



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية - كلية الترب

قسم الفيزياء

الكيمياء الخضراء وتطبيقاتها في مجال الطاقة

والوقود الحيوي

بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم / قسم علوم الكيمياء

وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم

الكيمياء

من قبل الطالب

رفيق رفيق عبد الجليل

بإشراف

أ.م.د . سجي صالح جبار عباس الطويل

2019 هـ

1440 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ (10) يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اذْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ عَلَيْكُمْ إِذْ هُمْ قَوْمٌ أَنْ يَبْسُطُوا
إِلَيْكُمْ أَيْدِيَهُمْ فَكَفَّ أَيْدِيَهُمْ عَنْكُمْ ۖ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۗ وَعَلَى اللَّهِ فَلْيَتَوَكَّلِ
الْمُؤْمِنُونَ ﴾ (11)

صدق الله العلي العظيم

المائدة 11 .

الاهداء

الى الرسول الاعظم محمد صل الله عليه واله وسلم

الى اهل بيت النبوة ومعدن العلم وموضع الرسالة ومختلف الملائكة

الى والدي العزيز .. ووالدتي العزيزة ... حبا واحتراما

الى اخوتي ، واخواتي ... فخراً واعتزازاً

الى طلبة العلم ... نهدى هذا الجهد المتواضع

شكر وتقدير

الحمد لله والشكر له بما من علينا به من نعمة والصلاة والسلام على خير خلقه

الامين محمد وآلة الاطهار واصحابه الغر الميامين

اتقدم بحزب الشكر والتقدير والامتياز الى

استاذتي أ.م.د. سجي صالح جبار عباس الطويل

على ما بذلته من جهد ووقت لغرض الاشراف على بحثي ومتابعتها لي

بآرائها القيمة وافكارها الجميلة، فجزاها الله خير الجزاء

كما اتقدم بخالص الشكر والتقدير الى جميع الاساتذة المحترمين مني لكلية العلوم /

قسم علوم الكيمياء جامعة القادسية واخيراً أشكر جميع اصدقائي الذين لم يخلوا

عليّ بجهد

المخلص

في المناخ الحالي للعديد من الأزمات العالمية الوشيكة والمترابطة ، وهي تغير المناخ ، والمواد الكيميائية ، والطاقة ، والنفط ، التعرف على تأثير الكيمياء الخضراء فيما يتعلق بالمواد الكيميائية والوقود الحيوي المتولدة من داخل مفهوم شامل للمصفاة الحيوية.

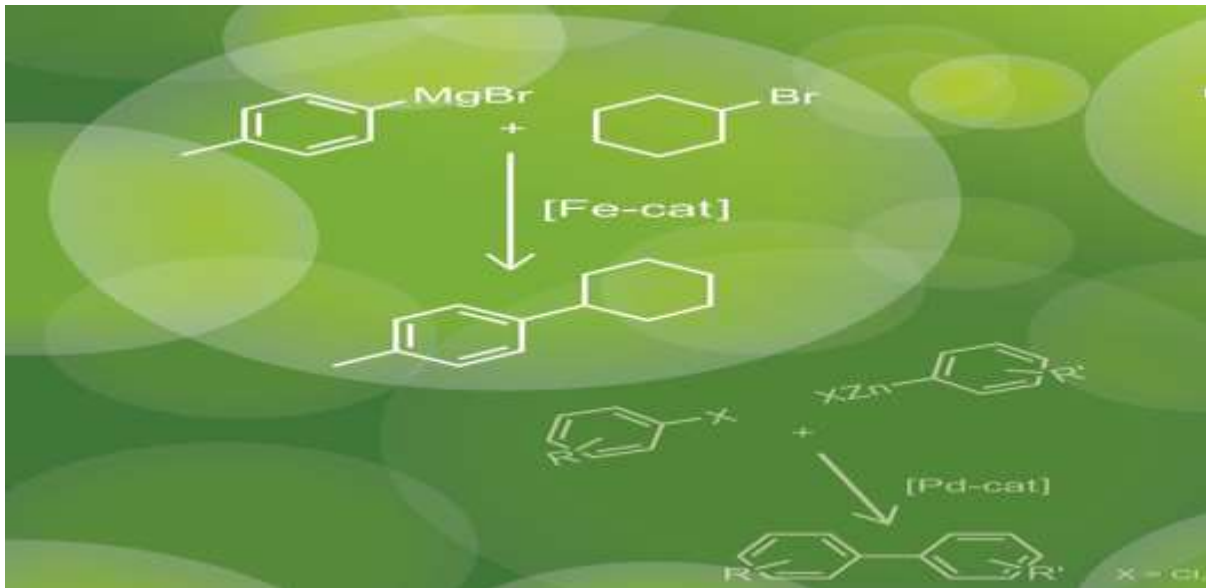
توفر الكيمياء الخضراء فرصًا فريدة للابتكار من خلال استبدال المنتج ، وتوليد المواد الوسيطة الجديدة ، والحفز الكيميائي في الوسائط المائية ، واستخدام الميكرووييف ، ومجال المذيبات البديلة أو الطبيعية. التعرف على إمكانية استخدام النفايات كمورد جديد وتطوير منشآت متكاملة تنتج منتجات متعددة من الكتلة الحيوية تحت ستار المصانع الحيوية. التعرف على الوقود الحيوي بشكل متعمق ، حيث إنه لا يوفر فقط الوقود (الطاقة) ولكنه أيضًا مصدر للمواد الكيميائية الأولية. في المستقبل ، سيعتمد النجاح التجاري للوقود الحيوي بما يتناسب مع طلب المستهلكين على توافر التقنيات الكيميائية الخضراء (الحيوية) الجديدة القادرة على تحويل الكتلة الحيوية للنفايات إلى وقود في سياق معمل بيولوجي.

INTRODUCTION

المقدمة

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 كيميائية جديدة تعود بالخير على البيئة ومواد كيميائية تعمل كبدايل عن المواد الكيميائية الأخرى التي تعود عمليات تصنيعها بنتائج سلبية على البيئة. أو تعمل كبدايل عن المواد الكيميائية المستخلصة من الأنواع الحية المهددة بالانقراض مثل الزيوت الكبدية والتي تهدد عمليات استخراجها من أو أسماك القرش بانقراض تلك الأنواع بشكل تام خلال عقود قليلة. [1]

تدعى الكيمياء الخضراء بالكيمياء المستدامة وهي مجال من علم الكيمياء والهندسة الكيميائية تهتم بتصميم المنتجات والعمليات بحيث تقلل استخدام وإنتاج المواد الخطيرة. في حين أن الكيمياء البيئية تهتم بالأثار الناتجة عن الملوثات الكيميائية على الطبيعة، الكيمياء الخضراء تركز على النهج التكنولوجية لمنع التلوث وتقليل استهلاك المصادر غير المتجددة. [2]



شكل توضيحي رقم (1)

نشأة الكيمياء الخضراء

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 متكاملًا 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 و المستدامة 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]

أسس علم الكيمياء الخضراء

في كتابها المنشور عام 1998 بعنوان الكيمياء الخضراء النظرية والممارسة وضعت جامعة أكسفورد من خلال أستاذها بول أناستاس وجون وارنر 12 بنداً 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 مذيبيات آمنة ومحاولة تخفيف نسبة المذيبيات 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 المهذرة.[6]

الفصل الاول

مبادئ الحساب

الخصائص

مبادئ الكيمياء الخضراء

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



شكل توضيحي رقم (2)

مبادئ الكيمياء الخضراء الاثنا عشر:

1. يفضل منع تكوين المخلفات عن معالجتها أو التخلص منها بعد تكوينها.
2. يجب أن تصمم طرق التحضير بحيث تندمج معظم المتفاعلات لتكون المنتج النهائي.
3. يجب أن تصمم طرق التصنيع بحيث تكون المواد البادئة للتفاعل والنااتجة لها أقل قدر من السمية أو تكون غير خطيرة إطلاقاً على صحة الإنسان وسلامة البيئة.
4. يجب أن يتميز المنتج الكيميائي بأعلى درجة من الكفاءة الوظيفية وأقل قدر من السمية.
5. يفضل إجراء التفاعلات بدون استخدام مواد إضافية مثل المذيبات أو مواد الفصل وإذا لزم الأمر يجب أن تكون هذه المواد غير خطيرة.

