستخدام ثاني أكسيد المنجنيز والحديد فمثل هذه المعادن المستخدمة والتي لها ضرر شديد لايمكن التخلص منها وايضا لايمكن التخلص من الانيلين الزيادة والسلوك المبتكر هو تخليق الهيدروكوينون من مركب الداي هيدروكسي داي فينيل والذي يمكن تحليله وباستخدام الهيدروجين بيروكسيد يتكون الناتج والذي يمكن أن تكون الزيادة منه المادة المتفاعلة مرة أخري، وفي مثال مبتكر اخر استطاع هذا العلم الجديد من اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات المسببة لظاهرة الصوبة الزجاجية والاستفادة منه في إنتاج بعض الايمينات والاسترات المفيدة بعد أن كان يستخدم مادة الفوسجين السام في مثل هذه التفاعلات.

وفي الصناعة أو المعامل يوجد الموضوع الهام في كيفية إختيار المذيبات العضوية لتسهيل التفاعلات العضوية العامة للمذيبات العضوية دوراً هاماً في التفاعلات المعملية ولكن مع تطاير هذه المذيبات وما في ذلك من سميتها العالية تصبح سبباً من أسباب التلوث وأيضاً لاحتمال الانفجار الذي قد يحدث في أي وقت بالمعامل يجعلها بالحق مشكلة صحية وبيئية ونسبة الخطورة العالية قد تأتي أيضاً من تلوث المذيبات بالحق مشكلة صحية وبيئية ونسبة الخطورة العالية قد تأتي أيضاً من تلوث المذيبات مع النواتج أو دواخل التفاعل فالتدريب العام البيئي في

المعامل هو التخلص من التنوع الهائل للفواقد العضوية في مكان واحد حيث يصعب الحصول علي مادة نقية واحدة وسط عدد غير بسيط من المذيبات العضوية

من الأهمية أيضاً أستبدال أو عدم إستعمال المادة السامة حيث يفضل عدم إستعمالها فهناك العديد من المواد المحفزة في التفاعلات مواد معدنية متراكمة صعب التخلص منها كما أن هناك أسلوب تدوير المواد فيمكن تطبيقه في الكيمياء حيث أن فاقد التفاعل يمكن الاستفادة منه كداخل في تفاعل أخر وفصل تجمعات الفواقد مثل تجمع فواقد المذيب هو الزهمية لحفظ الفواقد من تفاعلات مختلفة منفصلة غير مرغوبة حيث يمكن فصل وأعادة استعمال النواتج والاستفادة منها بأقل تكلفة كما أنه يحمي الصرف المعملي من خطورة هذه المذيبات أو الكمياويات المفقودة وكما نعرف فإن أحد الشروط الواجب توافرها في إنشاء المعامل الحديثة هو وجود أماكن مخصصة لصرف مختلف أنواع المذيبات العضوية ومحاولة الاستفادة منها مرة أخري بدلاً من إهدارها

والطرق الخضراء الآمنة هي بالترتيب تقليل الزيادة من المادة المتفاعلة ثم التدوير واعادة الاستعمال ويليها المعاملات الكميائية والتخلص من الفواقد بالطرق التقليدية الفواقد الصناعية والتي لابد أنها تشكل خطورة وتكلفة ففي صناعة الزيوت تشكل الفواقد مايقل عن ١٠ % بينما في الصناعة الثقيلة تشكل مايعادل ١ ـ ٥ % وفي الصناعة

الخفيفة تمثل ٥ ـ ٥٠% في صناعة الأدوية يبلغ الفاقد ٢٥ ـ ٨٠% الولايات المتحدة تنتج وحدها كل عام أكثر من ٢٦٩ مليون طن من الفواقد الخطرة عديمة الفائدة أي مايعادل طنا لكل مواطن! حوالي ثلثلي كل الفواقد الخطرة ينتهي بها الأمر أما بدفنها في التربة أو في البحر وهذا ماقد يؤدي إلي تسرب هذه السموم الي التربة والمياه الجوفية وأيضاً انبعاث ملحوظ للغازات السامة في الهواء أو إلي باطن المحيطات ومن الأمثلة الحديثة لتقليل التكلفة مع الاهتمام البيئي هو ري النباتات بالماء الفاقد والأثاث المصنوع من إعادة التصنيع الحيوي لبعض المواد النباتية المفقودة أو المهملة كذلك استعمال المواد الصديقة للبيئة مثل بعض العبوات التي لايوجد ضرر منها وغير متراكمة في البيئة ومن الممكن أعادة التدوير والأستعمال مرة أخري من مثل هذه المواد الصديقة للبيئة ويبدو أن إعادة التدوير هو نفس ماتنتهجه الطبيعة في تدوير ماء النتح الي الغلاف الجوي في السحب ثم إلي الامطار والانهار والبحيرات ثم للنباتات مرة أخري وهكذا ٠

تقترب الكوارث من الأرض يوماً بعد يوم، وتعلن أرضنا الغضب والعصيان على مستعمريها الذين أفرطوا في أذيتها وأشبعوها بمخلفاتهم، وعندما رأوا ثورتها وكأي نظام يقف مستسلماً أمام ثورة أحراره، وقفت المنظمات العالمية و الجهات المختصة مجبرة لإصلاح ما يمكن إصلاحه محاولةً إبرام معاهدة مع أرضنا الغاضبة٠

وكأي بداية تبدأ المؤتمرات والمشاريع ووضع الخطط وطرق الأبواب العلمية المتاحة لسد الثغور ولرأب الصدع، ومن هنا نشأت العلاقة المتينة بين العلوم التطبيقية والعلوم البيئية لتجمع جهودها في إنقاذ البشرية من سخط الأرض،وكانت إحدى هذه الصلات بين الكيمياء والبيئة في ما يسمى اليوم بالكيمياء الخضراء٠

