جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ميسان / كلية العلوم
قسم علوم الكيمياء

الكيمياء الخضراء

وتطبيقاتها في مجال الطاقة

بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم / قسم علوم الكيمياء
وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الكيمياء

من قبل الطلبة

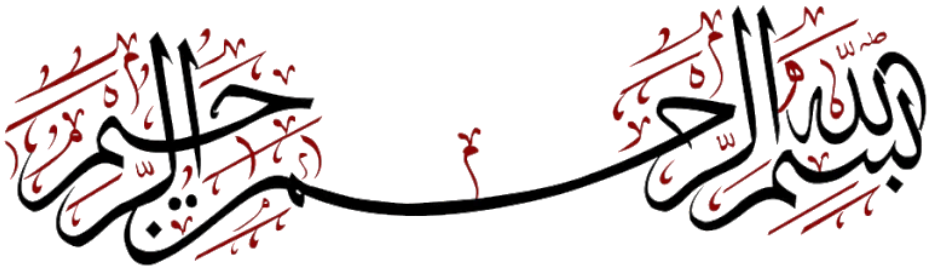
مؤمل كريم لهد رائد جمعة تولي

مؤمل جميل مزبان

بإشراف

أ.م. زيدون جواد كاظم

1446هـ ميسان 2025م



﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ﴾

صدق الله العلي العظيم

(سورة المجادلة :11)

إقـرار المشـــــرف

أقر أن إعداد هذا البحث الموسوم بـ(الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها فـي مجـال الطاقـة) والمقـدم مـن قبـل الطلبـة(مؤمـل كـريم لهـد) و(رائد جمعة تولي) و(مؤمل جميل مزبان) قد جرى تحت إشرافي في كليـة العلـوم – جامعـة ميسـان، وهـو جـزء مـن متطلبـات نيـل درجـة البكالوريوس في علوم الكيمياء...

التوقيع

الأسم: أ.م زيدون جواد كاظم

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: / / 2025م

الإهـــداء...

إلـــى

-من احمل اسمك بكل فخر. . . والدي العزيز،

-ينبوع الصبر والتفاؤل والأم العزيزة،

-إخوتي الأعزاء وسندي في السراء والضراء،

-وكل من أفنى عمره من أجل الدفاع عن تراب الوطن الغالي .

أهدي هذا الجهد المتواضع .

الباحثون

الشكر والامتنان

الحمد لله رب العالمين وصلى الله تعالى على اشرف الخلق أجمعين محمد وآله الطيبين الطاهرين.

وبعد فأننا نشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لنا انجاز هذا العمل بحسن توفيقه فله الحمد أولاً وأخراً.

ونشكر أولائك الصفوة من الناس الذين نهلنا من علومهم ينابيع المعرفة (أساتذتنا الكرام) خلال هذه الفترة وفي مقدمتهم أستاذنا المشرف على البحث

(أ.م. زيدون جواد كاظم)

فلـــه مـــن الله الأجر ومنا التقدير...

الباحثون

فهرست المحتويات

الموضـــــــــــــــــوع	الصفحة
عنوان البحث	أ
الاية القرآنية	ب
اقرار المشرف	ج
الأهداء	د
الشكر والأمتنان	هـ
المحتويات	و-ز
المقدمة	1
الفصل الاول: مبادئ الكيمياء الخضراء	16-2
المقدمة	4-3
(1-1) مبادئ الكيمياء الخضراء	5
(1-2) منع تكوين المخلفات أفضل من معالجتها بعد تكوينها	6
(1-3) تصميم طرق تحضير تعظم إدماج جميع المتفاعلات لتكوين المنتج النهائي	7
(1-4) تصميم طرق تحضير لإنتاج مواد عديمة الضرر على صحة الإنسان وسلامة البيئة أو لها أقل قدر ممكن من الضرر	8
(1-5) ما معنى تصميم كيمياويات آمنة	9
(1-6) الاستخدام العام للمواد المساعدة	9
(1-7) الحذر من المذيبات	10
(1-8) الموائع فوق الحرجة	10
(1-9) استخدام ثاني أكسيد الكربون في الحالة المانعة فوق الحرجة كبديل للمذيبات العضوية	10
(1-10) تفاعلات بدون مذيبات	12
(1-11) إجراء التفاعلات في الوسط المائي	12
(1-12) استخدام مذيبات غير مقيدة	13
(1-13) كيفية استخدام الطاقة	13
(1-15) المواد المتجددة في مقابل المواد المستنزفة	14

الموضـــــــــــــــــــوع	الصفحة
(1-16) البقاء – الاستمرارية:	14
(1-17) استخدام العوامل المساعدة البيولوجية	16-14
الفصل الثاني: تطبيقات الكيمياء الخضراء في مجال الطاقة	24-17
(2-1) الطاقة البديلة	18
(2-2) النقاط الكمومية	20
(2-3) خلايـــــــا الوقـــــــود	20
(2-4) الجزيئية الذاتية التجميع	23-21
الخاتمة	24
المصادر	26-25

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

في ظل التحديات البيئية المتزايدة التي يشهدها العالم في العصر الحديث، برزت الحاجة إلى تطوير ممارسات علمية وصناعية أكثر استدامة وصداقة للبيئة. ومن هذا المنطلق، نشأت الكيمياء الخضراء كمجال علمي يسعى إلى إعادة صياغة المفاهيم التقليدية في الكيمياء، من خلال تصميم عمليات كيميائية ومنتجات تقلل من استخدام المواد الخطرة وتحدّ من النفايات والتلوث. وتُعد الكيمياء الخضراء ركيزة أساسية في تحقيق التنمية المستدامة، إذ لا تقتصر فوائدها على حماية البيئة فحسب، بل تمتد أيضاً إلى الجوانب الاقتصادية والصحية.

ومن أبرز المجالات التي استفادت من مبادئ الكيمياء الخضراء هو مجال الطاقة، لا سيما في ظل السعي العالمي نحو مصادر نظيفة ومتجددة. فقد ساهمت تطبيقات الكيمياء الخضراء في تطوير خلايا الوقود، وتحسين كفاءة إنتاج الهيدروجين، وتصنيع بطاريات أكثر أماناً واستدامة، بالإضافة إلى استخدام المحفزات البيئية في إنتاج الطاقة الحيوية. ويهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على المفهوم العام للكيمياء الخضراء، ومبادئها الأساسية، مع التركيز على تطبيقاتها العملية في مجال الطاقة، ودورها في بناء مستقبل أكثر نظافة واستدامة للطاقة على مستوى العالم.

ومن الله التوفيق والسداد

الباحثون

الفصل الاول

مبادئ الكيمياء الخضراء

الفصل الاول

مبادئ الكيمياء الخضراء

المقدمة...

تدعى الكيمياء الخضراء بالكيمياء المستدامة وهي مجال من علم الكيمياء والهندسة الكيمياوية تهتم بتصميم المنتجات والعمليات بحيث تقلل استخدام وإنتاج المواد الخطيرة في حين أن الكيمياء البيئية تهتم بالآثار الناتجة عن الملوثات الكيميائية على الطبيعة، الكيمياء الخضراء تركز على النهج التكنولوجية لمنع التلوث وتقليل استهلاك المصادر غير المتجددة[1].

الكيمياء الخضراء هي فرع حديث من فروع علم الكيمياء يهدف إلى تقليل الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائي الأخرى إلى أقل مدى ممكن كما يهدف إلى ابتكار مواد كيمياوية جديدة تعود بالخير على البيئة ومواد كيمياوية تعمل كبدائل عن المواد الكيمياوية الأخرى التي تعود عمليات تصنيعها بنتائج سلبية على البنيه أو تعمل كبدائل عن المواد الكيمياوية المستخلصة من الأنواع الحية المهددة بالانقراض مثل الزيوت الكبدية والتي تهدد عمليات استخلاصها او أسماك القرش بانقراض تلك الأنواع بشكل تام خلال عقود قليلة[2].