6. يجب الأخذ في الاعتبار احتياج الطاقة نظرا لتكلفتها وتأثيرها البيئي – لذا يكون استخدامها في أضيغ 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 أى مواد خطرة . [8]

وستناول فيما يلي كل مبدأ من هذه المبادئ بشئ من التفصيل:

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 منطقتهم 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 تماماً 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 قيوداً على الإبداع العلمي والحل الوحيد للحد من تكلفة التخلص من النفايات الخطرة في هذه المعامل هو اتباع تقنيات الكيمياء الخضراء. التي تقلل أو تحذف من الإنفاق وتوفر آليات مناسبة للتحكم في الأخطار المصاحبة للتفاعلات الكيميائية. [11]

يجب تصميم طرق تحضير تعظم إدماج جميع التفاعلات لتكوين المنتج النهائي :

معظم مراجع القرن العشرين في الكيمياء العضوية لم تكتب فيها معادلات كيميائية متزنة ونادراً ما يذكر في هذه المعادلات أو لا يكاد يذكر إطلاقاً 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 وغالباً ما يتم تجاهلها وإهمالها. وفي بعض الأحيان يتكون المنتج الثانوي بكميات وأحجام أكبر من الناتج المطلوب. فالحساب الكيميائي يبنى على أساس مولات التفاعلات مقابل مولات النواتج، فإذا كان مول المادة المتفاعلة ينتج مولا من المادة الناتجة فإن حصة 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 حالياً 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]

يجب 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]

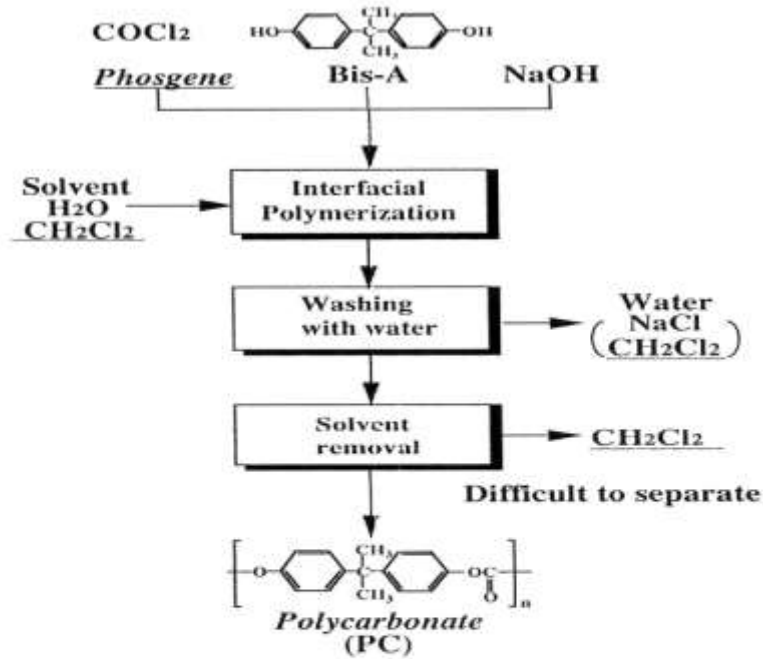
وهناك طريقتان فقط للحد من أخطار الكيماويات إما بالحد من تركيز المادة الخطرة أو تقليل زمن التعرض لهذه المواد ، ويأخذ الحد من التعرض للكيماويات أشكالاً كثيرة منها استخدام الملابس الواقية أو الأقفنة الواقية من الغازات أو تقنيات التحكم والسيطرة في التفاعلات ... الخ.

ومن الخطورة بمكان عدم الاكتراث بأى نوع من الأخطار الكيميائية مهما صغر بحجة أن الكيميائي الخبير يمكنه التعامل مع أى 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 الأقفنة .. الخ) وبذلك تضاف كلفة كان يمكن الاستغناء عنها والعامل الثانى هو عامل أخلاقى بمعنى أننا ككيميائيين علينا مسئولية الإبداع فى البحث عن مواد ومسارات نظيفة لإنتاج كيماويات صديقة للبيئة وأكثر أمانا على صحة الإنسان. فيجب علينا مواجهة المواد الخطرة من المنظور البيئى والتشريعى والاقتصادى وليس لنا خيار فى 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 البولى كربونات (6) Polycarbonate وهى بوليمر مقاوم للمذيبات فى 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 وفقا للشكل الآتى: [16]



Problems

1. Use of dangerous *phosgene*
2. Use of a very large amount of CH_2Cl_2 .
3. Presence of Cl-impurities in PC



Phosgene process of polycarbonate, and its problems.

شكل توضيحي رقم (3)

يجب تصميم كيماويات تتميز بالكفاءة الوظيفية العالية وبأقل قدر من السمية

ما معنى تصميم كيماويات آمنة ؟

يمكن تصميم كيماويات 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 تؤدي إلى إعاقة النمو. [17]

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 الجزيئي والخواص الكيميائية .

لا يجب استخدام المواد المساعدة (المذيبات وكواشف الفصل) بقدر الإمكان أو

استخدام مواد غير ضارة

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 نشترها كوسط للتفاعل والمرة الثانية عندما نحاول التخلص منها) لأنها ذات تأثير ضار على صحة الإنسان وسلامة البيئة . [18]

الحذر من المذيبات

هناك الكثير من المخاوف من المذيبات الشائعة فالمذيبات الهالوجينية مثل كلوريد الميثيلين والكلوروفورم وفوق كلوريد الإيثيلين 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 فينبغى التقليل من استخدامها .

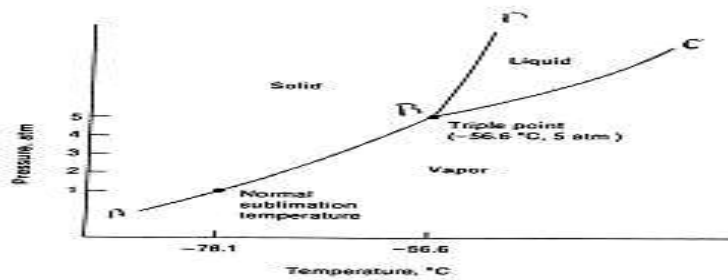
الموائع فوق الحرجة (SCFS) SUPERCRITICAL FLUIDS

هى أحد البدائل التى تبنتها الكيمياء الخضراء من أجل تقليل الأخطار التى تحدثنا عنها عند الاستخدام التقليدى للمذيبات و المواد المساعدة ، فالموائع الحرجة أو الموائع كثيفة الصنف Dense phase fluids لا تتميز فقط بأنها غير ضارة للإنسان والبيئة ولكنها ذات قدرة أعلى فى سهولة الفصل والانتقائية ومن أمثلتها ثانى أكسيد الكربون فوق الحرج. [19]

استخدام ثانى أكسيد الكربون فى الحالة المائعة فوق الحرجة

كبديل للمذيبات العضوية :

يتواجد ثانى أكسيد الكربون فى الحالة الغازية فى الظروف العادية ويتحول إلى الحالة الصلبة عند الضغوط المرتفعة أكبر من 5 جو ودرجة حرارة أقل من درجة حرارة النقطة الثلاثية (-65.5°م) وهى نقطة تلاقى المنحنيات الثلاثة (منحنى التسامى AB ومنحنى الانصهار BD ومنحنى التبخير BC (شكل 3).



شكل توضيحي رقم (4)

ولكى نحصل على ثانى أكسيد الكربون فى الحالة المائعة أى بين الحالة الصلبة والسائلة نتحكم فى درجة الحرارة والضغط بحيث يمثل النظام بأى نقطة على منحنى الانصهار وهو المنحنى الذى يفصل بين الحالة الصلبة والسائلة ونظراً لأن ثانى 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 إنتقائية . [20]

ومن مزايا استخدام الحالة المائعة لثانى أكسيد الكربون فى الظروف فوق حرجة (SCF) أنه كثافته تشبه كثافة السوائل وقوة تماثل المذيبات ولذلك فهو مذيب جيد . كما أن قوة المذيب فى حالة (SCF) يمكن ضبطها وذلك من خلال كثافة الوسط (وكذلك الخواص المعتمدة على الكثافة مثل ثابت العزل الكهربى والزوجة وغيرها) كما أن تغيير الضغط يؤدي إلى تحكم أكثر وإنتقائية أكثر للتفاعلات الذى يتكون بتعريض جزيئات ثانى أكسيد الكربون إلى درجة حرارة وضغط ملائمين للوصول إلى النقطة الحرجة التى تكون فيها المادة فى حالة مائعة التى يمكن وصفها بأنها نقطة التقاطع بين الحالة السائلة والحالة الغازية – وعن طريق التحكم فى درجة الحرارة والضغط يمكن التحكم فى خواص هذا المائع ليصبح مذيباً مناسباً (متألفاً) وبهذا يمكن أن تحل الموائع فوق الحرجة محل العديد من المذيبات وتتفادى أخطارها.. كما أن (SCF) تشارك كثير من الغازات فى مزاياها لأن لها لزوجة أقل واختلاط أكبر وقدرة على الانتشار أعلى واستخدامها يؤدي إلى ظروف أحسن لتسريع التفاعلات وخصوصاً للتفاعلات المحكومة بعملية الانتشار أو فى حالة استخدام مواد بادئة غازية مثل الهيدروجين أو الأكسجين أو أول أكسيد الكربون . كما أن من مزايا استخدام ثانى أكسيد الكربون أنه لا يمكن أكسدته ولذلك فيمكن استخدامه بشكل نموذجى كمذيب فى تفاعلات الأكسدة. وأخيراً فإنه يمكن تحويل التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون إلى رأس مال. [21]