والكيمياء الخضراء فرع من الكيمياء يهدف إلى الحد من الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائية كافة والتي تؤثر على البيئة بسلبية كبيرة إلى حد ما،كما يسعى هذا العلم إلى إيجاد مواد كيميائية جديدة صديقة للبيئة وأيضاً مواد كيميائية بديلة لمواد كيميائية أخرى تعود عمليات تصنيعها بالضرر على البيئة،والحصول على مواد بديلة للمواد التي يتم الحصول عليها من الكائنات الحية المهددة بالانقراض مثل زيوت الكبد المستخلصة من الحيتان وأسماك القرش كانت انطلاقة هذا العلم وولوجه إلى ساحة التطبيق الفعلي باسمه الخاص وبمبادئه الخاصة عام ١٩٩٠ في الولايات المتحدة الأمريكية بعد توقيع معاهدة منع التلوث،وتسعى الكيمياء الخضراء لجعل علم الكيمياء علماً متكاملاً عن طريق القضاء على الأضرار التي تسببها عمليات التصنيع بأشكالها التي تدخل فيها الكيمياء بشكل صريح الصيدلانية ،الدوائية ،البتروكيماوية،البلاستيكية إلخ)٠

ولا توجد مواد كيميائية غير ضارة بالبيئة ولكن توجد مواد معروفة بأنها أكثر سمية للإنسان وأكثر ضرراً بالبيئة عن مواد أخرى وباستخدام المعلومات الكثيرة المتاحة لنا عن المركبات المتنوعة التى لها تأثير على صحة الإنسان وأثر بيئى يستطيع الكيميائيون أن يختاروا المركبات الملائمة للاستخدام فى عمليات التخليق الصناعى ٠

وتطورت أهداف المنح المقدمة لإنتاج مواد كيمائية تعمل على معادلة المواد الضارة وتقليل التلوث ووضع بدائل للمواد الكيمائية التي تؤدي عمليات استخلاصها لتلويث البئية فالكيمياء الخضراء تسعى لجعل علم الكيمياء علماً متكاملاً عن طريق تقليل ما يسببه التصنيع الكيمائي الهام للصناعات الصيدلانية والدوائية وصناعات البترول والبلاستيك من تلوث وذلك بمنع تكون هذا التلوث في المقام الأول٠

وتعتبرالمنظفات والأصباغ ومواد العناية الشخصية والشامبوهات من أكثر المواد التي ركزت عليها الكيمياء الخضراء ، فهذه المواد التي يصنع عدد كبير منها من مشتقات النفط ، أسهمت في زيادة التلوث على سطح الأرض ، مما استدعى إجراء وتطوير تقنيات تعتمد على تصنيع مواد جديدة من مشتقات طبيعية أما في مجال المنظفات المنزلية التي بدأت في الظهور وبشكل حاد في أعقاب الحرب العالمية الثانية والتي استخدمت في صناعتها المشتقات النفطية ، وتم تطوير منتجات جديدة

وصناعة المنظفات الخالية من المواد النفطية ، إن منتجاتهم قائمة على الدهون الحيوانية والنباتية ، حيث استخدمت كأساس لصناعة الصابون وبقية المنظفات.

ان مثل هذه الأفكار والصناعات الرائدة ، قادت الكثير من الباحثين إلى تطوير الكيمياء الخضراء وابتكار تقنيات جديدة لاستبدال المواد البلاستيكية المعروفة حالياً ، وقد بدأت المحاولات الأولى في أربعينيات القرن الماضي ،لكن نظراً للثورة النفطية التي شهدها النصف الثاني من القرن الماضي ،وزيادة الطلب وبشكل حاد على المواد البلاستيكية واللدائن ، فقد تأخر ظهور ما يعرف باللدائن الطبيعية ، خصوصاً أن البلاستيك التقليدي الذي يدخل في صناعته مشتقات نفطية يمتلك خواص فيزيائية وكيميائية متميزة ، من أهمها الثبات والقوة والمتانة وغيرها الكثير من الخواص التي تجعل عملية استبدال البلاستيك التقليدي بآخر مصنوع من مواد طبيعية أمراً صعباً .

وانتاج أنواع خاصة من هذه اللدائن الطبيعية مكونة من مزيج من بروتينات فول الصويا والألياف الطبيعية ،لإنتاج لدائن طبيعية من نبات القمح وهذه المنتجات الجديدة يتم معالجتها بالأشعة فوق البنفسجية من أجل تقويتها وإكسابها صفة الديمومة التي تتمتع بها المنتجات البلاستيكية التقليدية .

ان ما تسعى إليه الكي مياء الخضراء من إعادة تشكيل عالمنا

وتصنيع منتجات من مواد طبيعية يعتبر خطوة هامة في سبيل كبح جماح التلوث البيئي والعودة تدريجياً نحو الطبيعة ، لكن ينبغي أن يتم ذلك بأقل التكاليف المادية ومراعاة النظام البيئي لحفظ التوازن الحيوي لكوكب الأرض ، إننا بحاجة ماسة إلى أن تسهم الكيمياء الخضراء في دعم عملية التطوير الصناعي والعلمي ، لكن يجب في نفس الوقت مراعاة أن لا يكون ذلك على حساب قوت وغذاء الإنسان بالإضافة إلى أن تخصيص مساحات شاسعة من الأراضي لإنتاج نباتات قابلة لتصنيعها مستقبلاً ضمن تقنيات الكيمياء الخضراء .