بدأت ممارسة الكيمياء الخضراء في الولايات المتحدة عام 1990 بعد توقيع قانون منع التلوث والذي هدف إلى حماية البيئة عن طريق تخفيض الانبعاثات الضارة من المصدر نفسه وبموجب القانون قامت حكومة الولايات المتحدة بتقديم منح لتطوير المنتجات الكيميائية من خلال المعاهد والجامعات المختلفة لتقليل مخاطر تلك المواد وتطورت أهداف المنح المقدمة لإنتاج مواد كيميائية تعمل على معادلة المواد الضارة وتقليل التلوث ووضع بدائل للمواد الكيميائية التي تؤدي عمليات استخلاصها لتلويث البيئة، فالكيمياء الخضراء تسعى لجعل علم الكيمياء علما متكاملا عن طريق تقليل ما يسببه التصنيع الكيميائي الهام للصناعات الصيدلانية والدوائية وصناعات البترول والبلاستيك من تلوث وذلك بمنع تكون هذا التلوث في المقام الأول[3].

وقد ظهرت الكيمياء الخضراء من مجموعة متنوعة من الأفكار والجهود البحثية القائمة (مثل اقتصاد الذرة والتحفيز) في الفترة التي سبقت التسعينيات، في سياق الاهتمام المتزايد بمشاكل التلوث الكيميائي واستنفاد الموارد ويرتبط تطور الكيمياء الخضراء في أوروبا والولايات المتحدة بتحول في استراتيجيات حل المشاكل البيئية، الانتقال من تنظيم القيادة والتحكم والحد من الانبعاثات الصناعية في

نهاية الأنبوب نحو الوقاية الفاعلة من التلوث من خلال التصميم المبتكر لتكنولوجيات الإنتاج أنفسهم وقد اعترفت مجموعة المفاهيم الآن بأنها الكيمياء الخضراء التي تم تجميعها في منتصف إلى أواخر التسعينيات، إلى جانب اعتماد أوسع للمصطلح الذي ساد على المصطلحات المتنافسة مثل الكيمياء النظيفة والمستدامة في الولايات المتحدة الأمريكية، لعبت وكالة حماية البيئة الأمريكية (Environmental Protection Agency) دورا مهما في تعزيز الكيمياء الخضراء من خلال برامج الوقاية من التلوث، والتمويل، والتنسيق المهني وفي ذلك الوقت في المملكة المتحدة ساهم باحثون في جامعة يورك في إنشاء شبكة الكيمياء الخضراء ضمن الجمعية الملكية للكيمياء، وإطلاق مجلة الكيمياء الخضراء[4].

من اسس علم الكيمياء الخضراء في كتابها المنشور عام 1998 بعنوان الكيمياء الخضراء النظرية والممارسة وضعت جامعة أكسفورد من خلال أستاذيها بول أناستاس وجون وارنر 12 بندا لمساعدة الكيميائيين على تفعيل مفهوم الكيمياء الخضراء ومن أهم تلك المبادئ :

- ابدأ من نقطة انطلاق آمنة: حدد مواد آمنة يمكن استخدامها لخلق منتج مرغوب فيه.
- استعمال مواد من مصادر متجددة كالمواد المستخلصة من نباتات آمنة بدلا من الاعتماد على إمدادات النفط والغاز الطبيعي.[5]
- استعمال مذيبات آمنة ومحاولة تخفيف نسبة المذيبات السامة في التفاعلات.
- العمل على الاقتصاد في الذرات، محاولة الاعتماد على التفاعلات التي تخرج فيها معظم الذرات التي بدأ التفاعل من خلالها في المادة المراد الوصول إليها لا في المواد الثانوية والمخلفات المهدرة.[6]

(1-1) مبادئ الكيمياء الخضراء:

يتلخص تعريف الكيمياء الخضراء كما جاء في قسم أبو قراط للكيميائيين بداية لا ضرار (First no harm) وهو المعنى الحقيقي للكيمياء الخضراء الذي لا يُعرف الكيمياء الخضراء فقط وإنما يتضمن أيضا المجال الذى تعمل فيه والمدى الذي ستصل إليه مستقبلا وقد وضع الرواد الأوائل لهذا العلم اثنتا عشر مبدأ يتأسس عليها وتوضح اتجاهاته المستقبلية[7].

-مبادئ الكيمياء الخضراء الاثنا عشر:

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

2- يفضل منع تكوين المخلفات عن معالجتها أو التخلص منها بعد تكوينها.

3- يجب أن تصمم طرق التحضير بحيث تندمج معظم المتفاعلات لتكون المنتج النهائي.

4- 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 البيئة.

5- يجب أن يتميز المنتج الكيميائي بأعلى درجة من الكفاءة الوظيفية وأقل قدر من السمية.

6- يجب الأخذ في الاعتبار احتياج الطاقة نظرا لتكلفتها وتأثيرها البيئي - لذا يكون استخدامها في أضيق الحدود ويفضل تصميم تفاعلات تجرى في درجة الحرارة المعتادة.

7- يجب أن تكون الخامات التي تحتوي على المواد البادئة، مواد متجددة بدلا من استنزاف الخامات غير المتجددة.

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

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

10- يجب أن تصمم المنتجات بحيث لا تستقر في البيئة بعد أداء وظيفتها ويجب أن تكون قابلة للتحلل في البيئة إلى مواد بسيطة غير ضارة بها.

11- يجب تطوير طرق التحليل الكيميائي لتواكب سير التفاعل لحظيا بحيث تراقب وتسيطر على التفاعل قبل تكوين أي مواد خطرة.[8]

وسنتناول فيما يلي كل مبدأ من هذه المبادئ بشيء من التفصيل:

(1-2) منع تكوين المخلفات أفضل من معالجتها بعد تكوينها:

كانت اقتصاديات التصنيع الكيميائي في الماضي تهتم أساسا بتكلفة الخامات الأولية ونفقات التشغيل للحصول على أكبر قدر من المنتج دون الأخذ في الاعتبار أي جوانب أخرى تتعلق بصحة الإنسان وسلامة البيئة ولكن ظهر في العشرين عاما السابقة عامل جوهري 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 الأكاديمي الصغير ولم يبالى رجال الصناعات الكيميائية بمشكلة التخلص من النفايات أو معالجتها وكان منطقهم في ذلك أن معرفتهم بالمواد الخطرة تمكنهم من التعامل معها وتفادى أخطارها وهو منطق غير واقعي يشبه القول بان معرفة الطبيب لطرق العلاج لا تجعله يتفادى الأمراض وغالبا ما تكلف هذه الأخطار ثمنا أكبر من تكلفة معالجتها[9].

والمعيار الذي تستخدم على أساسه مادة كيميائية بعينها هو نوعية المخلفات التي تنتج عنها ومدى ضررها ويتمثل العبء في التعامل مع هذه المخلفات هو عدم إمكانية معالجتها بطريقة سليمة أو أنها تستلزم طاقة أو تكلفة عالية في 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 في تأثيرها على حياة الإنسان وسلامة البيئة والحقيقة المجردة أن العمليات التي 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 في ضوء الاعتبارات السابقة إلا أنه من الممكن في بعض الحالات ألا يكون الضرر كبيراً لدرجة تجعلنا نغير العملية تماما ولكننا لا يمكن أن ننكر وجود هذا الضرر ونقدر حدوده[10].

