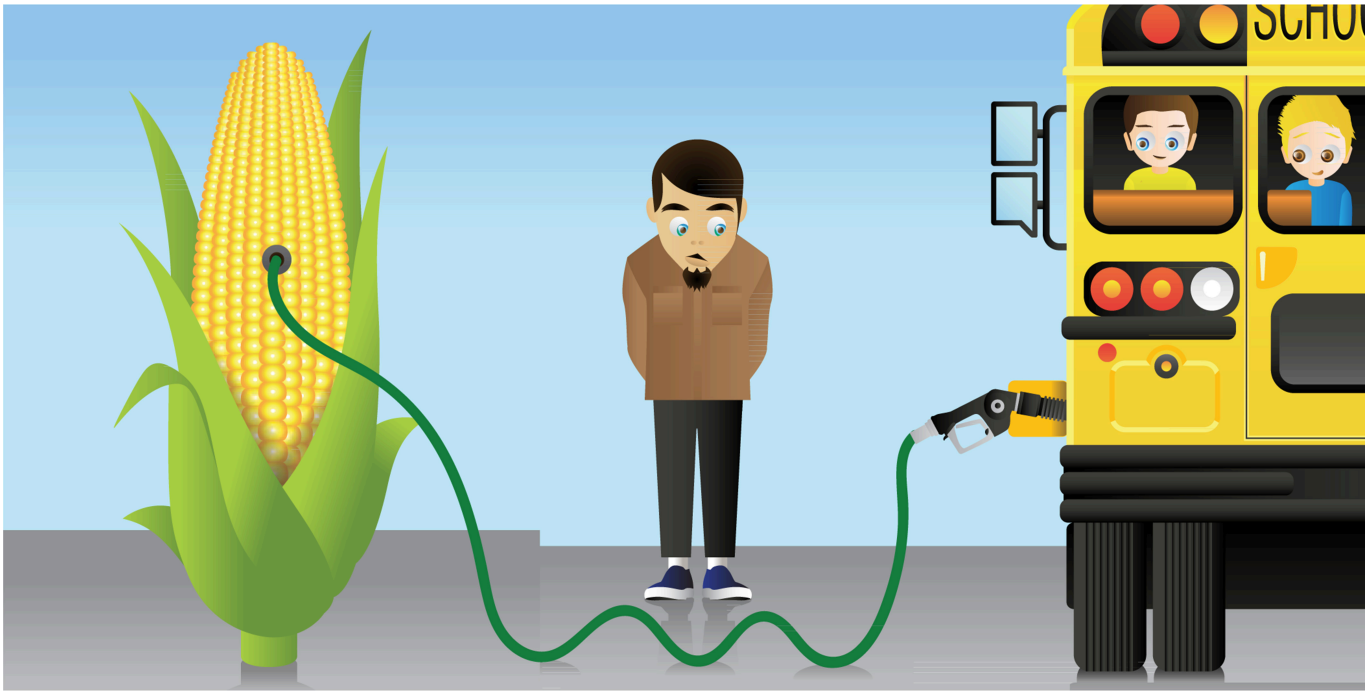
frontiers FOR YOUNG MINDS

الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021
doi: 10.3389/frym.2015.00010-ar



التحلّل: حيلة العلماء لصنع الوقود من النباتات!

Celia E. S. Luterbacher[1]* and Jeremy S. Luterbacher[2]

[1]Human Brain Project, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland

[2]Institute of Chemical Sciences and Engineering, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland

المراجعون الصغار:

FRENCH AMERICAN INTERNATIONAL SCHOOL

العمر:13-14

عند ركوب حافلة المدرسة في الصباح، من المحتمل أن تكون رحلتك مدعومة بالديزل أو البنزين حيث إن كليهما مصنوع من البترول الذي هو عبارة عن وقود أحفوري، مما يعني أنه مصنوع من كائنات متحجرة متحللة - مثل النباتات القديمة، والعوالق، والطحالب - التي دُفنت تحت سطح الأرض لملايين السنين.

يجري استخراج الوقود الأحفوري مثل البترول، والغاز الطبيعي، والفحم، من باطن الأرض ويُستخدم في قيادة السيارات وتدفئة المباني وتوليد الكهرباء. يمكن أيضًا استخدام البترول في صناعة المواد الكيميائية القائمة على البترول (البتروكيماويات)، والتي توجد في العديد من الأشياء التي نستخدمها يوميًا مثل نعل حذائك أو الغطاء البلاستيكي لمقعد حافلة المدرسة.