يوجد جدل واسع حول طبيعة المواد الخطرة على البيئة نتيجة لإطلاق المركبات الكيميائية المصنعة فى البيئة ، وهناك شك فى المعلومات حول السمية والتأثير البيئى وحتى طرق تحليل المواد الكيميائية وهل ترجع مظاهر الأخطار التى نلاحظها هى مجرد قضاء وقدر وهذه المسائل كلها لم تحل بعد ولذلك سيستمر الجدل حولها لأجيال قادمة لذلك فهناك اختياران منطقيان للمجتمع العلمى أولا : إما أن يسمح لهذا الشك المشار إليه أن يستمر فى شل حركة المحاولات الهادفة للحفاظ على صحة الإنسان وسلامة البيئة والثانى : ويتبناه الفرع الجديد وهو الكيمياء الخضراء وذلك بقبول حقيقة أن إطلاق المواد الكيميائية فى البيئة يسبب زيادات إضافية فى المخاطر على صحة الإنسان والبيئة ويمكن تجنب هذه المخاطر تماماً من خلال استخدام طرق تصنيع تكون

فنيا واقتصاديا قابلة للتطبيق بواسطة المجتمع العلمى الكيميائى وكما هى حقيقة فى الكيمياء الخضراء وكل فروع العلم فإن العالم يستخدم الوضع الحالى للمعرفة فى تقليل مخاطر المواد الكيميائية إلى الحد الأدنى ٠

مبادئ الكيمياء الخضراء:

يتلخص تعريف الكيمياء الخضراء كما جاء فى قسم أبو قراط للكيميائيين بداية لا ضرار وهو المعنى الحقيقى للكيمياء الخضراء الذى لا يُعِّرف الكيمياء الخضراء فقط وإنما يتضمن أيضاً المجال الذى تعمل فيه والمدى الذى ستصل إليه مستقبلاً وقد وضع الرواد الأوائل لهذا العلم اثنا عشر مبدأ يتأسس عليها وتوضح اتجاهاته مستقبلاً ومبادئ الكيمياء الخضراء هى:

١. يفضل منع تكوين المخلفات عن معالجتها أو التخلص منها بعد تكوينها٠

٢. يجب أن تصمم طرق التحضير بحيث تندمج معظم المتفاعلات لتكون المنتج النهائى٠

٣. يجب أن تصمم طرق التصنيع بحيث تكون المواد البادئة للتفاعل والناتجة لها أقل قدر من السمية أو تكون غير خطيرة إطلاقا على صحة الإنسان وسلامة البيئة٠

٤. يجب أن يتميز المنتج الكيميائى بأعلى درجة من الكفاءة الوظيفية وأقل قدر من السمية ٠

٥. يفضل إجراء التفاعلات بدون استخدام مواد إضافية مثل المذيبات أو مواد الفصل وإذا لزم الأمر يجب أن تكون هذه المواد غير خطيرة٠

٦. يجب الأخذ فى الاعتبار احتياج الطاقة نظرا لتكلفتها وتأثيرها البيئى لذا يكون استخدامها فى أضيق الحدود ويفضل تصميم تفاعلات تجرى فى درجة الحرارة المعتادة ٠

٧. يجب أن تكون الخامات التي تحتوي على المواد البادئة ، مواد متجددة بدلا من استنزاف الخامات غير المتجددة٠

٨. يجب ما أمكن تجنب العمليات الكيميائية والفيزيائية غير الضرورية مثل اشتقاق مجموعات بعينها أو إجراء تعديلات مؤقتة فى الجزيئات ٠

٩. يفضل استخدام عوامل حفز متخصصة عن الاكتفاء باستخدام النسب المتكافئة من المتفاعلات ٠

١٠. يجب أن تصمم المنتجات بحيث لا تستقر فى البيئة بعد أداء وظيفتها ويجب أن تكون قابلة للتحلل فى البيئة إلى مواد بسيطة غير ضارة بها٠

١١. يجب تطوير طرق التحليل الكيميائى لتواكب سير التفاعل لحظيا بحيث تراقب وتسيطر على التفاعل قبل تكوين أى مواد خطرة ٠

وإلى شئ من التفصيل:

١ـ منع تكوين المخلفات أفضل من معالجتها بعد تكوينها:

كانت اقتصاديات التصنيع الكيميائى فى الماضى تهتم أساسا بتكلفة الخامات الأولية ونفقات التشغيل للحصول على أكبر قدر من المنتج دون الأخذ فى الاعتبار أى جوانب أخرى تتعلق بصحة الإنسان وسلامة البيئة ولكن ظهر فى العشرين عاما السابقة عامل جوهرى جديد – بعد تعدد الكوارث الصحية والبيئية – يضاف إلى اقتصاديات التصنيع ألا وهو تكلفة معالجة المخلفات والتخلص من النفايات السامة وكلما زادت خطورة هذه المخلفات كلما زادت تكلفة معالجتها وينطبق هذا على المصنع الكبير أو على المعمل الأكاديمى الصغير ولم يبالى رجال الصناعات الكيميائية بمشكلة التخلص من النفايات أو معالجتها وكان منطقهم فى ذلك أن معرفتهم بالمواد الخطرة تمكنهم من التعامل معها وتفادى أخطارها وهو منطق غير واقعى يشبه القول بان معرفة الطبيب لطرق العلاج لا تجعله يتفادى الأمراض وغالبا ما تكلف هذه الأخطار ثمنا أكبر من تكلفة معالجتها٠

والمعيار الذى تستخدم على أساسه مادة كيميائية بعينها هو نوعية المخلفات التى تنتج عنها ومدى ضررها ويتمثل العبء فى التعامل مع هذه المخلفات هو عدم إمكانية معالجتها بطريقة سليمة أو أنها تستلزم طاقة أو تكلفة عالية فى النفقات أو الوقت أو تحتاج إلى تقنية عالية

لفصلها عن المنتج والتخلص منها أو تحويلها إلى صورة غير ضارة وبالرغم من أهمية هذه المعايير بالنسبة للمخلفات إلا أن التقييم الأهم يتركز فى تأثيرها على حياة الإنسان وسلامة البيئة والحقيقة المجردة أن العمليات التى تنتج عنها مخلفات تحتاج لفصل هذه المخلفات ثم معالجتها ثم التخلص منها أما استخدام المواد الخطرة فيحتاج إلى تداول خاص ووسائل حماية واحتياطات دقيقة وبمعنى أشمل يجب تقييم نوع المواد المستخدمة وطريقة التصنيع على أساس نوعية المخلفات فى ضوء الاعتبارات السابقة إلا أنه من الممكن فى بعض الحالات ألا يكون الضرر كبيراً لدرجة تجعلنا نغير العملية تماما ولكننا لا يمكن أن ننكر وجود هذا الضرر ونقدر حدوده ٠