إن العديد من شركات المنتجات الكيميائية في الدول المتقدمة تنفق على البحث العلمي 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 في الجامعات ومعامل البحث الصغيرة التي تعاني من تكلفة التخلص من النفايات الناتجة من التفاعلات مما يضع قيودا على الإبداع

العلمي والحل الوحيد للحد من تكلفة التخلص من النفايات الخطرة في هذه المعامل هو اتباع تقنيات الكيمياء الخضراء التي تقلل او تحد من الانفاق وتوفر آليات مناسبة للتحكم في الأخطار المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.[11]

(1-3) تصميم طرق تحضير تعظم إدماج جميع المتفاعلات لتكوين المنتج النهائي:

معظم مراجع القرن العشرين في الكيمياء العضوية لم تكتب فيها معادلات كيميائية متزنة ونادرا ما يذكر في هذه المعادلات أو لا يكاد يذكر أطلاقا النواتج الثانوية التي تصاحب الناتج الأساسي وتقيم قيمة التفاعل وكفاءته على أساس مقدار المنتج yield الذي يحظى بالاهتمام الأكبر بينما تعتبر النواتج الثانوية عديمة القيمة وغالبا ما يتم تجاهلها وإهمالها وفي بعض الأحيان يتكون المنتج الثانوي بكتل وأحجام أكبر من الناتج المطلوب فالحساب الكيميائي يبنى على أساس مولات المتفاعلات مقابل مولات النواتج، فإذا كان مول المادة المتفاعلة ينتج مولا من المادة الناتجة فإن حصيلة التفاعل 100% أو نعتبره تام الكفاءة بالرغم من إنتاج مواد ثانوية بكميات قد تفوق الناتج الأساسي في معادلة التفاعل ولتجنب ذلك يجب الأخذ بمبدأ النسبة المئوية للناتج ويستخدم حاليا تفاعل وتينج Witting reaction الذي يأخذ بمفهوم الوظيفة.[12]

ويستخدم حاليا مفهوم اقتصاد الذرة Atom economy حيث نقيس الدرجة التي دخلت بها المواد المتفاعلة في المنتج النهائي فإذا دخلت كل المواد المتفاعلة بالكامل في المنتج النهائي كانت طريقة التحضير 100% ذرة اقتصادية ويمكن تقييم بعض التفاعلات المعروفة من وجهة نظر اقتصاديات الذرة كما يلي:-

1- تفاعلات إعادة ترتيب Rearrangement تفاعلات 100% اقتصاد ذرية.
2- تفاعلات الإضافة Addition تفاعلات 100% اقتصاد ذرية.
3- تفاعلات الإحلال Substitution تعتمد على الكواشف والمتفاعلات.
4- تفاعلات الإزالة Elimination أقل التفاعلات في اقتصاد الذرة.[13]

(4-1) تصميم طرق تحضير لإنتاج مواد عديمة الضرر على صحة الإنسان وسلامة البيئة أو لها أقل قدر ممكن من الضرر:

إن القاعدة الأساسية للكيمياء الخضراء هي إزالة أو التقليل بقدر الإمكان من المواد الخطرة في 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 التي يتحلى بها الكيميائيون حاليا التقنية الحديثة التي تحافظ على صحة الإنسان وسلامة البيئة[14].

وهناك طريقان فقط للحد من أخطار الكيمياويات إما بالحد من تركيز المادة الخطرة أو تقليل زمن التعرض لهذه المواد، ويأخذ الحد من التعرض للكيمياويات أشكالا كثيرة منها استخدام الملابس الواقية أو الأقنعة الواقية من الغازات أو تقنيات التحكم والسيطرة في التفاعلات ... الخ.

ومن الخطورة بمكان عدم الاكتراث بأي نوع من الأخطار الكيميائية مهما صغر بحجة أن الكيميائي الخبير يمكنه التعامل مع أي مادة مهما بلغت خطورتها (سامة أو قابلة للاشتعال مثلا) ويستند التقدير الواقعي للمادة الخطرة إلى عاملين أولهما أنه يستحيل عمليا تجنب التعرض لها دون زيادة التكلفة (قيمة الملابس أو الأقنعة .. الخ) وبذلك تضاف كلفة كان يمكن الاستغناء عنها والعامل الثاني هو عامل أخلاقي بمعنى أننا ككيميائيين علينا مسئولية الإبداع في البحث عن مواد ومسارات نظيفة لإنتاج كيمياويات صديقة للبيئة وأكثر أمانا على صحة الإنسان فيجب علينا مواجهة المواد الخطرة من المنظور البيئي والتشريعي والاقتصادي وليس لنا خيار في ذلك فقد تحملت البيئة أضرارا هائلة نتيجة سوء الاستخدام وقصر رؤية بعض العاملين في مجال الكيمياء وفي المجتمع بصفة عامة وأصبح البعض ينظر إلى الكيميائيون كعلماء مبدعين والبعض الآخر ينظر إليهم كملوثين للبيئة وهنا يأتي دور الكيمياء الخضراء التي تقلل إن لم تتفادى المواد الخطرة.[15]

ومن الأمثلة العملية التي نسوقها في استخدام مواد بادئة بديلة يكون لها أقل قدر من السمية وغير خطيرة على البيئة هو تحضير مادة البولي كربونات[15] Polycarbonate وهي بوليمر مقاوم للمذيبات في درجة الحرارة العالية وله استخدامات صناعية عديدة.

الطريقة القديمة: كانت تستخدم الفوسجين (المعروف بسميته الشديدة) كمادة بادئة للتفاعل مع مركب bisphenol A وهيدروكسيد الصوديوم من خلال البلمرة بالتكاثف Condensation Polymerization على السطح الفاصل لمذيبين هما كلوريد الميثيلين والماء.[16]

يجب التصميم كيمياويات تتميز بالكفاءة الوظيفية العالية وبأقل قدر من السمية:

(1-5) ما معنى تصميم كيمياويات آمنة؟

يمكن تصميم كيمياويات أكثر أمانا وذلك ببساطة يأتي من خلال معرفتنا بالتركيب الجزيئي للمادة ومن خلال تقدم آليات التحليل والقياس يمكن للكيميائي 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 الشبكي أو النشاط ضد الأورام وقد تمكن العلماء من معرفة الكثير عن العلاقة بين التركيب الكيميائي التأثير البيولوجي فقد تكون المادة مسببة للسرطان أو تحدث طفرات وراثية أو خلل إنجابي أو تؤدى إلى إعاقة النمو.[17]

إن الهدف من تصميم كيمياويات آمنة هو تحقيق الاتزان بين أقصى كفاءة وظيفية وأقل سمية ممكنة ولحسن الحظ أن هذه الأهداف سهلة المنال لأن الكيميائيون يتابعون بأدب شديد العلاقة بين التركيب الجزيئي والخواص الكيميائية حيث لا يحبذ استخدام المواد المساعدة (المذيبات وكواشف الفصل) بقدر الإمكان أو استخدام مواد غير ضارة.

(1-6) الاستخدام العام للمواد المساعدة :

نستخدم المواد المساعدة في كل خطوات الصناعة والتفاعلات الكيميائية بصفة عامة وهي عبارة عن مواد تساعد في إجراء التفاعلات ولكنها ليست جزءا من المتفاعلات أو النواتج وتستخدم للتغلب على عقبات معينة أثناء التفاعل، ورغم الاستخدام الواسع لهذه المواد إلا أن هناك ندرة في تقييم وجوب استخدامها من عدمه وينطبق ذلك على المذيبات وكواشف الفصل وهي مواد ندفع ثمنها مرتين مرة حين نشتريها كوسط للتفاعل والمرة الثانية عندما نحاول التخلص منها لأنها ذات تأثير ضار على صحة الإنسان وسلامة البيئة.[18]

(1-7) الحذر من المذيبات:

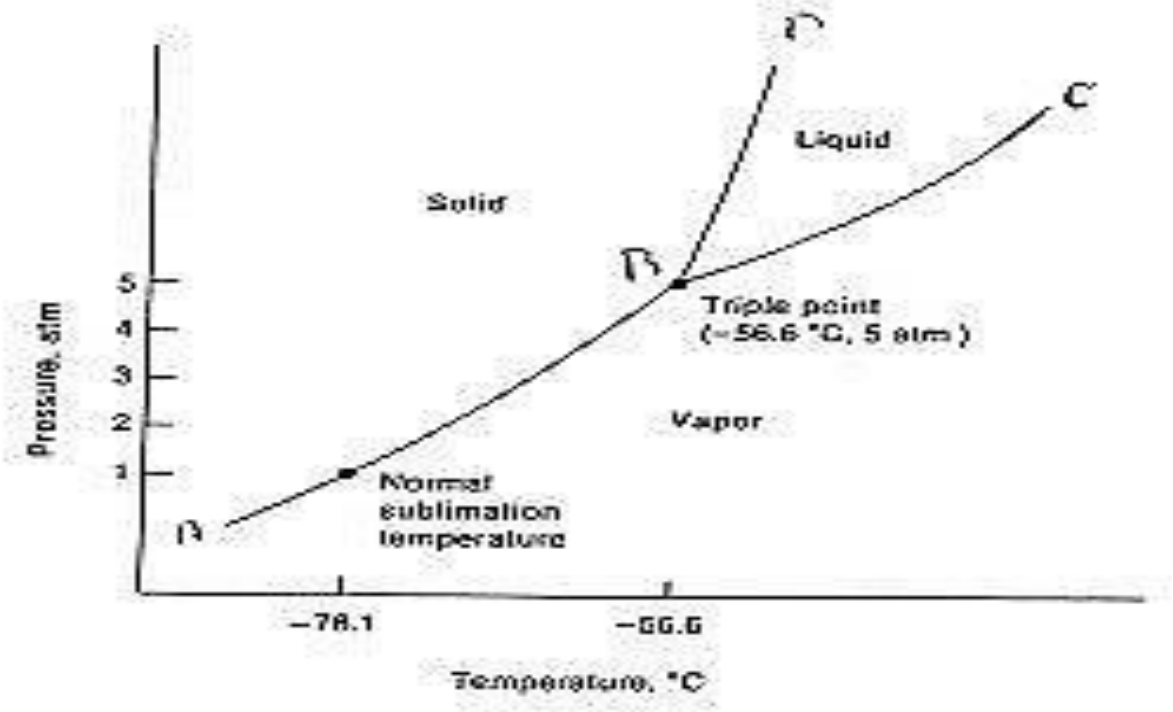
هناك الكثير من المخاوف من المذيبات الشائعة فالمذيبات الهالوجينية مثل كلوريد المثيلين والكلوروفورم وفوق كلوريد الإيثلين ورابع كلوريد الكربون أكتشف أنها مواد مسرطنة منذ فترة طويلة وينطبق ذلك ولكن بدرجة أقل على البنزين والهيدروكربونات العطرية الأخرى وهكذا بالرغم من استعمال المذيبات بشكل واسع فقد ثبت التأثير الضار لمعظمها فينبغي التقليل من استخدامها.

(1-8) الموائع فوق الحرجة :

هي أحد البدائل التي تبنتها الكيمياء الخضراء من أجل تقليل الأخطار التي تحدثنا عنها عند الاستخدام التقليدي للمذيبات والمواد المساعدة، فالموائع الحرجة أو الموائع كثيفة الصنف Dense phase fluids لا تتميز فقط بأنها غير ضارة للإنسان والبيئة ولكنها ذات قدرة أعلى في سهولة الفصل والانتقائية ومن أمثلتها ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.[19]

(1-9) استخدام ثاني أكسيد الكربون في الحالة المانعة فوق الحرجة كبديل للمذيبات العضوية:

يتواجد ثاني أكسيد الكربون في الحالة الغازية في الظروف العادية ويتحول إلى الحالة الصلبة عند الضغوط المرتفعة أكبر من 5 جو ودرجة حرارة أقل من درجة حرارة النقطة الثلاثية (- 65م) وهي نقطة تلاقي المنحنيات الثلاثة (منحنى التسامي AB ومنحنى الانصهار BD ومنحنى التبخير BC (شكل 3).



الشكل رقم (1-1) يوضح المذيبات العضوية.

ولكي نحصل على ثاني أكسيد الكربون في الحالة المائعة أي بين الحالة الصلبة والسائلة نتحكم في درجة الحرارة والضغط بحيث يمثل النظام بأي نقطة على منحنى الانصهار وهو المنحنى الذي يفصل بين الحالة الصلبة والسائلة ونظراً لأن ثاني أكسيد الكربون ليس له سمية وغير قابل للاشتعال، ورخيص السعر لذلك يمكن استخدامه كبديل للمذيبات العضوية فهو يمثل وسيلة قيمة لمنع التلوث كما أن استخدامه يعطى وسيلة لتحسين طريقة تحضير المواد الكيميائية وذلك من خلال تسريع التفاعل وجعل التفاعل أكثر انتقائية.[20]

ومن مزايا استخدام الحالة المائعة لثاني أكسيد الكربون في الظروف الفوق حرجة (SCF) أنه كثافته تشبه كثافة السوائل وقوة تماثل المذيبات ولذلك فهو مذيب جيد كما أن قوة المذيب في حالة (SCF) يمكن ضبطها وذلك من خلال كثافة الوسط (وكذلك الخواص المعتمدة على الكثافة مثل ثابت العزل الكهربائي واللزوجة وغيرها) كما أن تغيير الضغط يؤدى إلى تحكم أكثر وانتقائية أكثر للتفاعلات الذي يتكون بتعريض جزيئات ثاني أكسيد الكربون إلى درجة حرارة وضغط ملائمين للوصول إلى النقطة الحرجة التي تكون فيها المادة في حالة مائعة التي يمكن وصفها بأنها نقطة التقاطع بين الحالة السائلة والحالة الغازية – وعن طريق التحكم في درجة الحرارة والضغط يمكن التحكم في خواص هذا المائع ليصبح مذيبا

مناسبا (متألفا) وبهذا يمكن أن تحل الموائع فوق الحرجة محل العديد من المذيبات وتتفادى أخطارها كما أن (SCF) تشارك كثير من الغازات في مزاياها لأن لها لزوجة أقل واختلاط أكبر وقدرة على الانتشار أعلى واستخدامها يؤدى إلى ظروف أحسن لتسريع التفاعلات وخصوصا للتفاعلات المحكومة بعملية الانتشار أو في حالة استخدام مواد بادئة غازية مثل الهيدروجين أو الأكسجين أو أول أكسيد الكربون كما أن من مزايا استخدام ثاني أكسيد الكربون أنه لا يمكن أكسدته ولذلك فيمكن استخدامه بشكل نموذجي كمذيب في تفاعلات الأكسدة وأخيرا فإنه يمكن تحويل التركيز العالي لثاني أكسيد الكربون إلى رأس مال.[21]

(1-10) تفاعلات بدون مذيبات :

الأنظمة التي لا تستخدم المذيبات تتميز بأنها تتفادى الأخطار التي تسببها المذيبات على صحة الإنسان والبيئة وتشارك الكثير من الجهات في تطوير طرق جديدة لإتمام التفاعلات بدون استخدام المذيبات مثل صهر المواد المتفاعلة للتأكد من الامتزاج التام في ظروف مثالية للتفاعل بدون مذيب وهناك إبداع آخر في إجراء التفاعلات بدون مذيب بإجراء التفاعل على سطح صلب مثل أنواع خاصة من الطمى وكل هذه الطرق تتفادى استخدام المذيبات في التفاعلات الكيميائية.[22]

(1-11) إجراء التفاعلات في الوسط المائي:

أثبتت الأنظمة المائية عبر السنين كفاءتها وانتقائيتها وصداقتها للبيئة وبلا جدال يعتبر الماء أكثر المواد أمانا على الأرض وبالتالي فهو أكثر المذيبات أمانا وهناك اعتبار آخر للطرق التي 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 التي تستخدم الماء كمذيب كل على حدة.[23]

(1-12) استخدام مذيبات غير مقيدة:

تعتبر المشكلة الرئيسية في استخدام المذيبات هي قدرتها على التطاير مما يؤثر سلبا على الإنسان والبيئة وأحد حلول هذه المشكلة يتمثل في استخدام مذيبات غير مقيدة (غير متطايرة) وهي تأخذ عدة أشكال إلا أنها تؤدي نفس الغرض وهو إذابة المواد بدون استخدام مذيبات متطايرة مما يقي صحة الإنسان ولا يؤثر على البيئة وتتم هذه الطريقة بربط جزيئات المذيب إلى دعامة صلبة أو بناء جزئ المذيب مباشرة على الهيكل البنائي لبوليمر معين وقد تم اكتشاف بوليمرات جديدة لها القدرة على الإذابة وتمثل قدراً أقل من الخطورة.[24]

(1-13) كيفية استخدام الطاقة:

في كثير من التفاعلات الكيميائية نحتاج إلى قدر معين من الطاقة عند إذابة الكواشف والمواد المتفاعلة في مذيب معين فنحتاج لاستخدام مكثفات أثناء التسخين للمحافظة على كمية المذيب أثناء التفاعل وغالبا ما تفتقد كثير من التفاعلات تقدير القدر المطلوب من الطاقة التي يحتاجها تفاعل بعينه ويترك تقدير كمية الطاقة المطلوبة من عدمه لرؤية مصمم التجربة حتى يتم التفاعل بالكفاءة المطلوبة.