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 الطمي . وكل هذه الطرق تتفادى استخدام المذيبات فى التفاعلات الكيميائية. [22]

إجراء التفاعلات فى الوسط المائى

أثبتت الأنظمة المائية عبر السنين كفاءتها وانتقائيتها وصادقتها للبيئة وبلا جدال يعتبر الماء أكثر المواد أمانا على الأرض وبالتالي 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 لا بد من فحص جميع الحالات التى تستخدم الماء كمذيب كل على حدة. [23]

استخدام مذيبات غير مقيدة IMMOBLIZED SOLVENTS

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 جزيئ المذيب مباشرة على الهيكل البنائى لبوليمر معين وقد تم اكتشاف بوليمرات جديدة لها القدرة على الإذابة وتمثل قدراً أقل من الخطورة. [24]

كيفية استخدام الطاقة

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

تحسين التفاعل يعنى التقليل بقدر الإمكان من احتياج الطاقة

يحاول الكيميائيون دائما تحسين التفاعلات الكيميائية برمتها وذلك من خلال تعظيم كمية الناتج أو النسبة المئوية للتحويل 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 فى كل مرحلة من المراحل.[25]

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

المواد المتجددة في مقابل المواد المستنفذة:

أولى العلماء ورجال الصناعة والبيئة اهتماما كبيرا باستخدام المواد المتجددة بدلا من تلك القابلة للنفاذ ويتمثل الاختلاف بين المصادر المتجددة والقابلة للنفاذ فى عامل الوقت ، ويقصد بالمصادر القابلة للنفاذ غالبا الوقود الحفرى(بتروول – فحم حجرى) الذى تكون عبر ملايين السنين ويمكن أن نعتبر الوقود الحفرى متجددا لو انتظرنا حتى تتحول الكائنات الحية الموجودة حاليا إلى بتروول وفحم حجرى وهذا يستحيل عمليا وبنفس المنطق يمكن اعتبار الشمس مصدرا غير متجدد للطاقة وقابل للاستنزاف وهذا أيضا مستحيل لأن الشمس ستبقى ملايين السنين وتعتبر مصدر لانهاى للطاقة على العكس من الوقود الحفرى الذى لن يتجدد بعد استنزافه . والمواد المتجددة غالبا ما ترتبط بالمواد الحيوية وذات الأصل النباتى . ويقصد بها تلك المواد التى تتكون باستمرار خلال فترة عمر الإنسان ، فثانى أكسيد الكربون يتولد باستمرار وفى 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]

البقاء – الاستمرارية SUSTAINABILITY

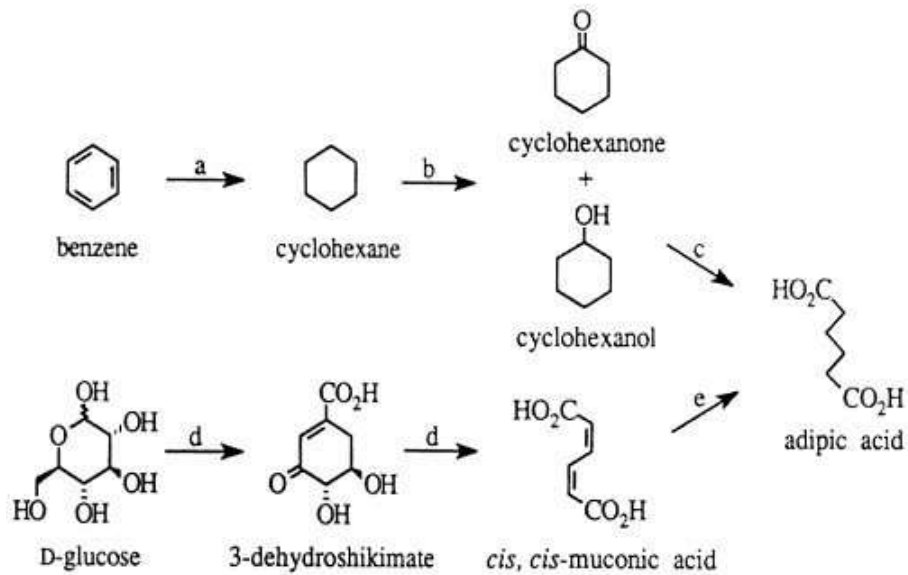
يسود فى العالم اليوم قلق من استنزاف المواد غير المتجددة وحتمية نفاذها مما يؤثر على البعدين الاقتصادى والبيئى . وأحد تعريفات الاستمرارية هو المحافظة على تطوير نوعية الحياة والمحافظة أيضا على سلامة سلالتنا فى نفس الوقت وعلى ذلك إذا استنزف جيلنا الحالى البترول تماما فلن نتحقق الاستمرارية للأجيال القادمة.

استخدام العوامل المساعدة البيولوجية MICROBAL BIOCATALYSIS

مثال : استخدام العوامل المساعدة البيولوجية فى تحضير حمض الاديبيك Adipic acid من الـ D. glucose جلوكوز .

ويصنع فى الولايات المتحدة وحدها حوالى 4 بليون طن من حمض الاديبيك الذى يدخل فى صناعات كثيرة . فيستخدم فى صناعة البولى يوريثان ومواد التشحيم كما يستخدم كإضافات لزيادة التلدين Plasticizer كما يضاف إلى المواد الغذائية لإكسابها قليل من الحمضية . أما غالبية الكمية المنتجة من حمض الاديبيك تستخدم فى صناعة النايلون -6.6 وذلك بإجراء عملية التكتيف والبلمرة لحمض الاديبيك مع هكسان مثيلين داى أمين ومن المعروف الاستخدامات العديدة للنايلون فى صناعة الألياف التى تدخل صناعة الأنسجة والشربات الحريمى والسجاد ومواد التنجيد وإطارات السيارات وغيرها من الصناعات .

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



Comparison of current industrial synthesis of adipic acid from benzene (a-c) to synthesis of adipic acid from D-glucose (d, e). (a) Ni-Al₂O₃, 370-800 psi, 150-250°C. (b) Co, O₂, 120-140 psi, 150-160°C. (c) Cu, NH₄VO₃, 60% HNO₃, 60-80°C. (d) *E. coli* AB2834aroE/pKD136/pKD8.243A/pKD8.292. (e) 10% Pt on carbon, H₂, 50 psi.

شكل توضيحي رقم (5)

الخطوة (a) تمثل عملية هدرجة البنزين للحصول على السيكلوهكسان وذلك باستخدام عامل مساعد هو Ni-Al₂O₃.

الخطوة (b) تمثل أكسدة السيكلوهكسان في وجود عامل مساعد (الكوبلت) وفي وجود الأكسجين (O₂).

الخطوة الثالثة (c) تتم في وجود النحاس (Cu) و NH₄VO₃ وفي 60% حمض نيتريك وهذا التفاعل ينتج عنه مواد جانبية مثل أكسيد النيتروز 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

المنطقة 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 بيئية مثل رفع درجة حرارة الغلاف الجوى وتأثيرها الضار على طبقة الأوزون.
 - التكلفة العالية لمنع انطلاق غاز أكسيد النيتروز إلى الهواء .
 - استخدام ظروف مكلفة لهذا التفاعل (درجات حرارة عالية وضغط عالى)
- 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 تجدهه موسميا مع كل زراعة لقصب السكر .
- ويستخدم فى الخطوة (d) عامل مساعد بيولوجى لتحويل D-glucose إلى Cis- muconic acid ثم تتم فى الخطوة (e) عملية هدرجه الحامض الأخير متحولا إلى حمض الاديبيك .
- ويتميز استخدام العامل المساعد البيولوجى بوفرة الناتج مما يمثل قيمة اقتصادية عالية .