إن العديد من شركات المنتجات الكيميائية فى الدول المتقدمة تنفق على البحث العلمى لتطوير منتجاتها نفس القدر من النفقات على الصحة وسلامة البيئة وهو ما يواجه الادعاء بأن جميع نفقات هذه الشركات تذهب فقط لتحضير مواد خطيرة على البيئة ويختلف الوضع فى الجامعات ومعامل البحث الصغيرة التى تعانى من تكلفة التخلص من النفايات الناتجة من التفاعلات ـ مما يضع قيودا على الإبداع العلمى والحل الوحيد للحد من تكلفة التخلص من النفايات الخطرة فى هذه المعامل هو اتباع تقنيات الكيمياء الخضراء التى تقلل أو تحد من الإنفاق وتوفر آليات مناسبة للتحكم فى الأخطار المصاحبة للتفاعلات الكيميائية٠

٢ - يجب تصميم طرق تحضير تعظم إدماج جميع المتفاعلات لتكوين المنتج النهائى ٠

معظم مراجع القرن العشرين فى الكيمياء العضوية لم تكتب فيها معادلات كيميائية متزنة ونادرا ما يذكر فى هذه المعادلات أو لا يكاد يذكر أطلاقا النواتج الثانوية التى تصاحب الناتج الأساسى وتقيم قيمة التفاعل وكفاءته على أساس مقدار المنتج الذى يحظى بالاهتمام الأكبر بينما تعتبر النواتج الثانوية عديمة القيمة وغالبا ما يتم تجاهلها وإهمالها وفى بعض الأحيان يتكون المنتج الثانوى بكتل وأحجام أكبر من الناتج المطلوب فالحساب الكيميائى يبنى على أساس مولات المتفاعلات مقابل مولات النواتج ، فإذا كان مول المادة المتفاعلة ينتج مولا من المادة الناتجة فإن حصيلة التفاعل ١٠٠ % أو نعتبره تام الكفاءة بالرغم من إنتاج مواد ثانوية بكميات قد تفوق الناتج الأساسى فى معادلة التفاعل ولتجنب ذلك يجب الأخذ بمبدأ النسبة المئوية للناتج ويستخدم حالياً تفاعل وتينج الذى يأخذ بمفهوم الوظيفة ٠

ويستخدم حاليا مفهوم اقتصاد الذرة حيث نقيس الدرجة التى دخلت بها المواد المتفاعلة فى المنتج النهائى فإذا دخلت كل المواد المتفاعلة بالكامل فى المنتج النهائى كانت طريقة التحضير ١٠٠% ذرة اقتصادية٠

٣ -يجب تصميم طرق تحضير لإنتاج مواد عديمة الضرر على صحة الإنسان وسلامة البيئة أو لها أقل قدر ممكن من الضرر والقاعدة الأساسية للكيمياء الخضراء هى إزالة أو التقليل بقدر الإمكان من المواد الخطرة فى كل مجالات تفعيل الكيمياء دون الحاجة لسن قوانين لحماية البيئة ، ويقدم مدخل الكيمياء الخضراء علم الكيمياء كعلم يقدم الحلول وليس كعلم يسبب المشاكل ، كما تقدم الكيمياء الخضراء من خلال المهارة والإبداع التى يتحلى بها الكيميائيون حاليا التقنية الحديثة التى تحافظ على صحة الإنسان وسلامة البيئة وهناك طريقان فقط للحد من أخطار الكيماويات إما بالحد من تركيز المادة الخطرة أو تقليل زمن التعرض لهذه المواد ، ويأخذ الحد من التعرض للكيماويات أشكالا كثيرة منها استخدام الملابس الواقية أو الأقنعة الواقية من الغازات أو تقنيات التحكم والسيطرة فى التفاعلات الخ٠

٤ -الموائع فوق الحرجة أحد البدائل التى تبنتها الكيمياء الخضراء ٠

٥ -تفاعلات بدون مذيبات :الأنظمة التى لا تستخدم المذيبات تتميز بأنها تتفادى الأخطار التى تسببها المذيبات على صحة الإنسان والبيئة وتشارك الكثير من الجهات فى تطوير طرق جديدة لإتمام التفاعلات بدون استخدام المذيبات مثل صهر المواد المتفاعلة للتأكد من الامتزاج التام فى ظروف مثالية للتفاعل بدون مذيب وهناك إبداع آخر فى إجراء التفاعلات بدون مذيب بإجراء التفاعل على سطح صلب مثل أنواع

خاصة من الطمى وكل هذه الطرق تتفادى استخدام المذيبات فى التفاعلات الكيميائية.

٦- إجراء التفاعلات فى الوسط المائى:أثبتت الأنظمة المائية عبر السنين كفاءتها وانتقائيتها وصداقتها للبيئة وبلا جدال يعتبر الماء أكثر المواد أمانا على الأرض وبالتالى فهو أكثر المذيبات أمانا وهناك اعتبار آخر للطرق التى تستخدم الأنظمة المائية كمذيبات من حيث تكلفة عملية فصل النواتج والنواتج الثانوية حيث أننا لا نحتاج للتأكد من خلو المياه من الملوثات بعكس استخدام المذيبات التقليدية وعلى كل حال لابد من فحص جميع الحالات التى تستخدم الماء كمذيب كل على حدة

٧ -استخدام مذيبات غير مقيدة :تعتبر المشكلة الرئيسية فى استخدام المذيبات هى قدرتها على التطاير مما يؤثر سلبا على الإنسان والبيئة وأحد حلول هذه المشكلة يتمثل فى استخدام مذيبات غير مقيدة (غير متطايرة) وهى تأخذ عدة أشكال إلا أنها تؤدى نفس الغرض وهو إذابة المواد بدون استخدام مذيبات متطايرة مما يقى صحة الإنسان ولا يؤثر على البيئة وتتم هذه الطريقة بربط جزيئات المذيب إلى دعامة صلبة أو بناء جزئ المذيب مباشرة على الهيكل البنائى لبوليمر معين وقد تم اكتشاف بوليمرات جديدة لها القدرة على الإذابة وتمثل قدراً أقل من الخطورة .