(1-14) تحسين التفاعل يعني التقليل بقدر الإمكان من احتياج الطاقة:

يحاول الكيميائيون دائما تحسين التفاعلات الكيميائية برمتها وذلك من خلال تعظيم كمية الناتج أو النسبة المئوية للتحول من المواد البادئة إلى النواتج ويسقط دائما من الحسبان احتياجات التفاعل من الطاقة وتترك لتقدير مصمم التجربة وكما سبق أن ذكرنا أنه يجب أن يقلل بقدر الإمكان من الطاقة المستخدمة في كل مرحلة من المراحل.[25]

يجب أن تكون كل الخامات والمواد البادئة للتفاعل متجددة بدلا من المواد القابلة للنفاذ ومراعاة البعد التقني. والاقتصادي.

(1-15) المواد المتجددة في مقابل المواد المستنزفة:

أولى العلماء ورجال الصناعة والبيئة اهتماما كبيرا باستخدام المواد المتجددة بدلا من تلك القابلة للنفاذ ويتمثل الاختلاف بين المصادر المتجددة والقابلة للنفاذ في عامل الوقت، ويقصد بالمصادر القابلة للنفاذ غالبا الوقود الحفري (بترول – فحم حجري) الذي تكون عبر ملايين السنين ويمكن أن نعتبر الوقود الحفري متجددا لو انتظرنا حتى تتحول الكائنات الحية الموجودة حاليا إلى بترول وفحم حجري وهذا يستحيل عمليا وبنفس المنطق يمكن اعتبار الشمس مصدرا غير متجدد للطاقة وقابل للاستنزاف وهذا أيضا مستحيل لأن الشمس ستبقى ملايين السنين وتعتبر مصدر لانهائي للطاقة على العكس من الوقود الحفري الذي لن يتجدد بعد استنزافه والمواد المتجددة غالبا ما ترتبط بالمواد الحيوية وذات الأصل النباتي ويقصد بها تلك المواد التي تتكون باستمرار خلال فترة عمر الإنسان، فثاني أكسيد الكربون يتولد باستمرار وفي كل الأماكن من مصادر بشرية وطبيعية فيمكن اعتباره مادة متجددة وكذلك يمكن اعتبار غاز الميثان مادة متجددة حيث ينتج من مصادر طبيعية متعددة تتضمن الثدييات الكبيرة ونواتج تحلل النباتات مثل أعشاب المستنقعات.[26]

(1-16) البقاء – الاستمرارية:

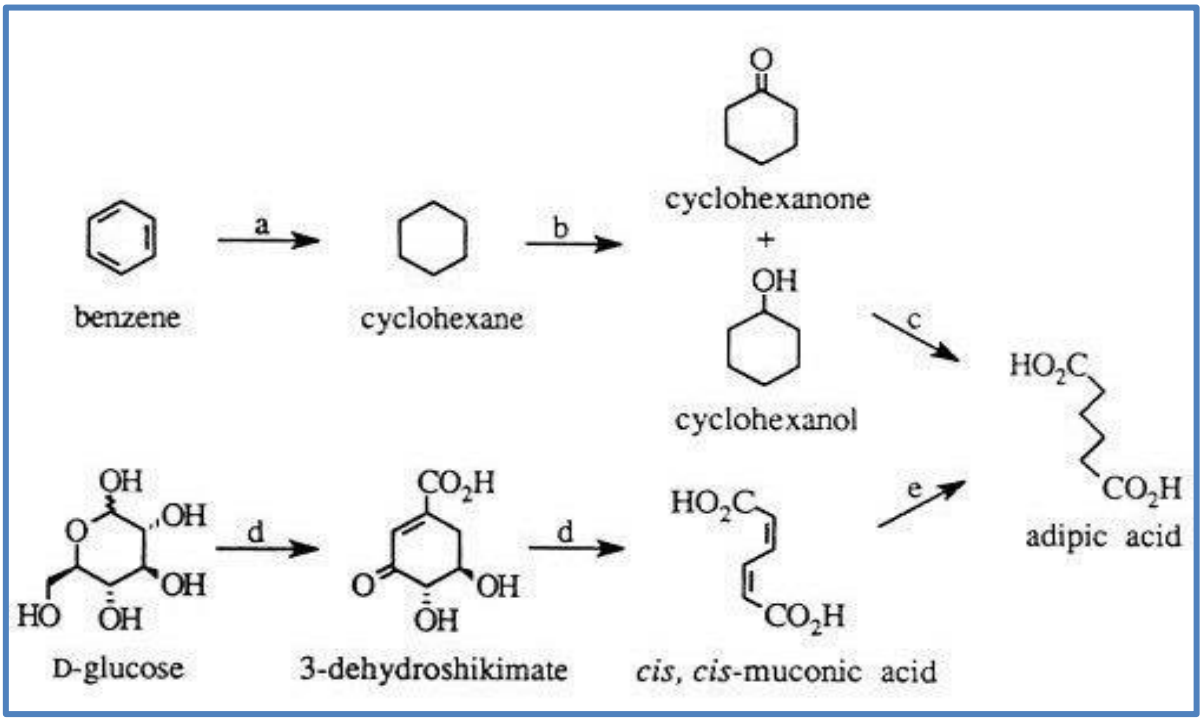
يسود في العالم اليوم قلق من استنزاف المواد غير المتجددة وحتمية نفاذها مما يؤثر على البعدين الاقتصادي والبيئي وأحد تعريفات الاستمرارية هو المحافظة على تطوير نوعية الحياة والمحافظة أيضا على سلامة سلالتنا في نفس الوقت وعلى ذلك إذا استنزف جيلنا الحالي البترول تماما فلن تتحقق الاستمرارية للأجيال القادمة.

(1-17) استخدام العوامل المساعدة البيولوجية :

مثال: استخدام العوامل المساعدة البيولوجية في تحضير حمض الاديبيك Adipic acid من الـ D. glucose جلوكوز ويصنع في الولايات المتحدة وحدها حوالى 4 بليون طن من حمض الاديبك الذي يدخل في صناعات كثيرة فيستخدم في صناعة البولي يوريثان ومواد التشحيم كما يستخدم كإضافات لزيادة التلدين Plasticizer كما يضاف إلى المواد الغذائية لإكسابها قليل من الحمضية أما غالبية الكمية المنتجة من حمض الاديبك تستخدم في صناعة النايلون 6.6- وذلك بإجراء عملية التكثيف والبلمرة لحمض الاديبيك مع هكسان مثيلين داي أمين ومن المعروف الاستخدامات العديدة للنايلون في صناعة

الألياف التي تدخل صناعة الأنسجة والشربات الحريمي والسجاد ومواد التنجيد وإطارات السيارات وغيرها من الصناعات.