من مميزات الوقود الأحفوري أنه غني بالطاقة، أي أنه يحتوي على كمية كبيرة من الطاقة لكل وحدة من الحجم. يعني ذلك أن الوقود الأحفوري مفيد للغاية في تزويد السيارات بالطاقة وتوليد الحرارة. يظل الشيء السلبي بشأن الوقود الأحفوري هو أن الأرض تحتوي على كمية محدودة منه، ويرجع ذلك إلى أن الوقود الأحفوري يستغرق ملايين السنين لكي يتكون، وينتهي بنا الحال إلى استهلاكه قبل تكون المزيد. علاوة على ذلك، ينتج عن حرق الوقود الأحفوري أو البتروكيماويات

وقود أحفوري (FOSSIL FUEL)

يتكوّن الوقود الأحفوري تحت الأرض على مدار ملايين السنين ويتألف من مواد عضوية من أنسجة النباتات القديمة والحيوانات. يشمل الوقود الأحفوري كل من الفحم، والغاز الطبيعي، والبترول. يمكن تكرير البترول إلى أنواع أخرى من الوقود مثل، الديزل، والبنزين.

غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). ويُعرف غاز ثاني أكسيد الكربون بأنه من الغازات الدفيئة لأنه يعمل على حبس أشعة الشمس داخل الغلاف الجوي للأرض، ويكون بمثابة السقف الزجاجي لصوبة زراعية. يزيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسبب احتراق الوقود الأحفوري، ويمكن أن يؤدي ذلك إلى حدوث اضطرابات مناخية ويشمل ذلك **الاحتباس الحراري** [1].

بسبب هذه المشكلات، يبذل العلماء والمهندسون قصارى جهدهم لإيجاد أنواع جديدة من الوقود والمواد الكيميائية لا تعمل على زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ويمكن تجديدها عندما تنخفض مخزوناتها. يُشار إلى الوقود والمواد الكيميائية التي تستوفي هذه الشروط باعتبارها موادَّ ''**مستدامة**''. من الناحية البيئية، تعتبر المادة مستدامة إذا كان من الممكن استخدامها على المدى الطويل بدون نفاذها، وبدون أن يكون لها تأثير سلبي بشكل عام على البيئة.

الوقود الحيوي هو أحد أنواع الوقود الذي سيكون له استخدامات عديدة في المستقبل، ويرجع ذلك إلى أنه متجدد وصديق للبيئة، بمعنى آخر يعتبر الوقود الحيوي مستدامًا.

يتم إنتاج الوقود الحيوي عادة من مواد نباتية لا يمكن أن يأكلها الإنسان، مثل سيقان الذرة، والحشائش، ورقائق الخشب. الكتلة الحيوية هي اسم آخر للمواد النباتية التي تُستخدم في صنع الوقود الحيوي. فعند جمع **الكتلة الحيوية** ومعالجتها، يمكن للعلماء تحليلها وتحويل الخلايا النباتية إلى وقود متجدد أو مواد كيميائية. وبالتالي، بدلًا من الانتظار لملايين السنين حتى تتحول النباتات إلى وقود أحفوري، يحاول العلماء تسريع هذه العملية باستخدام عملية كيميائية ذكية لصنع وقود حيوي من النباتات الحية اليوم.

ولكن مهلًا، إذا كانت عملية حرق الوقود الأحفوري، المصنوع من مواد عضوية قديمة، تعمل على ضخ غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، فهل سيتسبب حرق الوقود الحيوي في حدوث نفس المشكلة؟ لحسن الحظ، الإجابة هي "لا". يعمل حرق الوقود الحيوي على إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، ولكن تذكر أن النباتات التي تُستخدم في صنع الوقود الحيوي ليست قديمة – فهي من عمر الإنسان، وبينما يتنفس الإنسان الأكسجين لكي يبقى حيًا، تتنفس النباتات ثاني أكسيد الكربون، مما يعني أنه نظرًا لأن النباتات المستخدمة كوقود حيوي تستهلك ثاني أكسيد الكربون أثناء نموها، فلا توجد زيادة كلية في كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي عند حرقها، حيث تعوض هذه النباتات ما استهلكته ليس أكثر. علاوة على ذلك، يمكننا دائمًا زراعة نباتات جديدة لاستخدامها كوقود حيوي عند حاجتنا إليها، بخلاف البترول الذي يستغرق سنوات عديدة.