آليات الكيمياء الخضراء

لقد أصبح من المؤكد تأثر صحة الإنسان والبيئة بالكيماويات وبمراحل تصنيعها المختلفة وأصبحت الكيمياء الخضراء مسئوله عن إيجاد الحلول المناسبة لحل كل مشاكل التصنيع القديمة وذلك بإيجاد الحلول البديلة لكل السلبيات السابقة .

وهناك عدة نقاط أساسية ترتكز عليها الكيمياء الخضراء فى تنفيذ أسلوبها وهى :

المواد البادئة البديلة: تعتمد طريقة التحضير الكيميائى إلى حد كبير على طبيعة ونوع وخواص المواد البادئة للتفاعل واختيار مادة أولية معينة لا يعتمد فقط على كفاءتها الكيميائية بل لابد من الأخذ فى الاعتبار الأبعاد البيئية والصحية عند تداولها بمعنى الأخطار التى تواجه الموردين الذين يجهزون هذه المادة والأخطار التى يمكن أن تواجه العاملين أثناء تداولها والأخطار المحتملة أثناء نقلها كما أن هناك العديد من الأسئلة يجب الإجابة عليها قبل اختيار المادة الأولية هل هى مادة خام لم تعالج من قبل أو هل هى مادة معاد تدويرها ؟ أو هل هى إحدى المنتجات البترولية ؟ أو هل هى من المواد الحيوية ؟

ومن المفيد أن نعرف أن ٩٨ % من جميع المركبات العضوية المنتجة فى الولايات المتحدة مثلا يبدأ تحضيرها من البترول ويستهلك

تحضير هذه المركبات ١٥ % من جملة الطاقة المستخدمة فى الولايات المتحدة وتزداد هذه الكمية من الطاقة حاليا لأن مصانع التكرير تستخدم خامات بترولية أقل جودة من الخامات السابقة ولا يخفى علينا خطورة الاعتماد شبة الكلى على البترول فى معظم الصناعات الكيميائية لأننا نعرف أنه مصدر على وشك النفاذ فى وقت قريب بجانب المخاطر البيئية العديدة التى تصاحب تحضير هذه المركبات من البترول فعملية الأكسدة التى تجرى على المنتجات البترولية لتحضير بعض المركبات العضوية المهمة اعتبرت تاريخيا أكثر العمليات إحداثاً للتلوث من كل عمليات التحضير الأخرى على الإطلاق٠

obeikandl.com

الكواشف البديلة- المذيبات البديلة- تغيير هدف المنتج-عوامل حفز بديلة - طرق التحليل الكيميائى على الرغم من إصدار قانون منع التلوث والذي هدف إلى حمايةالبئيةعن طريق تخفيض الانبعاثات الضارة من المصدرنفسه في الولايات المتحدة الامريكية عام ١٩٩٠ والذي منحت بموجبه الولايات المتحدة منحا الى جامعتها ومعاهدها الى تطوير الكيمياء الخضراء وايجاد البدائل وتم خلال هذه المنح تصنيع كثير من البدائل وقفزت الكيمياء الخضراء قفزات تاريخية من خلال تصنيع اللدائن وباقي المنتجات من مصادر طبيعية اعتمدت على القمح وباقي المنتجات الزراعية الا ان خريطة ومبادئ عمل الكيمياء الخضراء لم يتم وضعها الا في عام ١٩٩٨ وفي جامعة اكسفورد بريطانيا حيث نشرت جامعة اكسفورد في السنة المذكورة كتاب (الكيمياء الخضراء النظرية والممارسة) الذي قام بتاليفه رائدين من رواد الكيمياء الخضراء وهما الاستاذين بول أناستاس وجون وارنر ٠

وقد وضعا في كتابيهما بنوداً اعتبرت هي المبادئ والأسس في مساعدة الكيمائيين على فهم معنى الكيمياء الخضراء وهي :

- يجب أن يتميز المنتج الكيميائى بأعلى درجة من الكفاءة الوظيفية وأقل قدر من السمية

- طرق التحضير يجب ان تتخلص قدر الامكان من المذيبات او مواد الفصل واذا ما استوجب استخدام بعضها يجب ان تكون صديقة للبيئة.

- يجب الأخذ فى الاعتبار احتياج الطاقة نظرا لتكلفتها وتأثيرها البيئى – لذا يكون استخدامها فى أضيق الحدود ويفضل تصميم تفاعلات تجرى فى درجة الحرارة المعتادة.

- المواد المتفاعلة او المواد البادئة للتفاعل يجب ان تكون مواد متجددة بدلا من استنزاف الخامات او الموارد والاستعاضة عنها بمواد نباتية او زراعية متجددة .

- يجب ما أمكن تجنب العمليات الكيميائية والفيزيائية غير الضرورية مثل اشتقاق مجموعات بعينها أو إجراء تعديلات مؤقتة فى الجزيئات.

- يفضل استخدام عوامل حفز متخصصة عن الاكتفاء باستخدام النسب المتكافئة من المتفاعلات.

- خواص المواد الناتجة يجب ان تكون متحللة في البيئة و ان لا تكون مستقرة وثابتة فيزيائيا في الطبيعة وبتعبير اخر قابلة للتحلل البويولوجي.

- يجب تطوير طرق التحليل الكيميائى لتواكب سير التفاعل لحظيا بحيث تراقب وتسيطر على التفاعل قبل تكوين أى مواد خطرة.