والطريقة التقليدية لصناعة حمض الاديبك تبدأ من البنزين الناتج من البتروكيمياويات وقد سجل البنزين كمادة مسرطنة بجانب أن هذه الطريقة يصاحبها انبعاث غاز اكسيد النيتروز والذي يلعب دورا كبيرا في تدمير طبقة الأوزون أي أن هذه الطريقة تسبب الضرر لصحة الإنسان وسلامة البيئة ويبين الشكل التالي تحضير حمض الاديبيك بالطريقة التقليدية وبطريقة استخدام العوامل المساعدة البيولوجية.(10)[27]



الخطوة (a) تمثل عملية هدرجة البنزين للحصول على السيكلوهكسان وذلك باستخدام عامل مساعد هو Ni–Al2O3 والخطوة (b) تمثل أكسدة السيكلو هكسان في وجود عامل مساعد (الكوبلت) وفي وجود الأكسجين (O2). والخطوة الثالثة (C) تتم في وجود النحاس (Cu) وNH4VO3 وفي 60% حمض نتريك وهذا التفاعل ينتج عنه مواد جانبية مثل أكسيد النتروز نتيجة تأثير حمض النيتريك في أكسدة السيكلوهكسان والسيكلوهكسانول وتنطلق غازات أكسيد النيتروز إلى الهواء مباشرة ونظرا للكميات الضخمة التي يتم تحضيرها من حمض الاديبيك بهذه الطريقة فإن هذه العملية تتسبب في زيادة غاز أكسيد النيتروز في الهواء بمقدار 10% كل عام وهذا الغاز هو أحد العوامل المسببة لثقب الأوزون كما

أنه يتسبب في رفع درجة حرارة طبقة الغلاف الجوي القريبة من الأرض وهذه الظاهرة المعروفة بتأثير البيت الأخضر وبالرغم من أن شركة Dupont المنتجة لهذا الحمض (الاديبيك) تطور الآن تقنية جديدة لاستبعاد أكسيد النيتروز من الغازات المنطلقة في الهواء وبالرغم التكلفة العالية لهذه العملية فإن المنع التام لانطلاقه لم يتم بعد.

واضح أن هذه الطريقة في تحضير حمض الاديبيك تمثل خطورة على البيئة وصحة الإنسان للأسباب الآتية [28]:

- استخدام كمية كبيرة من البنزين وهي مادة مسببة لمرض السرطان للإنسان.
- المادة البادئة وهي البنزين هي ناتج من تقطير البترول وهي مادة خام غير متجددة.
- انطلاق غازات ملوثة للبيئة مثل أكسيد النيتروز والتي تسبب كوارث بيئة مثل رفع درجة حرارة الغلاف الجوي وتأثيرها الضار على طبقة الأوزون.
- التكلفة العالية لمنع انطلاق غاز أكسيد النيتروز إلى الهواء.
- استخدام ظروف مكلفة لهذا التفاعل (درجات حرارة عالية وضغط عالي).

أما علماء الكيمياء الخضراء فيقترحون طريقة جديدة والتي تتحاشى كل العيوب السابق ذكرها، فالمواد البادئة هي D-glucose وهي مادة ليس لها سمية تستخلص من النشادر أو السيليلوز والمزيد من المواد الخام اللازمة للحصول عليهم يتم تجدده موسميا مع كل زراعة لقصب السكر.

ويستخدم في الخطوة (d) عامل مساعد بيولوجي لتحويل glucose إلى Cis muconic acid- ثم تتم في الخطوة (e) عملية هدرجة الحامض الأخير متحولا إلى حمض الاديبيك ويتميز استخدام العامل المساعد البيولوجي بوفرة الناتج مما يمثل قيمة اقتصادية عالية.

الفصل الثانـي

تطبيقات الكيمياء الخضراء في مجال الطاقة

الفصل الثاني

تطبيقات الكيمياء الخضراء في مجال الطاقة

(2-1) الطاقة البديلة:

وفقاً لتحليل حديث فإن تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي واحدة من الموارد القليلة المتجددة وذات الكربون المنخفض مع كل من قابلية التوسع والنضج التكنولوجي لتلبية الطلب العالمي المتنامي على الكهرباء 49 وقد تزايد استخدام الخلايا الشمسية الكهروضوئية بمعدل 43% سنوياً منذ عام 2000 وفي السنوات الأخيرة كان خبراء الطاقة النظيفة متحمسين جداً لظهور اثنين من تقنيات الطاقة الشمسية الجديدة التي تعتمد على الكيمياء والخلايا الشمسية perovskite والنقاط الكمومية.

مقارنة الخلايا الشمسية البيروفسكايتية بشكل جيد مع معظم التقنيات الضوئية القديمة لأنها تقدم مخرجات طاقة جيدة من مواد منخفضة التكلفة بسيطة نسبيا لمعالجتها في أجهزة العمل 51،50 إن تسمية بيروفسكايت هي إشارة إلى معدن مكتشف منذ زمن طويل يتألف أساسا من تيتانات الكالسيوم (CaTiO3) يستخدم العلماء هذا المصطلح بشكل فضفاض اليوم للإشارة إلى فئة كبيرة من المواد التي تظهر مثل CaTio3، تكافؤا متغايرا لـ ABX3 وتعتمد بنية البلورات بيروفسكايت وperovskites التي تحصل على الكثير من الاهتمام في العالم الضوئية هذه الايام هي trihalides عضوي، والأكثر شيوعا هو الذي يدرس(CH3NH3PbI3 هي المجموعة A في ABX3) السبب الرئيسي للإثارة هو معدل التحسن الحاد الأخير في أداء Perovskite الخلايا الشمسية.

في غضون بضع سنوات قفزت كفاءة التحويل من الخلايا perovskite من مجرد نسبة قليلة في المئة في نسخة رائدة إلى أكثر من 20% في 2015.50 وهذا هو علامة فارقة استغرق خلايا شمسية أخرى عقود للوصول إلى 53 معظم التقدم المحرز في 2012 و2013، إن التحسن السريع الذي لم يظهر علامات تباطؤ إلى جانب مواد غير مكلفة وطرق إعداد، يدفع بعض الخبراء إلى إعلان أن الخلايا الشمسية perovskite تستعد لكسر النموذج السائد من خلال الجمع بين التكلفة المنخفضة و أداء ممتاز.[29]

يمكن تصميم خلايا بيروفسكايت الشمسية باستخدام تقنيات كيميائية رطبة مشتركة، إن بساطة صنع مكونات الخلايا الشمسية عبر تفاعلات كيميائية في المرحلة السائلة وإيداع المواد بطرق مثل الرش وطلاء السبين قد تجعل من الممكن لمصنعي الخلايا الشمسية أن يحلوا في نهاية الأمر محل الغرف النظيفة وأجهزة التصنيع المتطورة المستخدمة حاليًا في إنتاج الخلايا الكهروضوئية عمليات بسيطة benchtop.52.

تم الكشف عن بعض الملامح الرئيسية للخلايا الشمسية perovskite في دراسة يابانية عام 2009 والتي تضمنت معالجة فيلم TiO2 بمحلول يحتوي على CH3NH31 و Pbl2 وأثار الباحثون عملية تجميع ذاتي طورت الأكسيد بطبقة من البلورات النانوية CH3NH3Pbl3، وهي إحدى مواد البيروفسكايت في مركز الجهود البحثية الحالية، وقامت المجموعة بتشكيل الخلايا الشمسية عن طريق تغطية أفلام أكسيد البيروفسكايت المغلفة جنبا إلى جنب مع محلول الكتروليت عضوي بين توصيل الأقطاب الزجاجية ووجد الباحثون أن خلية الثلاثيدات قد ولدت بسهولة تيارًا كهربائيًا بكفاءة تحويل تبلغ 3.8٪ وبعد عامين أبلغ فريق من كوريا الجنوبية عن استخدام خلية مماثلة مع معلمات محسنة لتحقيق كفاءة تحويل تبلغ 6.5٪ من هناك فريق اكتشفت التحسينات الممكنة عند استخدام مركب حلقة متعدد الأطوار في عائلة spirobifluorene المعروفة باسم spiro–OMETAD لتحقيق كفاءة 9.7٪ أدى استبدال TiO2 مع الألومينا (Al2O3) إلى كفاءة تحويل غير متوقعة بنسبة 10.9٪.