لذلك، إذا كان الوقود الحيوي مستدامًا وصديقًا للبيئة، فيجب أن يكون هو الحل الأمثل لمشكلات الطاقة لدينا، أليس كذلك؟ لسوء الحظ، قد تكون العمليات التي يستخدمها العلماء لتحويل الكتلة الحيوية إلى وقود حيوي مكلفة للغاية. بما أن **التفاعلات** الكيميائية مكلفة، فإن ذلك يعني أن الوقود الحيوي والمنتجات الحيوية مكلفة، ومعظم المستهلكين يفضلون اختيار البنزين العادي أو البلاستيك على المنتجات "الصديقة للبيئة" الأكثر تكلفة. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب بعض تفاعلات الوقود الحيوي موادَّ كيميائية قوية يمكن أن تُسبب مشكلات بيئية خاصة بها، مما يجعلنا نعود إلى حيث بدأنا فيما يخص الاستدامة [2].

لكي نعرف كيف يتم تحويل النباتات إلى وقود ومواد كيميائية مفيدة، يجب أن نفهم أولًا تكوين النباتات. تكون جدران الخلايا النباتية مسؤولة عن وزن النبات كله تقريبًا وتتكون من ثلاثة جزيئات معقدة تسمى السليلوز والهيميسليلوز واللجنين (الشكل 1).

الاحتباس الحراري (GLOBAL WARMING)

عندما تزيد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بشكل كبير في الغلاف الجوي فإنه يمنع نفاذ أشعة الشمس خارج الأرض ويحبسها داخل الغلاف الجوي. تُعرف هذه الظاهرة باسم تأثير البيت الزجاجي، ويمكن أن تؤدي بشكل عام إلى زيادة درجات الحرارة على المستوى العالمي مما يسمى الاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي.

المادة المستدامة (SUSTAINABLE)

من الناحية البيئية، تعتبر المادة مستدامة إذا كان من الممكن استخدامها على المدى الطويل دون نفاذها، وبدون أن يكون لها تأثير سلبي بشكل عام على البيئة. على سبيل المثال، تعتبر الطاقة المتجددة مستدامة لأنه يمكننا إنتاج المزيد منها بدون التسبب في حدوث خطر جسيم للبيئة. على نطاق أوسع، يكون النظام البيئي مستدامًا إذا كان بإمكانه البقاء بمرور الوقت بمستويات صحية من التنوع الحيوي والإنتاجية والموارد.

الوقود الحيوي (BIOFUEL)

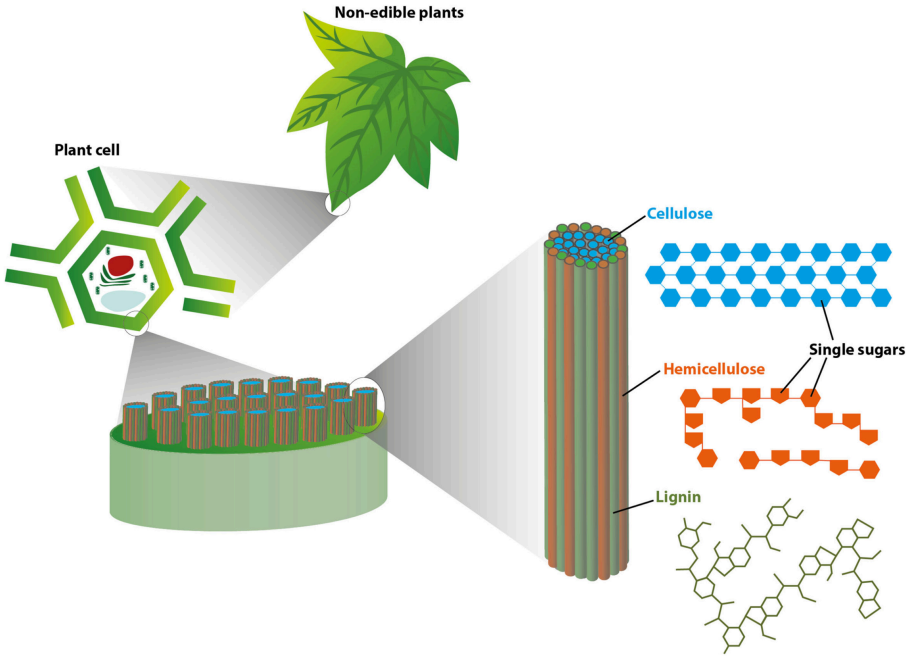
يمكن تحويل أنواع معينة من المواد النباتية (انظر الكتلة الحيوية) إلى وقود سائل أو غازي يسمى الوقود الحيوي. يمكن أن توفر بعض أنواع الوقود الحيوي بدائل متجددة للوقود الأحفوري، مثل البنزين.