- يجب اختيار المواد الكيميائية الآمنة من حيث النوع والتركيب بحيث تقلل بقدر الإمكان احتمال حدوث الحوادث الكيميائية من انطلاق الغازات أو الانفجارات أو الحرائق ٠

الاثر الاقتصادي للكيمياء الخضراء

للوهلة الاولى يظن الفرد أن الكيمياء الخضراء هي أكثر تكلفة فهي تستعيض عن النفط المتوفر وتبحث عن بدائل أخرى قد لا تكون متوفرة بوفرة النفط وهي تبحث عن المعالجات والطرق الفنية والهندسية للتخلص من النفايات والمواد الخطرة والناتجة هذا ناهيك عن البحوث والدراسات التي تصرف والتجارب للوصول إلى الطرق البديلة عن الطرق المستخدمة وما تكلفه تلك الدراسات من تكلفة باهضة وما تصرفه من وقت ٠

ولكن في الحقيقة ان الكيمياء الخضراء تمثل اقتصاداً ناجحاً ومثمراً فقد أصبحت في الآونة الأخيرة تكلفة التخلص من النفايات او ايجاد طرق المعالجة اللازمة للتخلص من الآثار التي تتركها هذه المواد على البيئة ذات تكلفة عالية هذا ناهيك عن ما تسببه المشاكل البيئية من اضرار مادية كبيرة علاوة عن اكبر الاضرار التي تسببه المواد الخطرة والكوارث البيئية الناتجة عن الاستخدام غير الامن لهذه المواد الا وهو

صحة الانسان الذي لا يقدر بثمن لذا فسنحاول القاء نظرة سريعة عن اهم الفوائد الاقتصادية للكيمياء الخضراء:-

١- الحفاظ على الموارد الطبيعية .

٢- التخلص من تكلفة معالجة النفايات .

٣- التقليل من استخدام المواد المساعدة والمذيبات والكواشف.

٤- استغلال المواد البادئة للتفاعل بصورة تامة.

٥- ايجاد نواتج نهائية ذات كفائة عالية.

٦- ايجاد نواتج نهائية غير مستقرة في الطبيعة.

٧- التقليل من حدوث الحوادث الكيميائية او الحرائق من خلال استخدام .مواد امنة و طرق تحضيرامنة

٨- الحفاظ على الطاقة من خلال تقليل صرف الطاقة من خلال ايجاد تفاعلات اقل استخداما اكثر توفيرا للطاقة.

الحفاظ على الموارد الطبيعية :

حيث تسعى الكيمياء الخضراء الى ايجاد البدائل الطبيعية عن استخدام الموارد الطبيعية واستنزافها فمثلا تقدم الكيمياء الخضراء المنتجات

obeikandl.com

الزراعية كالقمح والبطاطا والصويا كمواد اولية بل ايضا تستغل المخلفات الزراعية والحياتية التي تتكون اساسا من مواد lignocellulosicحيث استخدمت كبدائل عن البترول في تصنيع العديد من المنتجات الصناعية مثل الانسجة والنايلون والبوليمرات واللدائن الخ ٠فمثلا لو اخذنا بنظر الاعتبار الاعتماد الكلي على البترول وهو مصدر طبيعي معرض للنفاذ مع الوقت علاوة على المخاطر الكبيرة التي تواجه نقل هذه المادة ومشتقاتها فانه مع مرور الوقت فان الصناعات التي اعتمدت بصورة تامة على النفط دون البحث عن ايجاد مصدر متجدد اخر اصبحت صناعات ذات مستقبل مبهم و خطر (علاوة على الاثار البيئية) لذا اتجهت الكيمياء الخضراء اولا بالتركيز على صناعات المنظفات والشامبوات ومواد العناية بالبشرة والاصباغ لما لهذه المواد من تاثيرات خطيرة على البيئة فتسابقت الشركات الامريكية الى ايجاد البدائل التي تستخدم الدهون والمستخلصات الحيوانية في هذه الصناعات بدلا عن البترول فمثلا صرح مدير شركة أورو الأمريكية لصناعة الأصباغ أن شركته تمكنت من إنتاج مجموعة متميزة من الأصباغ من زيوت طبيعية منذ سنوات وتم إلغاء كافة المواد النفطية التي تدخل في صناعة مثل هذه الأصباغ ، ويوضح أن منتجاتهم الجديدة هي منتجات صديقة للبيئة

التخلص من تكلفة معالجة النفايات

بعد صدور قوانين واتفاقيات التي تحد وتمنع استخدام المواد الخطرة والمضرة بالبيئة اصبح الهم الشاغل للشركات المصنعة هو التخلص من هذه المواد بشتى الوسائل وهكذا اصبحت تكاليف التخلص من النفايات تضاف كعبئ اخر على تكاليف الانتاج وبالتالي تحمل على سعر المنتج مع العلم ان تكاليف التخلص من النفايات باهضة وتحتاج الى اموال ضخمة فمثلا تم تقدير المخلفات التي تم اطلاقها في البيئة عام ١٩٩٢ حسب تقرير وكالة حماية البيئة الامريكية حوالي ٣ بليون رطل من المخلفات فلذا فان في امريكا وحدها يتم انفاق ما يقارب من حوالي ١١٥ بليون دولار سنويا على معالجة النفايات وطرق التحكم بها والمراقبة للمشاكل البيئية ورغم كل هذه الاموال من المؤسف ان نعرف ان وكلات حماية البيئة ومراقبة التلوث محدودة لمتابعة التخلص من جميع النفايات فقد ذكر تقرير **epa** انها رصدت اطلاق حوالي ٣٠٠ مركب كيميائي في حين أن الاسواق التجارية تتداول أكثر من ٧٠٠٠ مركب كيميائي ولذا فان وكالات حجماية البيئة ومراقبة التلوث تركز على المواد التي تمثل أكثر خطراً على صحة الانسان والبيئة وليس جميعها

التقليل من استخدام المواد المساعدة والمذيبات والكواشف

لا شك ان استخدام مواد مساعدة او مذيبات او كواشف يزيد من كلفة التفاعل وبالتالي من زيادة تكلفة سعر المنتج هذا بالاضافة الاخذ بنظر الاعتبار زيادة التكلفة اذا كانت هذه المواد سامة ويجب التخلص منها فتضاف تكلفة التخلص من هذه المواد

استغلال المواد البادئة للتفاعل بصورة تامة

لا شك ان ايجاد طرق تحضير تستغل المواد البادئة بصورة تامة وبنسب ١٠٠ % تكون اكثر جدوى اقتصادية من غيرها بدلا من تضييع قسم من المواد المتفاعلة بسبب عدم دخولها التفاعل او تكوين منتجات عرضية لا فائدة منها ٠

وفي هذا الخصوص لا تستخدم الكيمياء الخضراء توازن المعادلات الكيميائية عن طريق المولات فقط كما هو متداول ومتعارف في التفاعلات الكيميائية بل يستخدم حاليا مفهوم جديد الاوهو اقتصاد الذرة حيث يقيس الدرجة التي دخلت بها المواد المتفاعلة في المنتج النهائي فاذا دخلت كل المواد المتفاعلة في المنتج النهائي كانت طريقة التحضير ١٠٠ % لذا فتعتبر من هذه الناحية تفاعلات اعادة الترتيب وتفاعلات الاضافة هي من اكثر التفاعلات كفائة ويطلق على مثل هذه التفاعلات بأنها تفاعلات ١٠٠ % أقتصاد ذرة ٠

- ايجاد نواتج نهائية ذات كفائة عالية وخواص صحية غير سامة أو ضارة للبيئة.

من خلال دراسة التركيب الجزيئي والخواص الكيميائية والفيزيائية للمجاميع الفعالة للمركبات يمكن تسيير التفاعل وايجاد الطرق الملائمة لتصنيع أفضل المركبات الأكثر فعالية وأقل سمية وتثيراً على البيئة فيمكن التحكم بجعل المركبات النهائية متحللة في الماء او يمكن التخلص من المجاميع الفعالة في تركيب المادة والذي يجعلها سامة

- ايجاد نواتج نهائية غير مستقرة في الطبيعة.
- تكمن احد اكثر الاخطار الناجمة عن التصنيع هو تصنيع مواد كيميائية ذات صفات معينة وثابتة بيئيا فتتركز هذه المواد مع الوقت في داخل انسجة وخلايا جسم الكائن الحي نبات أو حيوان بواسطة الامتصاص أو الأكل ومع مرور الوقت تؤدي الى هلاك وموت الكائن الحي بالتسمم المباشر أو غير المباشر فلذا سعت دائما الكيمياء الخضراء إلى ايجاد مواد ناتجة نهائيا ذات قدرة على التحلل البايولوجي بعد استخدامها .
- التقليل من حدوث الحوادث الكيميائية او الحرائق من خلال استخدام مواد امنة و طرق تحضير آمنة.
- تكلفة من خلال النقاط السابقة .

الكيمياء الخضراء العاملة

تُشكّل صناعة المواد الكيميائية مصدر العديد من المنتجات المفيدة وتشمل المضادات الحيوية وأدوية أخرى، والبلاستيك، البنزين وأنواع الوقود الأخرى، وموادّ كيميائية زراعية كالأسمدة ومبيدات الحشرات الضارة، وأنسجة صناعية كالنايلون، الرايون، والبوليستر رغم أهمية هذه المنتجات فان بعض المواد الكيميائية وعلميات تصنيع هذه السلع تؤذي البيئة وصحة الإنسان فتهدف الكيمياء الخضراء إلى تخفيض مستوى التلوث من خلال منع تكونه في المقام الأول.

وعند تصميم تفاعل كيميائي استناداً إلى مبادئ هذا العلم يدرس الكيميائيون ما هو معروف من المخاطر المحتملة على الصحة أو على البيئة قبل استعمال المادة الكيميائية في توليد تفاعل كيميائي أو في تصنيع هذه المادة كمنتج نهائي أى، يعالجون الخطر الذي تطرحه خصائص مادة ما بحيث يجب أخذها في الاعتبار، سوياً مع غيرها من الخصائص الكيميائية والفيزيائية، ويختارون المواد التي تقلل من هذه المخاطر إلى الحد الأدنى.

لماذا يسعى الكيميائيون لتحقيق أهداف الكيمياء الخضراء ؟ من أهم أسباب وجوب محاولة الكيميائيين لجعل العمل الذى يمارسونه والمواد

التى يستخدمونها غير ضارة بقدر المستطاع على البيئة هو أنهم يستطيعون ذلك بالفعل لانهم يعرفون كيفية تداول وتحويل المركبات الكيميائية والمخاطر الممكن حدوثها وبالتالى يكون لديهم القدرة على تقليل أو إزالة المخاطر لأنفسهم وللمجتمع .

ويعرف طليعة العلماء المجددين فى هذا الفرع الجديد من الكيمياء أن هذه الأهداف يمكن تحقيقها ومن المفترض أنه لا يمكن لأى نشاط أن يكون خاليا تماما من المخاطرة فإن الأهداف التى تم التوصل إليها لآليات الكيمياء الخضراء أدت إلى تقليل المخاطر البيئية والأضرار الصحية باتباع طرق جديدة سواء على مستوى المعامل البحثية أو العمليات الصناعية .

وهناك سبب آخر لتطبيق الكيمياء الخضراء بواسطة المجتمع الكيميائى بشكل مكثف وهو أن هذه الكيمياء مبنية على العلوم الجزيئية الأساسية كطريق لحل مشاكل البيئة ولا تعالج المشاكل بطريقة التضميد أو الترقيع لتقليل المخاطر .

ويمكن التعبير عن المخاطر بواسطة المعادلة الآتية :

المخاطر = دالة (خطورة المواد ، زمن التعرض لها)

والطريقة التقليدية التى اتبعها المجتمع والصناعة من خلال السياسات البيئية هى تقليل المخاطر عن طريق تقليل زمن التعرض للمواد الكيميائية عند تثبيت خطورة المواد وباستخدام البيانات الخاصة بسمية المواد وبمعرفة مدى فاعلية التحكم فى زمن التعرض المستخدمة فإنه يمكن المناورة حتى الوصول بالمخاطرة إلى حد معين وإلى مستوى مقبول . وهذا المستوى المقبول بالضرورة سيكون كيفيا (وليس كميا) حيث أن السؤال هو مقبول لمن ؟

فحين تكون مخاطر الإصابة بالسرطان عند التعرض لمستوى معين من مادة ما هو ١ : ١٠٠٠٠٠٠ والذى حدد بواسطة المجتمع فى القوانين المنظمة للبيئة فإنه بالتأكيد ليس مقبولا أن تكون أنت هذا الواحد فى النسبة ١ : ١٠٠٠٠٠٠ .