في تتابع سريع طوال عام 2013 ظهرت سلسلة من الأبحاث على عدد من مواقع المجلات الإلكترونية، كل منها يصف تصميم خلية شمسي بيروفسكايت مختلفًا بعض الشيء وكلاهما يقدم تحسينات كفاءة في إعداد التقارير حيث يؤكد المختبر الوطني للطاقة المتجددة الذي يعتبر دوليا كمدقق رسمي لأداء الخلايا الشمسية، أداء كل نسخة محسنة في آذار / مارس 2015 نشر باحثون من المملكة المتحدة معلومات حول طريقة جديدة لدرجة الحرارة المنخفضة لصنع الخلايا الشمسية perovskite بحيث يمكن استخدامها في أفلام فلطائية ضوئية عالية الكفاءة وملونة يمكن رؤيتها على النوافذ أو لصقها على الجدران، تعهدت شركتان على الأقل بالبدء في إنتاج خلايا البيروفسكايت تجاريا في وقت مبكر مثل شركة أكسفورد للطاقة الشمسية في المملكة المتحدة والشركة الأسترالية ديسول.

(2-2) النقاط الكمومية:

ما أصبح يعرف باسم النقاط الكمومية هو البلورات النانوية لمواد أشباه الموصلات التي تنبعث منها وهجاً ناصعاً بلون نقي عندما تكون متحركة بالضوء أو بالجهد المطبق، إن العديد من خبراء الطاقة البديلة متحمسون للخلايا الشمسية القائمة على النقاط لأن لديهم تحويلا نظريا بنسبة 45٪ وهذا ممكن لأنه عندما يتم امتصاص فوتون واحد بواسطة نقطة كمومية فإنه ينتج أكثر من زوج واحد من الثقب الإلكترون المرتبط أو exciton، وبالتالي يضاعف أرقام كفاءة التحويل العادية المشاهدة في خلايا السيليكون المفرد الوحيد حتى الآن تقترب من تحقيق هذا النوع من الكفاءة لكن المعدلات كانت تتحسن على سبيل المثال في عام 2014 أفادت فرق البحث أن الخلايا الشمسية ذات النقاط الكمومية باستخدام CuInS2 حققت رقماً قياسياً بنسبة 7.04% (مع كفاءة معتمدة بنسبة 6.66٪).

أيضا في عام 2014 أنتج باحثون في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) خلية شمسية من نقطة الكم التي تغير الضوء للكهرباء مع كفاءة التحويل 9.63٪ ويقول فريق معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن التكنولوجيا يمكن أن تنتج باستخدام طريقة إنتاج غير مكلفة أن وعود وفي الآونة الأخيرة ظهرت فئة جديدة من أشباه الموصلات تعتمد على الهيروميد العضوي على شكل بيروفسكيت كمرشح قابل للتطبيق للخلايا الشمسية الكمية النقطة ويمكن لهذه الخلايا أن تستخدم كلوريد ميثيل أمين كلوريد الرصاص (CH3NH3PbI2Cl perovskite) تستخدم الخلايا الشمسية الكمية الأخرى الكادميوم مما يدفع بعض المراقبين إلى التساؤل عما إذا كان من الصحيح استدعاء تطبيقات التكنولوجيا التي تستخدم مثل هذه المعادن نظيفة أو خضراء.

(2-3) خلايـــــــا الوقـــــــود:

في العقد الماضي انخفضت تكلفة خلايا الوقود وارتفعت مجموعة المركبات وقد أتقن المهندسون قدرتها على الأداء في الطقس شديد البرودة والعمل في ظل ظروف صعبة أخرى، أصبحت أول خلية وقود متاحة في الولايات المتحدة هذا عام ولكن الأبحاث التي يقوم بها علماء الكيمياء والمواد تواصل تحسين التكنولوجيا التي تستخدمها الخلايا لإنتاج الكهرباء عن طريق تحويل الهيدروجين والأكسجين إلى ماء.

على سبيل المثال مع مرور الوقت تتسبب عملية خلايا الوقود العادية في أكسدة المواد الكربونية المستخدمة عادة كدعامات محفزة مما يؤدي إلى تدهور المحفز وضعف أداء الجهاز، تمت دراسة النتريدات المعدنية كدعامات بديلة ولكنها لا تتسامح دائما مع الظروف الحمضية المطلوبة لبعض أنواع الوقود، حيث أفاد فريق جامعة كورنيل مؤخراً أن مادة نيتريد الكروم قد تجاوزت هذه المشاكل، استخدم الباحثون الجسيمات النانوية للبلاديوم والفضة المدعومة على شبكة TiO.5CrO.5N عالية الثغرات ووجدوا أنها بمثابة نظام محفز نشط ومستقر في الوسائط الحمضية والقلوية عبر نطاق نموذجي من الفولتية خلية الوقود، أظهرت الاختبارات أن المواد أكثر نشاطًا ودائما من المواد الكربونية القياسية.[30]

ويتعلق بحث مهم آخر بكيفية تخزين وقود الهيدروجين الذي تتطلبه خلايا الوقود، حيث قام فريق بحث من كلية بوسطن مؤخرًا بإنشاء جزيء تخزين H2 لا يتحلل حتى في درجات الحرارة القصوى التي تصل إلى 150 درجة مئوية وقام الباحثون بتوليف مركب جديد وهو cyclohexane BN– BN والذي قد يكون مناسبًا للتطبيقات مثل النسخ الاحتياطي والمولدات التي تخزن الطاقة على المدى الطويل في حالة وقوع كارثة طبيعية.

في تتابع سريع طوال عام 2013 ظهرت سلسلة من الأبحاث على عدد من مواقع المجلات الإلكترونية وكل منها يصف تصميم خلية شمسي بيروفسكايت مختلفا بعض الشيء وكلاهما يقدم تحسينات كفاءة في إعداد التقارير، ويؤكد المختبر الوطني للطاقة المتجددة الذي يعتبر دوليا كمدقق رسمي لأداء الخلايا الشمسية أداء كل نسخة محسنة في آذار / مارس 2015 نشر باحثون من المملكة المتحدة معلومات حول طريقة جديدة لدرجة الحرارة المنخفضة لصنع الخلايا الشمسية perovskite بحيث يمكن استخدامها في أفلام فلطائية ضوئية عالية الكفاءة وملونة يمكن رؤيتها على النوافذ أو لصقها على الجدران، حيث تعهدت شركتان على الأقل بالبدء في إنتاج خلايا البيروفسكايت تجاريا في وقت مبكر مثل شركة أكسفورد للطاقة الشمسية في المملكة المتحدة والشركة الأسترالية ديسول.[31]

(2-4) الجزيئية الذاتية التجميع :

التجميع الذاتي الجزيئي هو عملية تقوم فيها الجزيئات (أو أجزاء من الجزيئات) بتكوين كتل مجمعة بشكل تلقائي دون الحاجة إلى تدخل بشري، التفاعلات المتضمنة عادة ما تكون غير متكافئة والبنى المولدة تكون عادة في حالات التوازن أو على الأقل في الحالات المستقرة حيث إن عملية التجميع

الذاتي الجزيئي موجودة في كل مكان في الكيمياء وعلم المواد وعلم الأحياء، هناك مفهوم جديد في التجميع الذاتي الجزيئي ينطوي على استخدام مواد نباتية حيوية غير مستغلة سابقا وعلى سبيل المثال جليكوليبيد ناتج عن منتجات ثانوية صناعية مثل جوز الكاجو يمكن أن يتجمع السائل القشري ذاتيا لإنتاج مواد نانوية ناعمة بما في ذلك الأنابيب النانوية الدهنية وألياف النانو الملتوية / الحلزونية والمواد الهلامية ذات الوزن الجزيئي المنخفض والبلورات السائلة.

كما يقوم العلماء بتطوير جزيئات تتجمع تلقائياً في نسخ أبسط من المصفوفة خارج الخلية التي تحيط بالعديد من خلايا الجسم لتوفير وسيط نمو للخلايا خاصة في هندسة الأنسجة، تتكون المصفوفة خارج الخلية من شبكة معقدة من الجزيئات الحيوية بما في ذلك البروتينات وجزيئات السكر التي توفر بنية للأنسجة وتسهل التواصل بين الخلايا وترصد المغذيات وقد ركز هذا المجال أساسا على الببتيدات ذات التركيب الذاتي.