الكتلة الحيوية (BIOMASS)

يشير مصطلح الكتلة الحيوية بشكل عام إلى أي مواد عضوية (تحتوي على الكربون) مصدرها مادة حية، مثل النباتات. تتكون الكتلة الحيوية النباتية من ثلاثة جزيئات رئيسية: السليلوز، والهيميسليلوز، واللجنين. وتتضمن أنواع الكتلة الحيوية المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي النباتات ومخلفات النباتات، مثل الحشائش، وسيقان الذرة، ورقائق الخشب.

التفاعل (REACTION)

يحدث التفاعل الكيميائي عندما تتم إعادة ترتيب الذرات في مادة ما مما يؤدي إلى حدوث تغيير كيميائي في المادة، ويمكن أن يتم التفاعل الكيميائي بمجرد وجود طاقة كافية، ويُطلق على الحد الأدنى من الطاقة الواجب توافرها لبدء التفاعل الكيميائي اسم طاقة التنشيط.



شكل 1

شكل 1

يوضح هذا الشكل التركيب الأساسي لأنسجة النباتات، بدءًا من مستوى الورقة (الجزء العلوي: ''النباتات غير الصالحة للأكل'')، والتكبير حتى المستوى الخلوي (اليسار: ''الخلية النباتية''). كما نرى على المستوى الخلوي، جزيئات السليلوز الطويلة (الموضحة باللون الأزرق) متراصة بإحكام في صورة حزم محاطة بالهيميسليلوز (البرتقالي) واللجنين (الأخضر). يساعد هذا الهيكل المحكم في جعل أنسجة النبات قوية ومتينة.

يحتوي كل من الجزيء الأول وهو السليلوز والجزيء الثاني وهو الهيميسليلوز على كمية هائلة من وحدات بنائية من السكريات البسيطة، وجميعها مرتبطة ببعضها البعض في هيكل مضغوط يدعمه الجزيء الثالث – اللجنين (الشكل 1). يجب تكسير جميع الجزيئات المعقدة الثلاثة في النباتات للوصول إلى الوحدات البنائية السكرية والتي يمكن تحويلها بعد ذلك إلى وقود حيوي.

يعد استخدام الكثير من المواد الكيميائية القوية لتفكيك أنسجة النبات من ضمن الطرق المستخدمة لتجزئة الكتلة الحيوية، ومع ذلك يمكن أن تكون هذه المواد الكيميائية باهظة الثمن – أو سامة [2]. الطريقة المثلى هي جعل عملية تحلل النباتات أكثر سهولة، حتى لا نضطر إلى الاعتماد بشكل كبير على هذه المواد الكيميائية.

من ضمن الحلول الممكنة المطروحة استخدام **مذيب** – وهو سائل يتميز بخصائص كيميائية تمكنه من إذابة مواد أخرى؛ مثل النباتات. يستخدم معظمنا المذيبات كل يوم حتى إن لم نكن ندرك ذلك. على سبيل المثال، نستخدم المياه كمذيب في كل مرة نغسل فيها أيدينا أو نحضر الشيكولاتة سريعة التحضير.

في بعض الأوقات، نستخدم فقط مذيبات محددة لإتمام المهمة. على سبيل المثال، المياه قد تذيب بودرة الكاكاو لإعداد الشيكولاتة الساخنة ولكنها لن تعمل على إزالة طلاء الأظافر – وبالتالي ستحتاج إلى مادة كيميائية تسمي الأسيتون أو خلات الإيثيل.