وأحد المآخذ الأخرى فى إمكانية التحكم فى زمن التعرض لتقليل المخاطر أن الاستخدام أو انطلاق المركب الكيميائى قد يؤثر على الأفراد الذين لا يستخدمون هذه الوسائل فى التحكم. فمثلا قد يلبس العاملون قفازاً أو نظارة واقية ... الخ وذلك لحماية أنفسهم من التعرض لمستويات عالية لمادة معينة معروف لها تأثير خطر ولكن الوضع يختلف لتعرض الأفراد الآمنين الذين يتواجدون فى اتجاه مجرى النهر أو

الريح الناقلة لهذه المادة الخطرة والذين لا يملكون طرق الحماية من ضوابط التعرض .

ونظرا لعدم التيقن من التأثيرات المزمنة وتأثير التراكم البيولوجى والتأثيرات المتداخلة العالية جدا لعدد كبير جدا من المركبات فى ظل معلوماتنا الحالية فإن استخدام التحكم فى زمن التعرض لتقليل المخاطر على المجتمع هو محل تساؤل الآن .

والسبب الأخير لمحدودية التحكم فى زمن التعرض هو أن هذا التحكم قد لا ينجح فلا يوجد نظام واقى للوجه أو أجهزة تنفس أو نظارات وقفازات أو ملابس واقية لها صفة الكمال وحيث أن هذه المعدات التى تستخدم فى تخفيض زمن التعرض قد تفشل فى أداء مهمتها وبالتالى يتعرض الأفراد المستخدمين لها للحد الأقصى من الخطورة نتيجة التعامل مع هذه المواد الخطرة .

وعلى النقيض فإن تقليل المخاطرة من خلال الكيمياء الخضراء باستخدام الإجراءات المناسبة لا يمكن أن تواجهه احتمالات الفشل فباستخدام التقنيات المتنوعة فإن خطورة المركبات ستقل وبالتالى فإن استخدام المواد غير الضارة لن يكون لها سمية محتملة وبذلك لن تؤثر سلبا على صحة الإنسان أو البيئة .

وفى الكيمياء الخضراء نستبعد مفهوم المستوى المقبول من الخطورة كهدف ويحل محله الهدف الأفضل وهو بيئة نظيفة (غير ضارة)ومن الطبيعى أنه من الناحية الاقتصادية يكون من الأفضل تجنب التكلفة العالية لاستخدام وسائل التحكم فى التعرض للمواد الخطرة وتتميز الكيمياء الخضراء أنه بتناولها لحل تقليل المخاطر تجنى مكاسب اقتصادية وذلك عن طريق تخفيض تكلفة المواد البادئة للإنتاج وتقليل زمن التفاعلات الكيميائية وزيادة نسبة التحول الكيميائى المطلوب والانتقائية العالية وسرعة فصل المركبات وكذا تخفيض الطاقة المستخدمة ويجب أن تذكر أن مزايا الكيمياء الخضراء المذكورة موجهة أساسا إلى تكاليف التشغيل المباشرة .

تصميم كيماويات آمنة ؟

يمكن تصميم كيماويات أكثر آمانا وذلك ببساطة تأتى من خلال معرفتنا بالتركيب الجزيئى للمادة ومن خلال تقدم آليات التحليل والقياس يمكن للكيميائى أن يتعرف على خواصها ، فالمركبات الكيميائية متعددة ومتنوعة الاستخدام فمنها الصبغات والدهانات والمواد اللاصقة والعقاقير الطبية وغيرها ولها خواص مختلفة من حيث اللون والقابلية للشد والارتباط الشبكى أو النشاط ضد الأورام . وقد تمكن العلماء من معرفة الكثير عن العلاقة بين التركيب الكيميائى التأثير البيولوجى فقد

تكون المادة مسببة للسرطان أو تحدث طفرات وراثية أو خلل إنجابى أو تؤدى إلى إعاقة النمو.

إن الهدف من تصميم كيماويات آمنة هو تحقيق الاتزان بين أقصى كفاءة وظيفية وأقل سمية ممكنة ، ولحسن الحظ أن هذه الأهداف سهلة المنال لأن الكيميائيون يتابعون بدأب شديد العلاقة بين التركيب الجزيئى والخواص الكيميائية .

ويرجع هذا التفاؤل فى تحضير كيماويات أكثر آمانا فى وقتنا الحاضر للتقدم الهائل فى فهمنا لطبيعة التسمم الكيمائى . فقد كانت فاعلية أداء المنتج الكيميائى تقاس بمدى تحقيقه للوظيفة التى صمم من أجلها . ولم يكن من السهل معرفة المرحلة التى يحدث عندها السمية بالنسبة للجيل السابق من الكيماويات ولكن الآن تم بالتفصيل فهم الآلية التى تمكن الكيميائيون من تعديل تركيب المادة لمنع أو تقليل حدوث التفاعلات الضارة وبطبيعة الحال يجب ألا يؤثر التفاعل الجديد على وظيفة وأداء المنتج المطلوب ويكون ذلك بفهم العلاقة بين التركيب والوظيفة مما يسهل التحكم فى المجموعات المؤدية إلى تكوين المواد الضارة ويجب أيضا تقليل القابلية الحيوية فإذا كانت المادة المستخدمة ذات تأثير ضار لعضو معين من الجسم (المعدة أو الرئة أو الكبد) فلا يجب أن تصل هذه المادة إلى ذلك العضو وذلك من معرفة خواصه مثل القابلية للذوبان أو

القطبية فيجعلوه صعب الامتصاص خلال الجدر الحيوية للخلايا فى هذا العضو الذى سيتأثر به وبذلك يكون هو العلاج الأمثل.

obeikandl.com