الفصل الثاني

تطبيقات الكيمياء

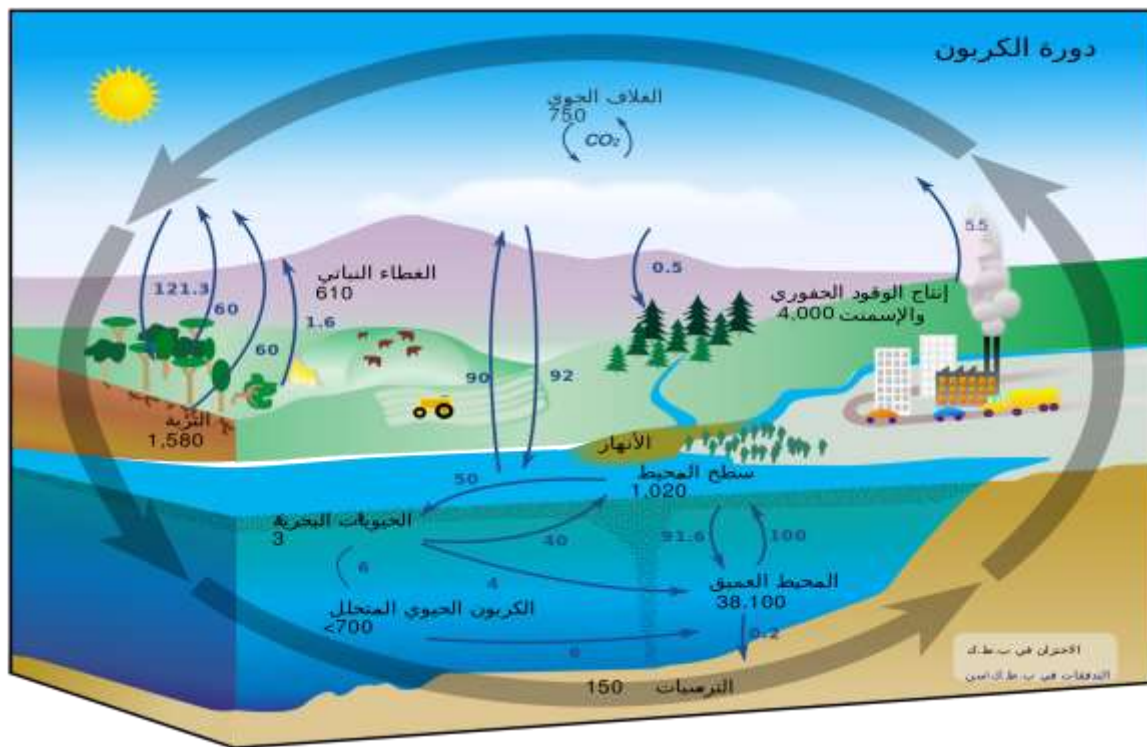
الخصراء في مجال

الطلاقة

• علوم الطاقة البديلة

ووفقاً 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 في بمعدل 43% سنوياً منذ عام 2000. في 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 نسبياً لمعالجتها في أجهزة العمل. 50،51 إن تسمية بيروفسكايت هي إشارة إلى معدن مكتشف منذ زمن طويل يتألف أساساً من تيتانات الكالسيوم (CaTiO_3). يستخدم العلماء هذا المصطلح بشكل فضفاض اليوم للإشارة إلى فئة كبيرة من المواد ، التي تظهر ، مثل CaTiO_3 ، تكافؤاً متغيراً لـ ABX_3 وتعتمد بنية البلورات بيروفسكايت. و perovskites التي تحصل على الكثير من الاهتمام في العالم الضوئية هذه الايام هي trihalides عضوي ، والأكثر شيوعاً هو الذي يدرس CH_3NH_3 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) هي المجموعة A في ABX_3). السبب الرئيسي للإثارة هو معدل التحسن الحاد الأخير في أداء الخلايا الشمسية Perovskite.



شكل توضيحي رقم (6)

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 و 2013. 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 TiO_2 بمحلول يحتوي على CH_3NH_3I و PbI_2 . وأثار الباحثون عملية تجميع ذاتي طورت الأكسيد بطبقة من البلورات النانوية $CH_3NH_3PbI_3$ ، وهي إحدى مواد البيروفسكايت في مركز الجهود البحثية الحالية. قامت المجموعة بتشكيل الخلايا الشمسية عن طريق تغطية أفلام أكسيد البيروفسكايت المغلفة جنبًا إلى جنب مع محلول إلكتروليت عضوي بين توصيل الأقطاب الزجاجية. ووجد الباحثون أن خلية الثلاثيات قد ولدت بسهولة تيارًا كهربائيًا بكفاءة تحويل تبلغ 3.8 ٪. 54. وبعد عامين ، أبلغ فريق من كوريا الجنوبية عن استخدام خلية مماثلة مع معلمات محسنة لتحقيق كفاءة تحويل تبلغ 6.5 ٪. 55. من هناك ، فريق اكتشفت التحسينات الممكنة عند استخدام مركب حلقة متعدد الأطوار في عائلة spirobifluorene المعروفة باسم spiro-OMeTAD لتحقيق كفاءة 9.7 ٪. 5. أدى استبدال TiO_2 مع الألومينا (Al_2O_3) إلى كفاءة تحويل غير متوقعة بنسبة 10.9 ٪.

في تتابع سريع طوال عام 2013 ، ظهرت سلسلة من الأبحاث على عدد من مواقع المجالات الإلكترونية ، كل منها يصف تصميم خلية شمسي بيروفسكايت مختلفًا بعض الشيء ، وكلاهما يقدم تحسينات كفاءة في إعداد التقارير. يؤكد المختبر الوطني للطاقة المتجددة ، الذي يعتبر دوليًا 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. 58،59 تعهدت شركتان على الأقل بالبدء في إنتاج خلايا البيروفسكايت تجاريا في وقت مبكر مثل 2017: شركة أكسفورد للطاقة الشمسية في المملكة المتحدة والشركة الأسترالية ديسول.

النقاط الكمومية

ما أصبح يعرف باسم النقاط الكمومية هو البلورات النانوية لمواد أشباه الموصلات التي تتبع منها وهجاً ناصعاً بلون نقي عندما تكون متحركة بالضوء أو بالجهد المطبق. 6 إن العديد من خبراء الطاقة البديلة متحمسون للخلايا الشمسية القائمة على النقاط لأن لديهم تحويلاً نظرياً بنسبة 45%. وهذا ممكن لأنه عندما يتم امتصاص فوتون واحد بواسطة نقطة كمومية ، فإنه ينتج أكثر من زوج واحد من الثقب الإلكتروني 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%).

أيضاً 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. 46 ويمكن لهذه الخلايا أن تستخدم كلوريد ميثيل أمين كلوريد الرصاص (CH₃NH₃PbI₂Cl) perovskite. تستخدم الخلايا الشمسية الكمية الأخرى الكاديوم ، مما يدفع بعض المراقبين إلى التساؤل عما إذا كان من الصحيح استدعاء تطبيقات التكنولوجيا التي تستخدم مثل هذه المعادن نظيفة أو خضراء. 62

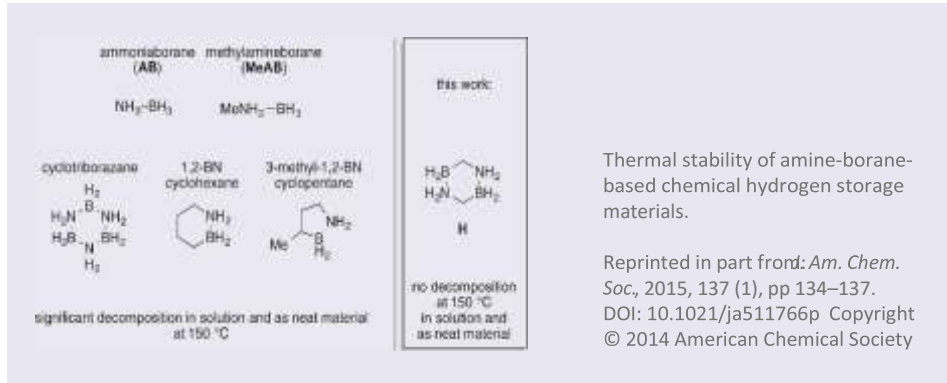
خلايا الوقود

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. 65 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 التبريدات المعدنية كدعامات بديلة ، ولكنها لا تتسامح دائماً مع الظروف الحمضية المطلوبة لبعض أنواع الوقود. أفاد فريق جامعة كورنيل مؤخراً أن مادة نيتريد الكروم قد تجاوزت هذه المشاكل. 6 استخدم الباحثون الجسيمات النانوية للبلاديوم والفضة المدعومة على شبكة Ti_{0.5}Cr_{0.5}N 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 نشاطاً ودائماً من المواد الكربونية القياسية. [30]

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



شكل توضيحي رقم (7)

في تتابع سريع طوال عام 2013 ، ظهرت سلسلة من الأبحاث على عدد من مواقع المجالات الإلكترونية ، كل منها يصف تصميم خلية شمسية بيروفسكايت مختلفاً بعض الشيء ، وكلاهما يقدم تحسينات كفاءة في إعداد التقارير. يؤكد المختبر الوطني للطاقة المتجددة ، الذي يعتبر دولياً 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. 58،59 تعهدت شركتان على الأقل بالبدء في إنتاج خلايا البيروفسكايت تجارياً في وقت مبكر مثل 2017: شركة أكسفورد للطاقة الشمسية في المملكة المتحدة والشركة الأسترالية ديسول.

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. 6 إن العديد من خبراء الطاقة البديلة متحمسون للخلايا الشمسية القائمة على النقاط لأن لديهم تحويلاً نظرياً بنسبة 45٪. وهذا ممكن لأنه عندما يتم امتصاص فوتون واحد بواسطة نقطة كمومية ، فإنه ينتج أكثر من زوج واحد من الثقب الإلكتروني 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 $CuInS_2$ حققت رقماً قياسياً بنسبة 7.04٪ (مع كفاءة معتمدة بنسبة 6.66٪).

أيضاً 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. 46 ويمكن لهذه الخلايا أن تستخدم كلوريد ميثيل أمين كلوريد الرصاص. $CH_3NH_3PbI_2Cl$ perovskite) تستخدم الخلايا الشمسية الكمية الأخرى الكاديوم ، مما يدفع بعض المراقبين إلى التساؤل عما إذا كان من الصحيح استدعاء تطبيقات التكنولوجيا التي تستخدم مثل هذه المعادن نظيفة أو خضراء. 62

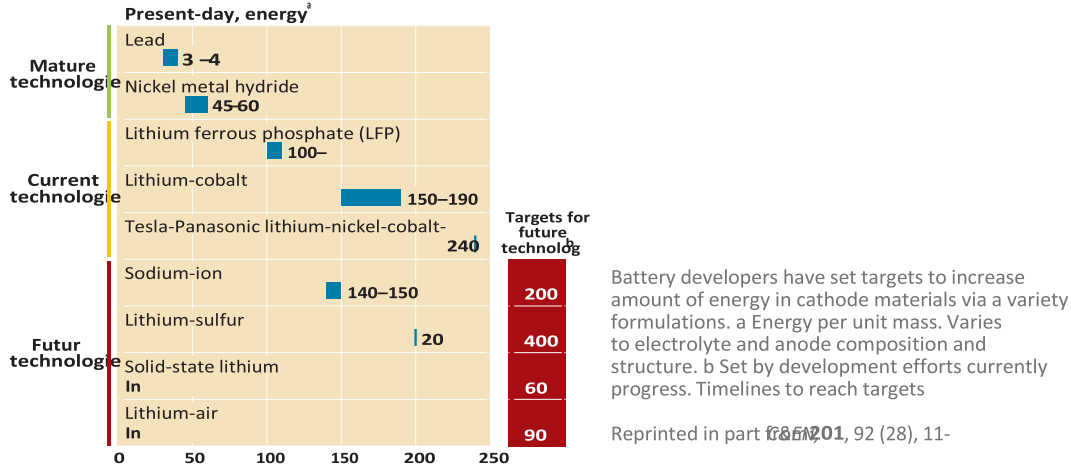
خلايا الوقود

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. 65 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 التبريدات المعدنية كدعامات بديلة ، ولكنها لا تتسامح دائماً مع الظروف الحمضية المطلوبة لبعض أنواع الوقود. أفاد فريق جامعة كورنيل مؤخراً أن مادة نيتريد الكروم قد تجاوزت هذه المشاكل. 6 استخدم الباحثون الجسيمات النانوية للبلاديوم والفضة المدعومة على شبكة $Ti_{0.5}Cr_{0.5}N$ 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 نشاطاً ودائماً من المواد الكربونية القياسية. [31]

ويتعلق بحث مهم آخر بكيفية تخزين وقود الهيدروجين الذي تتطلبه خلايا الوقود. قام فريق بحث من كلية بوسطن مؤخراً بإنشاء جزيء تخزين H_2 لا يتحلل حتى في درجات الحرارة القصوى التي تصل إلى 150 درجة مئوية. قام الباحثون بتوليف مركب جديد ، وهو cyclohexane BN-BN ، والذي قد يكون مناسباً للتطبيقات مثل

النسخ الاحتياطي المولدات التي تخزن الطاقة على المدى الطويل في حالة وقوع كارثة طبيعية. [32]



شكل توضيحي رقم (8)

• على نطاق أصغر ، استخدم المهندسون في جامعة إلينوي ، أوروبانا-شامبين ، الهولوجرام ، التي هي أنماط التداخل ثلاثي الأبعاد للعديد من أشعة الليزر ، لإنشاء كتل مسامية على وجه التحديد في بلورات قابلة للعلاج بالضوء. 7 ثم استخدموا هذه الكتل مثل السقالات لبناء الأقطاب الكهربائية التي يمكن استخدامها للميكروبالات لتشغيل الأجهزة الإلكترونية الدقيقة ، مثل أجهزة الاستشعار والغرسات الطبية وأجهزة إرسال الترددات الراديوية. تتوافق عملية الهولوجرام مع الطباعة الليثوغرافية التقليدية ثنائية الأبعاد ، والتي تستخدم على نطاق واسع في صناعة الإلكترونيات الدقيقة.

الجزئية 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. إن عملية التجميع الذاتي الجزيئي موجودة في كل مكان في الكيمياء وعلم المواد وعلم الأحياء. 7 مفهوم جديد في التجميع الذاتي الجزيئي ينطوي على استخدام مواد نباتية حيوية غير مستغلة سابقا. 7 على سبيل المثال ، جليكوليبيد ناتج عن منتجات ثانوية صناعية مثل جوز الكاجو يمكن أن يتجمع السائل القشري ذاتيًا 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 ، خاصةً 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 أساساً على الببتيدات ذات التركيب الذاتي

في دراسة عام 2014 ، قام باحثون من جامعة برانديز ببناء جزيء مزين بالسكر يتجمع ذاتياً في هيدروجيل يحاكي المصفوفة خارج الخلية. 80 جزيئات على سطح الخلايا الجذعية ، وغالباً ما تكون السكريات ، تتفاعل مع هذه المصفوفة بطرق حاسمة الأهمية. تميز 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 ، وفقاً للباحثين. المكون الرئيسي للهيدروجيل هو glycoconjugate ، وهو جزيء كربوهيدرات يرتبط تساهمياً بجزيئات أخرى يدرسها الباحثون لفهم كيفية تعزيز نمو الخلايا الجذعية وأي البروتينات المعنية.

فريق آخر ضم باحثين من مختبر برانديز نفسه ، بالإضافة إلى علماء جامعة تافتس ، قام أيضاً بتصميم ببتيد يقوم بتجميع الخلايا السرطانية وإغراقها فقط عند إزالة مجموعة الفوسفات الخاصة بها. 81 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 تنافراً كهربياً بين الجزيئات وتمنع الببتيد من غمر الخلايا السرطانية. يعتبر مفتاح تبديل الفوسفات هذا رائعاً لاستهداف السرطان لأن بعض أنواع الخلايا السرطانية تعالج الفوسفاتاز القلوي ، وهو إنزيم يشق الفوسفات. 79

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 ذاتياً 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 metallacages Platinum-organic البلاتينوم العضوية و 84 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 تثبتت 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. 85 تقنية أخرى للتجميع الذاتي تم تطويرها مؤخرا تسمح للكيميائيين بالبناء الهياكل البوليميرية على مقياس طول الميكرومتر. ويمكن استخدام الهياكل الناتجة في نهاية المطاف في تطبيقات الإلكترونيات الجزيئية وتوصيل الأدوية.[33]

الفصل الثالث

تطبيقات الحساسات

الخصراء في مجال

الوقوف الحيوي

الوقود الحيوي :-

هو الوقود الذي يتم إنتاجه من خلال العمليات البيولوجية المعاصرة ، مثل الزراعة والهضم اللاهوائي ، بدلاً من الوقود الناتج عن العمليات الجيولوجية مثل تلك التي تشارك في تكوين الوقود الأحفوري ، مثل الفحم والنفط ، من مادة بيولوجية ما قبل التاريخ. إذا كان يمكن أن تنمو المادة الحيوية المصدر بسرعة ، يقال إن الوقود الناتج هو شكل من أشكال الطاقة المتجددة.

يمكن استخلاص الوقود الحيوي مباشرة من النباتات (أي محاصيل الطاقة) ، أو بشكل غير مباشر من النفايات الزراعية والتجارية والمنزلية و / أو الصناعية. يتضمن الوقود الحيوي المتجدد عمومًا تثبيتًا عصريًا للكربون ، كتلك التي تحدث في النباتات أو الطحالب المجهرية من خلال عملية التمثيل الضوئي. يتم إنتاج أنواع الوقود الحيوي المتجددة الأخرى من خلال استخدام أو تحويل الكتلة الحيوية (بالإشارة إلى الكائنات الحية الحديثة ، وغالبًا ما تشير إلى النباتات أو المواد المشتقة من النباتات). يمكن تحويل هذه الكتلة الحيوية إلى مواد مريحة تحتوي على الطاقة بثلاث طرق مختلفة: التحويل الحراري ، والتحويل الكيميائي ، والتحويل الكيميائي الحيوي. يمكن أن ينتج عن تحويل الكتلة الحيوية هذا الوقود في صورة صلبة أو سائلة أو غازية. يمكن أيضًا استخدام هذه الكتلة الحيوية الجديدة للوقود الحيوي مباشرةً.

الوقود الحيوي من الناحية النظرية محايد من حيث الكربون لأن ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه النباتات يساوي ثاني أكسيد الكربون الذي يتم إطلاقه عند حرق الوقود. ومع ذلك ، في الممارسة العملية ، ما إذا كان الوقود الحيوي محايدًا للكربون أم لا ، يعتمد أيضًا إلى حد كبير على ما إذا كانت الأرض المستخدمة لزراعة الوقود الحيوي (مع الجيل الأول والجيل الثاني من الوقود الحيوي) بحاجة إلى تطهيرها من الغطاء النباتي الحامل للكربون أم لا.

الإيثانول هو الكحول الذي يتم إنتاجه عن طريق التخمير ، ومعظمه من الكربوهيدرات المنتجة في محاصيل السكر أو النشا مثل الذرة أو قصب السكر أو الذرة الرفيعة الحلوة. كما يتم تطوير الكتلة الحيوية السليلوزية ، المستمدة من مصادر غير غذائية ، مثل الأشجار والأعشاب ، كمواد وسيطة لإنتاج الإيثانول. يمكن استخدام الإيثانول كوقود للمركبات بشكله النقي (E100) ، ولكنه يستخدم عادةً كمضاف للبنزين لزيادة الأوكتان وتحسين انبعاثات المركبات. يستخدم الإيثانول على نطاق واسع في الولايات المتحدة والبرازيل. لا ينص تصميم المصنع الحالي على

تحويل جزء اللجنين من المواد الخام النباتية إلى مكونات الوقود عن طريق التخمير.
[34]

يمكن استخدام وقود الديزل الحيوي كوقود للمركبات في شكله النقي (B100) ، ولكنه يستخدم عادةً كمضاف للديزل لتقليل مستويات الجزيئات وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات من المركبات التي تعمل بالديزل. يتم إنتاج وقود الديزل الحيوي من الزيوت أو الدهون باستخدام transesterification وهو الوقود الحيوي الأكثر شيوعاً في أوروبا.

في عام 2010 ، بلغ إنتاج الوقود الحيوي في جميع أنحاء العالم 105 مليار لتر (28 مليار جالون أمريكي) ، بزيادة 17 ٪ عن عام 2009 ، [35] ووفر الوقود الحيوي 2.7 ٪ من الوقود في العالم للنقل البري. بلغ الإنتاج العالمي من وقود الإيثانول 86 مليار لتر (23 مليار جالون أمريكي) في عام 2010 ، مع احتلال الولايات المتحدة والبرازيل لأكبر منتجين في العالم ، حيث يمثلان معاً حوالي 90٪ من الإنتاج العالمي. يعد الاتحاد الأوروبي أكبر منتج للديزل الحيوي في العالم ، حيث يمثل 53٪ من إجمالي إنتاج الديزل الحيوي في عام 2010. اعتباراً من عام 2011 ، توجد ولايات لمزج الوقود الحيوي في 31 دولة على المستوى الوطني وفي 29 ولاية أو مقاطعة. تهدف الوكالة الدولية للطاقة إلى توفير الوقود الحيوي لأكثر من ربع الطلب العالمي على وقود النقل بحلول عام 2050 لتقليل الاعتماد على البترول والفحم. [5] أدى إنتاج الوقود الحيوي أيضاً إلى صناعة سيارات مزدهرة ، حيث بحلول عام 2010 ، تم تصنيع 79٪ من جميع السيارات المنتجة في البرازيل بنظام وقود هجين من الإيثانول والبنزين



شكل توضيحي رقم (9)

الجيل الأول من الوقود الحيوي

الجيل الأول أو الوقود الحيوي التقليدي هو الوقود الحيوي المصنوع من المحاصيل الغذائية التي تزرع في الأراضي الصالحة للزراعة. مع هذا الجيل من إنتاج الوقود الحيوي ، تُزرع المحاصيل الغذائية بشكل صريح لإنتاج الوقود وليس أي شيء آخر. يتم تحويل السكر أو النشا أو الزيوت النباتية التي تم الحصول عليها من المحاصيل إلى وقود الديزل الحيوي أو الإيثانول ، وذلك باستخدام التحولات ، أو تخمير الخميرة.



شكل توضيحي رقم (10)

الجيل الثاني من الوقود الحيوي

الجيل الثاني من الوقود الحيوي هو الوقود المصنوع من أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية. الكتلة الحيوية هي مصطلح واسع النطاق يعني أي مصدر للكربون العضوي يتم تجديده بسرعة كجزء من دورة الكربون. الكتلة الحيوية مستمدة من المواد النباتية ، ولكن يمكن أن تشمل أيضا المواد الحيوانية.

في حين أن الجيل الأول من الوقود الحيوي مصنوع من السكريات والزيوت النباتية الموجودة في المحاصيل الصالحة للزراعة ، فإن الجيل الثاني من الوقود الحيوي مصنوع من الكتلة الحيوية الخلوية أو المحاصيل الخشبية أو المخلفات الزراعية أو مواد نبات النفايات (من المحاصيل الغذائية التي حقت بالفعل غرضها الغذائي)

إن المادة الوسيطة المستخدمة لتوليد أنواع الوقود الحيوي من الجيل الثاني إما تنمو في الأراضي الصالحة للزراعة ، ولكنها مجرد منتجات ثانوية من الحصاد الفعلي (المحصول الرئيسي) أو تزرع في الأراضي التي لا يمكن استخدامها لزراعة محاصيل الأغذية بفعالية وفي بعض الحالات لا يتم استخدام الماء الزائد أو الأسمدة لهم. تشمل مصادر المواد الغذائية غير البشرية من الجيل الثاني الأعشاب والجاتروفا ومحاصيل البذور الأخرى ونفايات الزيوت النباتية والنفايات الصلبة البلدية وما إلى ذلك. [36]

وهذا له مزايا وعيوب. الميزة هي أنه ، على عكس المحاصيل الغذائية العادية ، لا يتم استخدام الأراضي الصالحة للزراعة فقط لإنتاج الوقود. العيب هو أنه على عكس المحاصيل الغذائية العادية ، قد يكون من الصعب إلى حد ما استخراج الوقود. على سبيل المثال ، قد تكون هناك حاجة إلى سلسلة من المعالجات الفيزيائية والكيميائية لتحويل الكتلة الحيوية من اللينوسيلوز إلى وقود سائل مناسب للنقل.

الوقود الحيوي من الجيل الثالث

من عام 1978 إلى عام 1996 ، جربت NREL في الولايات المتحدة استخدام الطحالب كمصدر للوقود الحيوي في برنامج الأنواع المائية. تقدم مقالة منشورة ذاتيا من قبل Michael Briggs ، في مجموعة الوقود الحيوي التابعة للأمم المتحدة ، تقديرات لاستبدال كل وقود المركبات بالوقود الحيوي بشكل واقعي باستخدام الطحالب التي تحتوي على محتوى زيت طبيعي أكبر من 50 ٪ ، وهو ما يشير Briggs إلى أنه يمكن زراعته على أحواض الطحالب. في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

يمكن بعد ذلك استخراج هذه الطحالب الغنية بالنفط من النظام ومعالجتها في الوقود الحيوي ، مع إعادة معالجة البقية المجففة لإنتاج الإيثانول. لم يتم إجراء إنتاج الطحالب لحصاد النفط من أجل الوقود الحيوي على نطاق تجاري ، ولكن أجريت دراسات جدوى للتوصل إلى تقدير العائد أعلاه. بالإضافة إلى إنتاجها المرتفع المتوقع ، فإن زراعة الطحالب - على عكس الوقود الحيوي القائم على المحاصيل - لا يستلزم انخفاضاً في إنتاج الغذاء ، لأنه لا يتطلب الأراضي الزراعية ولا المياه العذبة. تتابع العديد من الشركات المفاعلات الحيوية للطحالب لأغراض متعددة ، بما في ذلك زيادة إنتاج الوقود الحيوي إلى مستويات تجارية.

أظهر البروفيسور رودريغو إي تيكسيرا من جامعة ألاباما في هنتسفيل استخراج الدهون من الوقود الحيوي من الطحالب الرطبة باستخدام تفاعل بسيط واقتصادي في السوائل الأيونية. [37]

الوقود الحيوي من الجيل الرابع

على غرار الجيل الثالث من الوقود الحيوي ، يتم إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الرابع باستخدام الأراضي غير الصالحة للزراعة. ومع ذلك ، على عكس الجيل الثالث من الوقود الحيوي ، فإنها لا تتطلب تدمير الكتلة الحيوية. تشمل هذه الفئة من الوقود الحيوي الوقود الكهربائي والوقود الشمسي الحيوي. بعض أنواع الوقود هذه محايدة الكربون.

أنواع الوقود

يمكن إنتاج أنواع الوقود التالية باستخدام إجراءات إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الأول أو الثاني أو الثالث أو الرابع. يمكن إنتاج معظمها باستخدام اثنين أو ثلاثة من إجراءات توليد الوقود الحيوي المختلفة.

الغاز الحيوي

الغاز الحيوي هو الميثان الناتج عن عملية الهضم اللاهوائي للمواد العضوية بواسطة اللاهوائية. يمكن إنتاجه إما من مواد النفايات القابلة للتحلل أو عن طريق استخدام محاصيل الطاقة التي يتم تغذيتها في الهضم اللاهوائي لتكملة إنتاج الغاز. يمكن استخدام المنتج الثانوي الصلب ، الهضم ، كوقود حيوي أو سماد. [38]

يمكن استرداد الغاز الحيوي من أنظمة معالجة نفايات المعالجة البيولوجية الميكانيكية. يتم إنتاج غاز المكب ، وهو شكل أقل نظافة من الغاز الحيوي ، في مدافن النفايات من خلال الهضم اللاهوائي الطبيعي. إذا هرب إلى الغلاف الجوي ، فهو من غازات الدفيئة المحتملة.

يمكن للمزارعين إنتاج الغاز الحيوي من السماد من ماشيتهم باستخدام الهضم اللاهوائي.

الغاز المتزايد

سينجاس ، وهو مزيج من أول أكسيد الكربون والهيدروجين وغيره من الهيدروكربونات ، يتم إنتاجه عن طريق الاحتراق الجزئي للكتلة الحيوية ، أي الاحتراق بكمية من الأكسجين غير الكافي لتحويل الكتلة الحيوية بالكامل إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. [26] قبل الاحتراق الجزئي ، يتم تخفيف الكتلة الحيوية ، وفي بعض الأحيان تحللها. خليط الغاز الناتج ، syngas ، أكثر كفاءة من الاحتراق المباشر للوقود الحيوي الأصلي ؛ يتم استخراج المزيد من الطاقة الموجودة في الوقود.

قد يتم حرق Syngas مباشرة في محركات الاحتراق الداخلي أو التوربينات أو خلايا الوقود عالية الحرارة. يمكن توصيل مولد غاز الخشب ، وهو مفاعل تغويز يعمل بالوقود الخشبي ، بمحرك احتراق داخلي.

يمكن استخدام Syngas لإنتاج الميثانول ، DME والهيدروجين ، أو تحويلها عبر عملية Fischer-Tropsch لإنتاج بديل للديزل ، أو خليط من الكحوليات يمكن مزجه في البنزين. يعتمد التحويل إلى غاز عادة على درجات حرارة تزيد عن 700 درجة مئوية.

تغويز درجة حرارة منخفضة أمر مرغوب فيه عند إنتاج الفحم الحيوي المشترك ، لكن ينتج عنه غاز ملوث بالقطران. [39]

الإيثانول

أنيق الإيثانول على اليسار (A) ، البنزين على اليمين (G) في محطة تعبئة في البرازيل

يتم إنتاج الكحول المنتج بيولوجيًا ، والأكثر شيوعًا من الإيثانول ، والأقل شيوعًا من البروبانول والبيوتانول ، عن طريق عمل الكائنات الحية الدقيقة والإنزيمات من خلال

تخمير السكريات أو النشويات (الأسهل) ، أو السليلوز (وهو أكثر صعوبة). غالبًا ما يُزعم أن البيوتانول (المعروف أيضًا باسم الغاز الحيوي) يوفر بديلاً مباشرًا عن البنزين ، لأنه يمكن استخدامه مباشرة في محرك البنزين.

ينظر الرئيس الأمريكي جورج دبليو بوش إلى قصب السكر ، وهو مصدر الوقود الحيوي ، مع الرئيس البرازيلي لويس إيناسيو لولا دا سيلفا خلال جولة حول تكنولوجيا الوقود الحيوي في بتروبراس في ساو باولو ، البرازيل ، 9 مارس 2007.

يعد وقود الإيثانول أكثر أنواع الوقود الحيوي شيوعًا في جميع أنحاء العالم ، وخاصة في البرازيل. يتم إنتاج وقود الكحول عن طريق تخمير السكريات المشتقة من القمح والذرة وبنجر السكر وقصب السكر والذبس وأي سكر أو نشا يمكن صنع المشروبات الكحولية منها مثل الويسكي (مثل البطاطا ونفايات الفاكهة وغيرها). طرق إنتاج الإيثانول المستخدمة هي هضم الإنزيم (لتحرير السكريات من النشا المخزن) ، تخمير السكريات ، التقطير والتجفيف. تتطلب عملية التقطير مدخلات كبيرة من الطاقة للتدفئة (في بعض الأحيان وقود أحفوري من الغاز الطبيعي غير مستدام ، ولكن الكتلة الحيوية السليلوزية مثل القصب ، النفايات المتبقية بعد ضغط قصب السكر لاستخراج عصيرها ، هي الوقود الأكثر شيوعًا في البرازيل ، في حين أن الكريات ورقائق الخشب وكذلك الحرارة المهدورة أكثر شيوعًا في أوروبا) مصنع وقود الإيثانول الذي يعمل بالبخار - حيث يتم استخدام حرارة النفايات الناتجة عن المصانع أيضًا في شبكة التدفئة بالمنطقة.

يمكن استخدام الإيثانول في محركات البنزين كبديل للبنزين ؛ يمكن خلطها بالبنزين لأي نسبة مئوية. يمكن تشغيل معظم محركات البنزين الموجودة في السيارات على خلطات تصل إلى 15٪ من الإيثانول الحيوي مع البترول / البنزين. يحتوي الإيثانول على كثافة طاقة أقل من البنزين. هذا يعني أن الأمر يتطلب المزيد من الوقود (الحجم والكتلة) لإنتاج نفس القدر من العمل. ميزة الإيثانول ($\text{OH}_2\text{CH}_3\text{CH}$) هو أنه يحتوي على نسبة أعلى من الأوكتان مقارنة بالبنزين الخالي من الإيثانول المتوفر في محطات الوقود على جانب الطريق ، مما يسمح بزيادة نسبة ضغط المحرك لزيادة الكفاءة الحرارية. في الأماكن المرتفعة (الهواء الرقيق) ، تفرض بعض الولايات مزيجًا من البنزين والإيثانول كمؤكسد شتوي للحد من انبعاثات التلوث الجوي. [40]

يستخدم الإيثانول أيضًا لتزويد مواعيد الإيثانول بالوقود. نظرًا لأنها لا تحتاج إلى مدخنة وهي بلا طائل ، فإن حرائق الإيثانول [29] مفيدة للغاية للمنازل والشقق المبنية حديثًا بدون مدخنة. الجانب السلبي لهذه المواعيد هو أن ناتجها الحراري أقل قليلاً من الحرارة الكهربائية أو حرائق الغاز ، ويجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجنب التسمم بأول أكسيد الكربون.

الكحول الحيوي الآخر

يتم إنتاج الميثانول حاليًا من الغاز الطبيعي ، وهو الوقود الأحفوري غير المتجدد. في المستقبل من المأمول أن يتم إنتاجه من الكتلة الحيوية مثل الميثانول الحيوي. هذا ممكن تقنيًا ، لكن الإنتاج يتم تأجيله حاليًا بسبب مخاوف جاكوب س. جيبس وبرنسلي كولبيرد من أن الجدوى الاقتصادية لا تزال معلقة. [34] يعد اقتصاد الميثانول بديلاً عن اقتصاد الهيدروجين ، مقارنةً بإنتاج الهيدروجين الحالي من الغاز الطبيعي.

وقود الديزل الحيوي

مزيد من المعلومات: وقود الديزل الحيوي في جميع أنحاء العالم

وقود الديزل الحيوي هو الوقود الحيوي الأكثر شيوعًا في أوروبا. يتم إنتاجه من الزيوت أو الدهون باستخدام التحويل المائي وهو سائل مماثل في التكوين لوقود الديزل الأحفوري / المعدني. كيميائيًا ، يتكون في الغالب من إسترات ميثيل الأحماض الدهنية (أو الإيثيل). تشمل المواد الأولية للديزل الحيوي الدهون الحيوانية والزيوت النباتية وفول الصويا وبذور اللفت والجاتروفا والماهوا والخردل والكتان وعباد الشمس وزيت النخيل والقنب وبنيكريس الحقل وبونجاميا بيناتا والطحالب. يعمل وقود الديزل الحيوي النقي (B100) ، المعروف أيضًا باسم الديزل الحيوي (الأنيق) على تقليل الانبعاثات بنسبة تصل إلى 60 ٪ مقارنة بالديزل الجيل الثاني .

يمكن استخدام وقود الديزل الحيوي في أي محرك ديزل عندما يختلط بالديزل المعدني. يمكن استخدامه أيضًا بشكله النقي (B100) في محركات الديزل ، ولكن قد تحدث بعض مشكلات الصيانة والأداء أثناء الاستخدام في فصل الشتاء ، لأن الوقود يصبح أكثر لزوجة إلى حد ما في درجات حرارة منخفضة ، اعتمادًا على المواد الخام المستخدمة. [39] في بعض البلدان ، يقوم المصنعون بتغطية محركات الديزل الخاصة بهم بموجب ضمان لاستخدام B100 ، على الرغم من مطالبة شركة فولكس واجن الألمانية ، على سبيل المثال ، السائقين بالتحقق عبر الهاتف من خلال قسم الخدمات البيئية لشركة فولكس واجن قبل التبديل إلى B100. في معظم الحالات ،

يتوافق وقود الديزل الحيوي مع محركات الديزل منذ عام 1994 فصاعدًا ، والتي تستخدم المطاط الصناعي 'Viton' (بواسطة DuPont) في أنظمة حقن الوقود الميكانيكية. لاحظ أنه لا توجد مركبات معتمدة لاستخدام وقود الديزل الحيوي النقي قبل 2014 ، حيث لم يكن هناك بروتوكول للتحكم في الانبعاثات متاح للديزل الحيوي قبل هذا التاريخ. [41]

قد لا تستخدم أنظمة نوع السكك الحديدية المشتركة و حاقن الوحدة التي يتم التحكم فيها إلكترونيًا منذ أواخر التسعينيات من القرن الماضي إلا الديزل الحيوي المخلوط بوقود الديزل التقليدي. هذه المحركات لديها أنظمة حقن متعددة المراحل وذات دقة عالية حساسة للغاية لزوجة الوقود. يتم تصنيع العديد من محركات الديزل الحالية بحيث يمكن تشغيلها على B100 دون تغيير المحرك نفسه ، على الرغم من أن هذا يعتمد على تصميم سكة الوقود. نظرًا لأن وقود الديزل الحيوي مذيّب فعال وينظف المخلفات المودعة بواسطة الديزل المعدني ، فقد تحتاج إلى استبدال مرشحات المحرك في كثير من الأحيان ، حيث يعمل الوقود الحيوي على إذابة الرواسب القديمة في خزان الوقود والأنابيب. كما أنه ينظف بشكل فعال غرفة احتراق المحرك من رواسب الكربون ، مما يساعد على الحفاظ على الكفاءة. في العديد من الدول الأوروبية ، يتم استخدام مزيج الديزل الحيوي بنسبة 5٪ على نطاق واسع وهو متاح في الآلاف من محطات الوقود. وقود الديزل الحيوي هو أيضًا وقود مؤكسج ، بمعنى أنه يحتوي على كمية منخفضة من الكربون ومحتوى هيدروجين وأكسجين أعلى من الديزل الأحفوري. هذا يحسن احتراق وقود الديزل الحيوي ويقلل من انبعاثات الجسيمات من الكربون غير المحترق. ومع ذلك ، فإن استخدام وقود الديزل الحيوي النقي قد يزيد من انبعاثات أكاسيد النيتروجين [42]

وقود الديزل الحيوي آمن أيضًا في المناولة والنقل لأنه غير سام وقابل للتحلل ، ولديه نقطة وميض عالية تبلغ حوالي 300 درجة فهرنهايت (148 درجة مئوية) مقارنة بوقود الديزل النفطي ، الذي يحتوي على نقطة وميض تبلغ 125 درجة فهرنهايت (52 °C) [43]

الديزل الأخضر

يتم إنتاج الديزل الأخضر من خلال المواد الهيدروكربونية للزيوت الهيدروكربونية ، مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية. التكسير بالهيدروجين هو طريقة لتكرير النفط تستخدم درجات حرارة وضغط مرتفعة في وجود محفز لتحطيم الجزيئات الأكبر ، مثل تلك الموجودة في الزيوت النباتية ، إلى سلاسل هيدروكربونية أقصر تستخدم في

محركات الديزل. يمكن أن يطلق عليه أيضاً الديزل المتجدد أو الزيت النباتي المعالج بالهيدروجين أو الديزل المتجدد المشتق من الهيدروجين. على عكس الديزل الحيوي ، يمتلك الديزل الأخضر نفس الخصائص الكيميائية تماماً مثل الديزل الذي يعتمد على النفط. لا يتطلب الأمر توزيع محركات أو خطوط أنابيب أو بنية تحتية جديدة لتوزيعها واستخدامها ، ولكن لم يتم إنتاجها بتكلفة منافسة مع البترول. كما يتم تطوير إصدارات البنزين. يجري تطوير الديزل الأخضر في لوزيانا وسنغافورة بواسطة Honeywell و Dynamic Fuels و Valero و Neste Oil و ConocoPhillips [UOP] وكذلك Preem في غوتنبرغ ، السويد ، مما يخلق ما يعرف باسم Evolution Diesel

مناقشات بشأن إنتاج واستخدام الوقود الحيوي

هناك العديد من القضايا الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والتقنية المتعلقة بإنتاج واستخدام الوقود الحيوي ، والتي تمت مناقشتها في وسائل الإعلام الشعبية والمجلات العلمية. وتشمل هذه: تأثير أسعار النفط المعتدلة ، ومناقشة الغذاء مقابل الوقود ، وأسعار الغذاء ، وإمكانية الحد من الفقر ، ونسبة الطاقة ، ومتطلبات الطاقة ، ومستويات انبعاثات الكربون ، والإنتاج المستدام للوقود الحيوي ، وإزالة الغابات وتآكل التربة ، وفقدان التنوع البيولوجي ، التأثير على موارد المياه ، التعديلات المحتملة اللازمة لتشغيل المحرك على الوقود الحيوي ، وكذلك توازن الطاقة وكفاءتها. قامت لجنة الموارد الدولية ، التي تقدم تقييمات علمية مستقلة ومشورة الخبراء حول مجموعة متنوعة من الموضوعات المتعلقة بالموارد ، بتقييم القضايا المتعلقة باستخدام الوقود الحيوي في تقريرها الأول نحو الإنتاج المستدام واستخدام الموارد: تقييم الوقود الحيوي. حدد تقييم الوقود الحيوي العوامل الأوسع نطاقاً والمترابطة التي يجب مراعاتها عند اتخاذ قرار بشأن المزايا النسبية لمتابعة الوقود الحيوي على الآخر. وخلص إلى أن الوقود الحيوي ليس جميعه يعمل على قدم المساواة من حيث تأثيره على المناخ وأمن الطاقة والنظم الإيكولوجية ، واقترح أن يتم تقييم الآثار البيئية والاجتماعية طوال دورة الحياة بأكملها.

هناك مشكلة أخرى تتعلق باستخدام الوقود الحيوي وإنتاجه وهي أن الولايات المتحدة قد غيرت صلاحياتها عدة مرات لأن الإنتاج استغرق وقتاً أطول من المتوقع. تم إرجاء معيار الوقود المتجدد (RFS) الذي وضعه الكونغرس لعام 2010 إلى عام 2012 على أفضل تقدير لإنتاج 100 مليون جالون من الإيثانول النقي (غير ممزوج بوقود أحفوري).

المصادر

- 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- Carlson, 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 Prevention 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 Prevention 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 Prevention 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- What is biofuel? definition and meaning. BusinessDictionary.com. Retrieved 30 May2015.
- 33- Biomass and the Environment – Basics
- 34- Jump up to:a b Biofuels Make a Comeback Despite Tough Economy. Worldwatch Institute. 31 August 2011. Retrieved 31 August 2011.
- 35- REN21 (2011). Renewables 2011: Global Status Report (PDF). pp. 13–14. Archived from the original (PDF) on 5 September 2011. Retrieved 3 January 2015.
- 36- Technology Roadmap, Biofuels for Transport (PDF). 2011.

37- Hall, Jeremy; Matos, Stelvia; Silvestre, Bruno; Martin, Michael (2011). Managing Technological and Social Uncertainties of Innovation: The Evolution of Brazilian Energy and Agriculture. *Technological Forecasting and Social Change*. 78 (7): 1147–1157. doi:10.1016/j.techfore.2011.02.005.

38- Jump up to: a b First, second, third and fourth generation biofuels explained

39- An example here is rapeseed, of which the oil is used as waste fuel, and of which the actual produce (for which the crop is grown) is fodder.

40- Coconut oil is another example, if it is extracted in such a way that the meat and milk can still be used for human and/or animal consumption.

41- <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2010/12/24/barley-grain-can-be-used-to-produce-ethanol-says-scientists-with-usda/>[full citation needed

42- Service, R. F. (2007). CELLULOSIC ETHANOL: Biofuel Researchers Prepare to Reap a New Harvest. *Science*. 315 (5818): 1488–1491. doi:10.1126/science.315.5818.1488. PMID 17363642