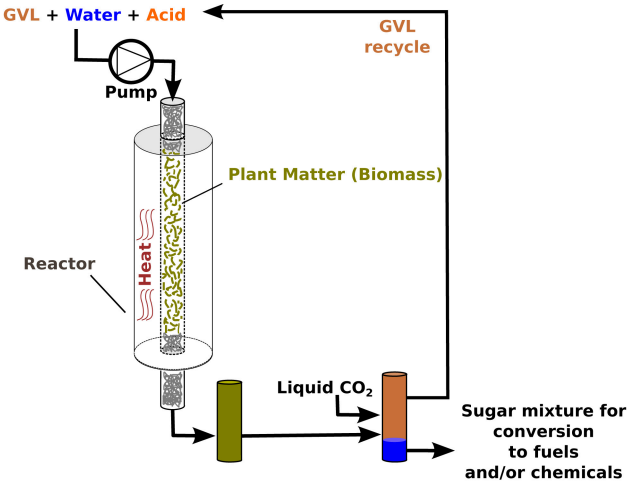
لسوء الحظ، وحتى وقت قريب، لم يتمكن الباحثون في مجال الطاقة من العثور على مذيب يتميز بما يلي: (أ) رخيص الثمن، (ب) مستدام، (ج) يُحلل النباتات بشكل جيد. ولكننا الآن اكتشفنا مذيبًا جديدًا مثيرًا للاهتمام يُطلق عليه اسم ''**جاما فاليرولاكتون**'' (γ-valerolactone) ويرمز له اختصارًا بـ**GVL** يمكنه أن يجعل عملية إنتاج الوقود الحيوي أرخص وأكثر كفاءة [3]. يعتبر المركب

المذيب (SOLVENT)

يُعرف المذيب في علم الكيمياء بأنه السائل أو الغاز الذي يمكن استخدامه لإذابة مادة أخرى، والتي تسمى المذاب. عند إضافة المذيب على المذاب، يتكون لديك محلول.

مركب ''جاما فاليرولاكتون'' (GVL)

هو مادة كيميائية يمكن إعدادها من النباتات بسهولة. نستخدم في التجربة التي نجريها هذا المركب باعتباره مذيبًا يساعد في تحلل النباتات. كان يتم استخدام مركب ''جاما فاليرولاكتون'' (GVL) في الماضي في صناعة العطور، ويرجع ذلك إلى رائحته الذكية العشبية، كما كان يُستخدم في تصنيع المنتجات الصيدلانية.



شكل 2

يوضح إنتاج السكر من النباتات باستخدام مركب جاما فاليرولاكتون (GVL) كمذيب.

المعروف باسم ''جاما فاليرولاكتون'' (GVL) مذيبًا مثيرًا للاهتمام لأنه ليس فقط زهيد الثمن -- ولكنه متجدد أيضًا، وذلك لأنه مصنوع من الكتلة الحيوية نفسها.

اكتشفنا أنه يمكننا استخدام مركب ''جاما فاليرولاكتون'' لاستخراج أكثر من 70% من السكريات الأصلية المحتجزة في البنية الكثيفة للكتلة الحيوية لإنتاج سكريات بسيطة، يسهل تحويلها إلى وقود. هذه العملية موضحة في الشكل 2، الذي يوضح التفاعل الكيميائي أثناء حدوثه داخل مفاعل الوقود الحيوي. مفاعلات الوقود الحيوي عبارة عن أوعية معدنية تجري بداخلها التفاعلات التي تعمل على تصنيع الوقود الحيوي. هذه المفاعلات مصممة خصيصًا لتحمل درجة الحرارة المطلوبة والضغط والمواد الكيميائية المعنية.

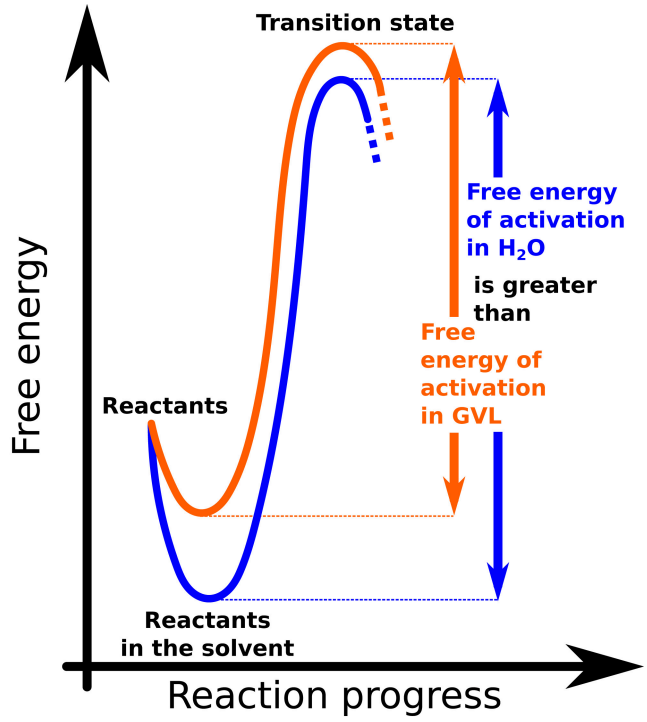
يتميز مركب ''جاما فاليرولاكتون'' (GVL) بخاصيتين تجعلانه مذيبًا ممتازًا لاستخراج السكر، وهما:

(1) أولًا، أنه يحفز الأحماض تحفيزًا هائلًا. فلكي يبدأ أي تفاعل كيميائي، يجب أن تكتسب المكونات اللازمة للتفاعل (المواد المتفاعلة) طاقة كافية أولًا، وتسمى أصغر كمية من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل ''طاقة التنشيط'' (الشكل 3). تُخلط، في تفاعلات إنتاج الوقود الحيوي الشائعة، الكثير من الأحماض بالماء للمساعدة في تحلل الكتلة الحيوية، ويمكن أن يستغرق ذلك الكثير من الوقت، خاصة بالنسبة للنباتات الخشبية والقوية، ولكن إضافة مركب ''جاما فاليرولاكتون'' للتفاعل يعمل على تحفيز الأحماض بقدر هائل من الطاقة. يساعد هذا التحفيز النظام على جمع طاقة التنشيط بشكل أسرع لكي يتم التفاعل بسرعة أكبر [4, 5] (الشكل 3).

إليك المثال التالي لتوضيح هذه الظاهرة، تخيل أن فتاتين، علياء وأميرة، على وشك التسابق إلى قمة تل شديد الانحدار. في العادة، يجب أن تقف كلتا المتسابقين خلف خط البداية للتأكد من أن السباق عادل، ولكن في هذا السباق، يُسمح لعلياء في الواقع بانطلاقة قوية: فعندما تنطلق صفارة البدء، تبدأ في الركض في منتصف الطريق أعلى التل شديد الانحدار، بينما يجب أن تبدأ أميرة في ذلك الوقت من الأسفل عند خط البداية. في رأيك، من سيفوز بهذا السباق؟ إجابة صحيحة -- ستصل علياء إلى القمة قبل أميرة بوقت كبير. مثلما بدأت علياء مبكرًا مما جعلها أقرب للوصول إلى قمة التل في السباق، قياسًا على ذلك، يعمل مركب ''جاما فاليرولاكتون'' على إيصال الحمض إلى نقطة التفاعل مع الكتلة الحيوية مما يجعل التفاعل يتم بشكل أسرع.

شكل 3

يوضح هذا الرسم البياني مراحل التفاعل الكيميائي. تعتبر "الطاقة الحرة" طريقة رائعة للإشارة إلى الطاقة ذات الصلة بالتفاعل الكيميائي. يمثل "مسار التفاعل" الحالة التي يجب أن تمر بها المواد المتفاعلة لكي تتحول إلى منتجات.



شكل 3

(2) ثانيًا، أنه يعمل على التخلص من اللجنين. يعتبر اللجنين، بالنسبة للنباتات، ذا أهمية بالغة حيث إنه: يمنح النباتات الشكل والهيئة التي هي عليها، ويساعدها على النمو بشكل قوي وصحي، ولكن يعتبر اللجنين بالنسبة للعلماء مصدر إزعاج، ويرجع ذلك إلى طبيعة اللجنين القوية والجزيئات العنيدة التي من الصعب تكسيرها، حيث إنه يحول دون الحصول على السكريات البسيطة من جزيئات السليلوز والهيميسليلوز. يتمنى العلماء أن يكونوا قادرين في يوم من الأيام على تكسير اللجنين لإنتاج مواد مفيدة، ولكن في الوقت الحالي كل ما يريدونه هو التخلص منه. يتميز مركب ''جاما فاليرولاكتون'' بقدرته الاستثنائية على إذابة اللجنين ومنعه من إعاقة الحصول على وحدات البناء السكرية الغنية بالطاقة.