وفي دراسة عام 2014 قام باحثون من جامعة براندیز ببناء جزيء مزين بالسكر يتجمع ذاتيا في هيدروجيل يحاكي المصفوفة خارج الخلية. 80 جزيئات على سطح الخلايا الجذعية وغالباً ما تكون السكريات تتفاعل مع هذه المصفوفة بطرق حاسمة الأهمية تمايز الخلايا الجذعية وتطورها ويشجع الهلام الخلايا الجذعية الجنينية على الفأر على النمو، وتتطور الخلايا الملقحة لتصبح كيسة أريمية، مما يوحي بأن الجزيء يمكن أن يساعد في يوم ما في نمو النسيج البشري في المختبر ووفقا للباحثين المكون الرئيسي للهيدروجيل هو glycoconjugate وهو جزيء كربوهيدرات يرتبط تساهميا بجزيئات أخرى يدرسها الباحثون لفهم كيفية تعزيز نمو الخلايا الجذعية وأي البروتينات المعنية.

فريق آخر ضم باحثين من مختبر براندیز نفسه بالإضافة إلى علماء جامعة تافتس قام أيضا بتصميم ببتيد يقوم بتجميع الخلايا السرطانية وإغراقها فقط عند إزالة مجموعة الفوسفات الخاصة بها، الببتيدات الخالية من الفوسفات لها نهاية محبة للماء وذات تأثير مسعور والتي تسمح لهم بالتجميع مثل الدهون في غشاء الخلية إن الشحنة السالبة على مجموعات الفوسفات تخلق تنافرًا كهربائيًا بين الجزيئات وتمنع الببتيد من غمر الخلايا السرطانية ويعتبر مفتاح تبديل الفوسفات هذا رائعاً لاستهداف السرطان لأن بعض أنواع الخلايا السرطانية تعالج الفوسفاتاز القلوي ،وهو إنزيم يشق الفوسفات.

كما يستخدم التجميع الذاتي الجزيئي لمحاولة صنع فيروسات اصطناعية يمكن استخدامها كجسيمات توصيل دوائية ومواد بناء وقد قام فريق بقيادة باحثين في جامعة فاجينينغن بهولندا بإحراز تقدم

نحو هذا الهدف من خلال بروتين معطف فيروسي يتجمع ذاتيا مع الحمض النووي بطريقة تحاكي فيروس فسيفساء التبغ وقد أظهر الباحثون أن هذه الفيروسات شبيهة بالفيروسات يمكن للجسيمات إدخال الخلايا وحماية الحمض النووي من التدهور.

في الاجتماع الوطني ACS لعام 2015 في دنفر أفاد الباحثون بإنشاء مجموعة من وصف metallacages البلاتينوم العضوية و metallacages وصف الكيميائيون في جامعة يوتا كيف من خلال اختيار مجموعات من المجمعات المعدنية الخطية والزاوية ومجموعات الربط العضوية، تمكنوا من بناء جزيئين ثنائيين وثلاثي الأبعاد مع هندسيات رائعة وخصائص متنوعة وقد تثبت هذه الجزيئات أنها قيمة بالنسبة للمستشعرات الكيميائية الضوئية كبنيات لبناء الهلاميات المائية والألياف البوليميرية باعتبارها بيوبوبات لتصور ورصد العمليات الفيزيولوجية وكعلاجات.

وتشمل مناهج الكيمياء الخضراء الأخرى التي تنطوي على التجميع الذاتي نهجا تم تطويره من قبل باحثين من جامعة نوتنغهام في المملكة المتحدة ويشمل ذلك التجميع الذاتي لتصنيع هياكل أحادية الطبقة ثلاثية الأحماض على جرافيت حراري موجه للغاية، تقنية أخرى للتجميع الذاتي تم تطويرها مؤخرًا تسمح للكيميائيين بالبناء الهياكل البوليمرية على مقياس طول الميكرومتر ويمكن استخدام الهياكل الناتجة في نهاية المطاف في تطبيقات الإلكترونيات الجزيئية وتوصيل الأدوية.

الخاتمة

في الختام، تُمثّل الكيمياء الخضراء نقطة تحول جوهرية في مسار العلم الحديث، إذ تهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال تقليل الآثار البيئية للعمليات الكيميائية، وتوفير بدائل صديقة للبيئة في شتى المجالات، وعلى رأسها مجال الطاقة.

فمن خلال تصميم تقنيات تعتمد على مصادر متجددة ونظيفة، كالوقود الحيوي، والخلايا الشمسية، والتحفيز الأخضر، تسهم الكيمياء الخضراء في تقليص الاعتماد على الوقود الأحفوري وتقليل الانبعاثات الضارة. إن استمرار البحث والابتكار في هذا المجال لا يساهم فقط في حماية البيئة، بل يرسم ملامح مستقبلٍ أكثر أمنًا واستدامة للبشرية جمعاء.

ومن الله التوفيق والسداد

المصـــــــادر

1. Anastas, P.; Williamson, T. Green chemistry theory and practice. (1998) Oxford Univ. press.
2. Anastas, P.; Williamson, T. Green chemistry. Designing chemistry for the Environment. Am. Chem. Soc. (1996.
3. Anastas, P.; Farris, C. Benign by Design. Am. Chem. Soc. (1994.(
4. -4Carlson, R. (1962). Silent spring. Houghton Mifflin Co., New York.
5. Browner, C. M. EPA Journal (1993), 19, pp 6-8.
6. Kyosuka Komiya; et al. Am. Chem. Soc. (1996.(
7. Desimone, J. M.; Guan, Z.; Elsbernd, C. S. Science (1992), 257, 945.
8. Noyri, R. J. Mm. Chem. Soc. (1994), 116, 8851.
9. Kraus, G. et. Al. ACS symposium series 517 Agust (1993), ACS Washington, DC (1994). P. 76.
10. Draths, K.; Forst, J., ibid, p. 34.
11. U.S. Patent (Da Pont): 5, 105, 033 (1992).
12. Cusumano, J. A. In: Prespective in catalysis; Thomas, J. M. et al.; Black well Scientific Pub. Oxford, (1992), pp. 300-307.
13. Sheldon, R. A., Chemtech. (1991), 21, p. 556.
14. Joha, C. S. et. Al. Black well Scientific Dub.: Oxford, (1992), p. p. 387-430.
15. Gross, R. A., et. Al. Am. Chem. Soc. (1994), 34 (2), pp 22-9.
16. Forst, J. W., J. Mm. Chem. Soc. (1991) 113, pp. 9361-3.
17. Chang, V. S. et. Al. Appl. Biochem. Biotechnol. (1997) 63-5, 3-19.
18. Trost, B. M. (1991) Science, 254, 1471-77.
19. Office of Pollution Preventation and Toxics (1996), EPA 744-K-96-001 p. 2. U.S. Environmental protection Agency, Washington, DC.
20. Waldman, T. E. and Riley, D. P. (1994). J. Chem. Soc. Chem. Commun., pp. 957-8.
21. Tundo, P. and Selva, M. (1995) chemtech. Pp. 31-35.

22. Collins, T. J. (1994) ACC Chem. Res. 27, pp. 279-85.
23. Office of Pollution Preventation and Toxics. (1996). July, EPA 744- K-96-001 p. 30-1.
24. Burk, M. J., J. Am. Chem. Soc., (1991) 113, p. 8518.
25. Tanko, J. M.; et. Al. J. Am. Chem. Soc., (1990) 112, p. 5557.
26. Office of Pollution Preventation and Toxics (1996) EPA 744- K-96-001 p.3.
27. Breslow, R., Coinnor., R., Pure Appl. Chem. (1996) 68, 1527-33.
28. Paquette, L., the 209 the ACS National meeting (1995).
29. EPA 744- K-96-001 pp. 10-11. (1996).
30. Hurter, P. N. and Hatton, T. A. (1992) Langmuir, 8, pp. 1291-9.
31. Kraus, G. A. and Kirihara, M. (1992) J. Org. Chem., p. 3256.
32. Biomass and the Environment - Basics.