ربما من أفضل خواص مركب ''جاما فاليرولاكتون'' أنه يمكن إعادة تدويره. ففي نهاية تفاعل الوقود الحيوي، يمكن إضافة ثاني أكسيد الكربون السائل إلى المفاعل لفصل كل مادة متفاعلة في طبقة مختلفة (الشكل 2). فكر في الأمر كما لو كان زجاجة فاخرة من تتبيلة السلطة: بدلًا من خلط الزيت والخل معًا، يبقى كل من الزيت والخل منفصلين تمامًا حتى تهتز الزجاجة. وبالمثل، عند إضافة ثاني أكسيد الكربون إلى مفاعل الوقود الحيوي، فإن محلول ''جاما فاليرولاكتون'' والسكر يصبحان مثله؛ مثل تتبيلة السلطة. إذ تنتقل جميع السكريات إلى طبقة واحدة وتصبح مركزة (انظر الشكل 2)، بينما يشكل مركب ''جاما فاليرولاكتون'' طبقة منفصلة. يمكن بكل بساطة إزالة مركب ''جاما فاليرولاكتون'' واستخدامه مرة أخرى، في حين أن محلول السكر الذي حصل عليه العلماء في نهاية المطاف يكون مركزًا خمس مرات أكثر تقريبًا مقارنة بتركيزه في حالة غياب مركب ''جاما فاليرولاكتون''. هذا التركيز المتزايد مهم للغاية لأنه يعني أنك بحاجة إلى استخدام قدر أقل من الطاقة في تنقية المنتج النهائي، مما يجعل العملية برمتها أكثر كفاءة وأقل تبديدًا للطاقة.

بعد إزالة مركب ''جاما فاليرولاكتون''، المركز -- والمفيد للغاية -- يتبقى محلول السكر. يوجد خياران لدى للعلماء لاستخدام هذا المحلول الغني بالطاقة:

- يمكنهم رفع مستوى جودة السكريات من خلال تفاعلات كيميائية أخرى بحيث تتحول إلى جزيئات مفيدة يمكن استخدامها لإنتاج العديد من العناصر المشتقة من البتروكيماويات الحالية. يعني ذلك أن مركب ''جاما فاليرولاكتون'' يمكن أن يُستخدم لإنتاج منتجات بديلة مستدامة للبلاستيك والصابون والعديد من المواد الأخرى شائعة الاستخدام.
- يمكنهم استخدام السكريات في ''إطعام'' الكائنات الحية الدقيقة، مثل الخميرة أو البكتيريا، التي تقوم باستقلابها وإنتاج الوقود. يعتبر الإيثانول، وهو وقود حيوي، أحد الأمثلة: إذ يمكنه تشغيل السيارات والشاحنات والآلات الأخرى بكفاءة تقارب كفاءة البنزين. تتمتع بعض الكائنات الحية الدقيقة بشهية جيدة للسكريات المُنتَجة باستخدام مركب ''جاما فاليرولاكتون'' على وجه التحديد، وذلك لأنها خالية من المواد الكيميائية القوية التي تُستخدم عادة في تفاعلات الوقود الحيوي الأخرى. حقيقة أن الكائنات الحية الدقيقة تستطيع البقاء على قيد الحياة بتناول السكريات وتعيش أيضًا على استهلاك السكريات المعالجة بمركب ``جاما فاليرولاكتون''، توضح لنا أن هذا المركب مناسب للاستخدام في التفاعلات الحيوية الأخرى - وليس التفاعلات الكيميائية فقط. في هذا الصدد، تم استخدام الكائنات الحية الدقيقة لإنتاج تركيزات عالية من الإيثانول بحيث تكون عملية تنقية الإيثانول إلى وقود قابل للاستخدام رخيصة الثمن.

نستنتج من جميع الأسباب السابق ذكرها أن استخدام مركب ''جاما فاليرولاكتون'' يمنح العلماء أملًا لإنتاج الوقود الحيوي والمواد الكيميائية التي يمكنها منافسة المنتجات البترولية في الأسواق. كان الإنسان، منذ قرون، يبتكر تقنيات جديدة ويطور الصناعة بمعدل مذهل - وأحيانًا يكون ذلك مصحوبًا بتكلفة جسيمة تتكبدها البيئة. تتميز عملية إنتاج الوقود الحيوي التي تلبي جميع متطلبات القدرة على تحمل التكاليف وقابلية التجديد والاستدامة بالقدرة على إفادة كل من الإنسان وكوكب الأرض، ومع اكتشاف دور مركب ``جاما فاليرولاكتون'' في تصنيع الوقود الحيوي، نعتقد أننا على بعد خطوة واحدة من مستقبل مستدام.

مقال المصدر الأصلي

Luterbacher, J. S., Rand, J. M., Alonso, D. M., Han, J., Youngquist, J. T., Maravelias, C. T., et al. 2014. Nonenzymatic sugar production from biomass using biomass-derived γ-valerolactone. *Science* 343:277–280. doi: 10.1126/science.1246748

المراجع

1. Tester, J. W. 2005. *Sustainable Energy*. Cambridge, MA: MIT Press.
2. Luterbacher, J. S., Martin Alonso, D., Dumesic, J. A. 2014. Targeted chemical upgrading of lignocellulosic biomass to platform molecules. *Green Chem.* 16:4816-38. doi: 10.1039/C4GC01160K
3. Luterbacher, J. S., Rand, J. M., Alonso, D. M., Han, J., Youngquist, J. T., Maravelias, C. T., et al. 2014. Nonenzymatic sugar production from biomass using biomass-derived γ-valerolactone. *Science* 343:277–80. doi: 10.1126/science.1246748

4. Mellmer, M. A., Sener, C., Gallo, J. M. R., Luterbacher, J. S., Alonso, D. M., Dumesic, J. A. 2014. Solvent effects in acid-catalyzed biomass conversion re- actions. *Angew Chem. Int. Ed.* 53:11872-5. doi: 10.1002/anie.201408359
5. Mellmer, M. A., Alonso, D. M., Luterbacher, J. S., Gallo, J. M. R., Dumesic, J. A. 2014. Effects of γ-valerolactone in hydrolysis of lignocellulosic biomass to monosaccharides. *Green Chem.* 16:4659-62. doi: 10.1039/C4GC01768D

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 أغسطس 2021

الاقتباس: Luterbacher CES and Luterbacher JS (2021) التحلّل: حيلة العلماء لصنع الوقود من النباتات! Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2015.00010-ar

مُترجَم ومقتبس من: Luterbacher CES and Luterbacher JS (2015) Break it down! How scientists are making fuel out of plants. Front. Young Minds 3:10. doi: 10.3389/frym.2015.00010

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2015 © 2021 Luterbacher and Luterbacher.
هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

FRENCH AMERICAN INTERNATIONAL SCHOOL، العمر: 13-14

تقع مدرسة French American International School في وسط سان فرانسيسكو، وهي مدرسة دولية لطلاب رياض الأطفال إلى الصف الثاني عشر وتضم 1,080 طالبًا. نقدم في المدرسة الابتدائية والإعدادية برنامجًا مكثفًا ثنائي اللغة ينتهي في مدرستنا الثانوية الدولية، حيث يعمل الطلاب على إكمال برنامج اللغة الفرنسية أو برنامج البكالوريا الدولية. وبغض النظر عن القسم أو البرنامج المدرسي، تحتل العلوم دومًا مكانة بارزة. ففي السنوات الأخيرة، تم تطوير مناهجنا الدراسية من خلال إطلاق نادٍ للعلوم في المدرسة الابتدائية يُسمى "Tinker Space"، والمدرسة الإعدادية يُسمى "Design Lab". يستفيد الطلاب والمعلمون من هذه البرامج من خلال إجراء المزيد من الدراسات متعددة التخصصات في قطاع عريض من التفكير العلمي والتصميمي www.frenchamericansf.org.

المؤلفون

CELIA E. S. LUTERBACHER

أنا لست عالمة ولكنني أحب الكتابة عن العلوم والبحث، كما أنني كنت مهتمة بشكل خاص بعلم الأحياء وعالم الطبيعة منذ نعومة أظافري، حيث إنني نشأت في مزرعة في ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية. أدركت في الجامعة أنني أحب إجراء الأبحاث الأدبية أكثر من الأبحاث المختبرية، ولذلك قررت

أن أتجه إلى الصحافة العلمية. اليوم، أكتب عن مختلف الموضوعات، ولكن الموضوعات العلمية ما زالت المفضلة لي.

*العنوان الحالي: Swissinfo, Swiss Broadcasting Corporation, CH-3000 Bern.

JEREMY S. LUTERBACHER

على الرغم من أنني أستاذ في الهندسة الكيميائية، فإنني لم أفكر أبدًا في هذا الأمر. لقد نشأت وأنا أدرس اللاتينية واليونانية ولم أحضر أول صف كيمياء لي حتى المرحلة الثانوية. كانت الكيمياء هي المادة الأولى التي أستمتع بها حقًا. درست في الجامعة الهندسة الكيميائية، وأذهلتني الإمكانات التي يوفرها هذا التخصص لمواجهة تحديات الطاقة والاستدامة، ولذلك كرست مسيرتي المهنية لهذا الأمر. أما عن اهتماماتي خارج نطاق العمل، فأنا أستمتع بممارسة الجري والمبارزة، كما أنني التقيت بزوجتي الجميلة Celia أثناء ممارسة رياضة المبارزة في جامعة Cornell.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology