بسم الله الرحمن الرحيم

إنتاج الطاقة الحيوية والوقود الحيوي من النفايات والكتلة الحيوية

الجزء الثاني

تحرير

Samir K. Khanal, Rao Y. Surampalli, Tian C. Zhang,
Buddhi P. Lamsal, R. D. Tyagi, C. M. Kao

ترجمة

الدكتور ناصر محمد عبدالسلام عمر

أستاذ الكيمياء المساعد

قسم العلوم الطبيعية -كلية المجتمع بالرياض

جامعة الملك سعود

الدكتور خليل عبدالرازق خليل

أستاذ هندسة المواد المشارك

قسم الهندسة الميكانيكية- جامعة الملك سعود

أستاذ بكلية هندسة الطاقة جامعة أسوان

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٧هـ (٢٠١٦م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

خانال، سمير ك.

إنتاج الطاقة الحيوية والوقود الحيوي من النفايات والكتلة الحيوية/ سمير ك. خانال؛ ناصر محمد عبدالسلام عمر؛ خليل عبدالرازق خليل- الرياض، ١٤٣٧هـ.

٢مج.

٥٠٢ ص، ١٧×٢٤ سم

ردمك: ٣-٤٦٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (مجموعة)

٧-٤٦٦-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج٢)

١- الوقود الحيوي ٢- الطاقة الحيوية أ. عمر، ناصر محمد عبدالسلام (مترجم) ب. خليل، خليل عبدالرازق (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٣٣٣,٩٥٣٩ ١٤٣٧/١١٢٧

رقم الإيداع: ١٤٣٧/١١٢٧

ردمك: ٣-٤٦٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (مجموعة)

٧-٤٦٦-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج٢)

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Bioenergy and Biofuel from Biowastes and Biomass
By: Samir K. Khanal, Rao Y. Surampalli, Tian C. Zhang, Buddhi P. Lamsal, R. D. Tyagi, C. M. Kao
© American Society of Civil Engineers (April 30, 2010)
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثاني عشر للعام الدراسي ١٤٣٥/١٤٣٦هـ المعقود بتاريخ ٢٧/ ٤/ ١٤٣٦هـ الموافق ١٦/ ٢/ ٢٠١٥م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

مقدمة المترجمين

لقد أصبح المجتمع البشري- وما زال- يعتمد على الطاقة بشكل متزايد للغاية، وتعد الطاقة ركناً أساسياً من أركان الاقتصاد، فهي تستخدم في الزراعة، والصناعة، والأجهزة المنزلية والنقل. ويتطلب النقل- على وجه الخصوص- الوقود السائل كمصدر أكثر أماناً، وملاءمةً من الطاقة، لنقل البضائع والناس في المركبات على الأرض والبحر وفي الجو، وتصنع هذه الأنواع من الوقود السائل حالياً من المصادر الأحفورية على وجه الحصر تقريباً. وليس هذا فقط هو المكروه من الناحية الإستراتيجية للدول الصناعية المستوردة للنفط عموماً، ولكن النفط يعد مورداً غير متجدداً، لا يمكن الاعتماد عليه في توفير احتياجات الدول المستقبلية من الوقود.

إن اعتماد عالمنا الكبير حالياً على مصادر الطاقة غير المتجددة (أكثر من ٩٠٪ من احتياجاتنا تأتي من مصادر غير متجددة)، ينطوي على العديد من العواقب الوخيمة، على التنمية الاقتصادية، والأمن القومي، والبيئتين المحلية والعالمية؛ ونظرًا لما يشهده العالم حالياً من جهود هائلة نحو الحفاظ على البيئة، والتخلص من النفايات بصورة آمنة، واستغلالها في إنتاج الوقود الحيوي والطاقة الحيوية، بالإضافة إلى تزايد الطلب

المتوقع على الطاقة، مع نمو الدول الصناعية الناشئة، مثل دول شرق آسيا، والصين والهند؛ فكان من الضروري البحث سريعاً عن مصادر للطاقة المستدامة، تكون صديقة للبيئة، وبأسعار مناسبة.

وتعد الطاقة الحيوية والوقود الحيوي المشتق من مواد خام متجددة، مثل النفايات والمخلفات الحيوية والكتلة الحيوية، من أكثر البدائل الواعدة لإنتاج الطاقة، ويبذل الكثير من الجهود والبحوث حالياً، من أجل تطوير تقنية الجيل الثاني والثالث من الوقود الحيوي في الولايات المتحدة، وأجزاء أخرى من العالم. إن العديد من شركات صناعة وقود الجيل الأول الحيوي، تقوم بعملية دمج الإيثانول السليلوزي في مصافي التكرير الحيوية لإيثانول الذرة. ومن الجدير بالذكر الإشارة إليه هنا أن السكر والنباتات النشوية ستظل المواد الخام الرئيسة؛ لإنتاج الإيثانول في المستقبل القريب. وسوف تستخدم هذه النباتات في تطوير الوقود الحيوي من الجيل الثاني، كما يمكن استخدام مياه الصرف الصحي، والنفايات العضوية المتجددة والموجودة بكميات كبيرة، لإنتاج الميثان، والهيدروجين الحيوي. كما يمكن أن تساهم الطاقة الحيوية في توفير جزء كبير من احتياجات الناس من الطاقة، والتي يمكن استخدامها في تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي على سبيل المثال، وبالرغم من الجهود البحثية الكبيرة في مجال خلايا الوقود الميكروبية، إلا أنها واجهت تحديات تقنية عديدة عند تطبيقها على النطاق الصناعي، كما واجهت عملية إنتاج وقود الديزل الحيوي من الطحالب عائقاً تقنياً رئيساً، نتيجة انخفاض الإنتاجية البيولوجية.

وهذا الكتاب- الذي قمنا بتوفيق الله بترجمته- يوفر تقنية متعمقة حول مختلف جوانب إنتاج الطاقة الحيوية والوقود الحيوي. إن فصول الكتاب تعد منظمة ومترابطة، حيث يعتمد الفصل اللاحق على الفصل الذي يسبقه وهكذا حتى تنتهي

فصوله في وحدة مسلسلة مرتبة، ثم يتوافر في نهاية كل فصل الاتجاهات والاحتياجات البحثية الحالية والمستقبلية، ويغطي هذا الكتاب بشكل أساسي التحويل البيولوجي والكيميائي الحيوي لإنتاج الطاقة والوقود الحيوي بصورة أكثر فعالية من حيث تكلفة الإنتاج. وينقسم الكتاب إلى واحد وعشرين فصلاً، الفصل تمهيد يعطي نظرة عامة عن الوقود الحيوي/ الطاقة الحيوية. أما الفصول من الثاني إلى الخامس فتركز على العمليات اللاهوائية لإنتاج الميثان الحيوي، والهيدروجين الحيوي، والكهرباء من مياه الصرف الصحي، والنفايات الغذائية والعضوية التي تشكل جزءًا من نفايات البلدية الصلبة، كما يغطي الفصل السادس إنتاج الكهرباء الميكروبي من الليجنوسليلوز. وتم تناول وقود الجيل الثاني الحيوي- خاصة إنتاج الإيثانول الحيوي- في الفصول من السابع إلى الثاني عشر. وأما الفصل الثالث عشر فيتناول أنظمة المفاعلات الحيوية، ومعايير تصميمها، من أجل إنتاج الوقود الحيوي السائل، والغازي على حد سواء. كما تتناول الفصول من الرابع عشر إلى السادس عشر، توليد الوقود الحيوي، والتركيز على إنتاج وقود الديزل الحيوي، وإنتاج الإيثانول من الطحالب. ويغطي الفصل السابع عشر التحول الحيوى للمخلفات الصناعية لوقود (الجيل الأول والثاني) الحيوي، إلى منتجات حيوية عالية القيمة الحيوية. كما تمت مناقشة تحليلات دورة الحياة للوقود الحيوي (الجيل الأول والثاني) في الفصلين الثامن عشر والتاسع عشر. وأما الجزء الأخير من الكتاب فيتكون من الفصلين العشرين والحادي والعشرين، وهما يتناولان إنتاج البيوتانول من النشا، والمخلفات الزراعية، بالإضافة إلى تطبيقات تقنية النانو في إنتاج الوقود الحيوي.

ويعد هذا الكتاب مرجعاً قيّماً، لطلاب المرحلة الجامعية، والدراسات العليا، والباحثين في مجالات: الكيمياء، والكيمياء الحيوية، والبيئة، والمجالات الهندسية،

وصناع القرار، والمهنيين الممارسين، وغيرهم من المهتمين بمجال الوقود الحيوي والطاقة الحيوية، وكذلك للمهندسين الاستشاريين؛ ونظراً لافتقار المكتبة العربية إلى وجود مثل هذه النوعية المتخصصة فقد رأينا أن من الواجب علينا ترجمة هذا الكتاب المهم إلى اللغة العربية.

والله من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل

المترجمان

مقدمة المحررين

من المتوقع أن يزداد الطلب على الطاقة بنحو ٤٤٪ بحلول عام ٢٠٣٠ م، وترجع معظم هذه الزيادة المتوقعة، إلى زيادة الطلب على الطاقة من الدول النامية، مثل الهند والصين. وتُلبَى حاجة أكثر من ٩٠٪ من الطلب العالمي على الطاقة (أقل من ٥٠٠ كوادريليون وحدة حرارية بريطانية) حالياً، من خلال المصادر غير المتجددة، مثل النفط والغاز الطبيعي والفحم والطاقة النووية. ففي الولايات المتحدة، يتم توفير ٧٪ فقط من الاستهلاك الكلي للطاقة (أقل من ١٠٠ كوادريليون وحدة حرارية بريطانية) حالياً، من مصادر الطاقة المتجددة. إن الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة غير المتجددة، له العديد من العواقب التي لا يمكن تجنبها، مثل التأثيرات على التنمية الاقتصادية، والأمن القومي، والبيئتين المحلية والعالمية. ومن ثم، يجب علينا أن نعمل بسرعة وبشكل حاسم على تطوير مصادر طاقة مستدامة، صديقة للبيئة، ورخيصة. والوقود الحيوي والطاقة الحيوية المشتقة من المواد الخام المتجددة، مثل النفايات والمخلفات الحيوية والكتل الحيوية الليجنوسليلوزية، تعد أكثر البدائل الواعدة. وتُبْذَلُ حالياً جهود بحثية وتكنولوجية كبيرة في الولايات المتحدة وأجزاء أخرى من

العالم، وذلك من أجل تطوير الجيل الثاني والثالث من الوقود الحيوي. إن العديد من صناعات الوقود الحيوي من الجيل الأول الحالية، مثل بويت (بروين سابقا)، وأبينجوا الطاقة الحيوية، وإيثانول المحيط الهادي من بين الآخرين، تتم من خلال عملية دمج (مكاملة) الإيثانول السليلوزي في مصافيها الحيوية الحالية لإيثانول الذرة. ومن المهم أن نشير إلى أن السكر والنباتات النشوية، ستظل المصادر الرئيسة لإنتاج الإيثانول في المستقبل المنظور. وحيث إن هذه النباتات ستكون بمثابة النموذج في تطوير الوقود الحيوي من الجيل الثاني. وتعد مياه الصرف الصحي عالية القوة، والنفايات العضوية المتولدة بكميات كبيرة ومتجددة، والتي يمكن هضمها لاهوائياً، مصدراً مهماً لإنتاج الميثان الحيوي، أو الهيدروجين الحيوي. ويمكن أن تساهم الطاقة الحيوية المتولدة بجزء كبير من احتياجات الطاقة اللازمة في تشغيل محطة معالجة مياه الصرف. ومن ثم، سيكون هناك العديد من منتجات الوقود الحيوي، والطاقة الحيوية الناتجة من المواد الأولية المتنوعة. وعلى الرغم من وجود جهود بحثية هائلة في مجال خلايا الوقود الميكروبية، إلا أنها تواجه العديد من التحديات التقنية فيما يتعلق بزيادة نطاق العملية. كما أن العملية الطحلبية لإنتاج وقود الديزل الحيوي، تواجه أيضاً مشكلة تقنية جوهرية، تتعلق بانخفاض الإنتاجية البيولوجية. وهذا الكتاب يوفر معلومات تقنية متعمقة حول الجوانب المختلفة لإنتاج الوقود الحيوي/ الطاقة الحيوية.

وقد عرفت اللجنة الفنية بالجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) الوقود الحيوي والطاقة الحيوية كمجال مهم، وتوفر فصول هذا الكتاب- الإحدى والعشرون- أحدث استعراض، ومسح لما يجري حالياً من بحوث وتطورات تقنية، فيما يتعلق بالجيلين الثاني والثالث من الوقود الحيوي، والطاقة الحيوية. وقد تم ترتيب محتويات الكتاب بحيث يشكل كل فصل سابق أساساً يُبنى عليه الفصل اللاحق أو

الفصول اللاحقة. ويعرض المؤلف الاتجاهات البحثية الحالية والمستقبلية في نهاية كل فصل، ويغطي هذا الكتاب في المقام الأول، التحويل البيولوجي والكيميائي الحيوي؛ لإنتاج الوقود الحيوي والطاقة الحيوية، باعتباره خياراً معلناً وفعالاً من حيث التكلفة لإنتاج الوقود الحيوي/ الطاقة الحيوية.

إن هذا الكتاب مقسم إلى سبع فئات، الفصل الأول هو الفصل التمهيدي، الذي يعطي نظرة عامة عن الوقود الحيوي/ الطاقة الحيوية، والتقدم في تطوير الوقود الحيوي/ الطاقة الحيوية، وتحليل تكلفة إنتاج الوقود الحيوي، واستدامة صناعات الوقود الحيوي، وتركز الفصول من الثاني إلى الخامس على العمليات اللاهوائية، والهيدروجين الحيوي، وإنتاج الكهرباء الحيوية من مياه الصرف الصحي عالية القوة، والنفايات الغذائية، والجزء العضوي من نفايات البلديات الصلبة ومدفن النفايات، ويغطي الفصل السادس إنتاج الكهرباء المستند إلى الميكروبات من ناتج تميؤ (حلامة) الليجنوسليلوز. ويتم تناول عملية إنتاج الإيثانول خاصة من الجيل الثاني للوقود الحيوي في الفصول من السابع إلى الثاني عشر. وهذه الفصول هي بمثابة تغطية لإنتاج المواد الخام الليجنوسليلوزية، والتجهيز المسبقة للكتلة الحيوية، وتفكيك الكتلة الحيوية (المعالجة المسبقة)، والتميؤ الإنزيمي للكتلة الحيوية المعالجة مسبقاً، ويتم الحديث عن تخمر الغاز الصناعي (السنغاز) المشتق من الكتلة الحيوية، وتحويله إلى الإيثانول في الفصل الحادي عشر، بينما يناقش الفصل الثاني عشر استخلاص الليجنين واستخدامه. كما تتم تغطية أنظمة المفاعلات الحيوية، واختيارها، ومعايير تصميمها لكلٍّ من الوقود الحيوي السائل والغازي (في الجيل الأول والثاني والثالث) في الفصل الثالث عشر. وأما الفصول من الرابع عشر إلى السادس عشر، فتعتبر تغطية للجيل الثالث من الوقود الحيوي، والذي يركز على العمليات الطحلبية ذاتية التغذية

ومتغايرة التغذية لإنتاج الديزل الحيوي، وإنتاج الإيثانول من الطحلبي. كما يغطي الفصل السابع عشر عمليات التحويل البيولوجي للمخلفات من صناعات الجيلين الأول والثاني من الوقود الحيوي، إلى منتجات حيوية عالية القيمة. وتتم مناقشة تحليلات دورة الحياة (LCA) للجيلين الأول والثاني من الوقود الحيوي (من الذرة وفول الصويا والجاتروفا والكتلة الحيوية السليلوزية) في الفصلين الثامن عشر والتاسع عشر، وأما الجزء الأخير من الكتاب فيتكون من فصلين، وهما (العشرون والحادي والعشرون)؛ ويركز الفصل العشرون على إنتاج البيوتانول الحيوي من النشا، ونواتج تميؤ المخلفات الزراعية، كما يغطي الفصل الحادي والعشرون تطبيقات تقنية النانو في إنتاج الوقود الحيوي. إن تنظيم الكتاب على هذه الشاكلة من شأنه مساعدة القراء على فهم محتويات الكتاب واستيعابها.

ونأمل- مخلصين- أن يصبح هذا الكتاب كنزاً قيماً، للباحثين والمدربين وصناع القرار والمهنيين الممارسين، وغيرهم من المهتمين بمجال الوقود الحيوي والطاقة الحيوية. كما يعد هذا الكتاب أيضاً بمثابة مرجع للطلاب الجامعيين، وطلاب الدراسات العليا، وكذلك المهندسين الاستشاريين.

ويعبِّر المحررون عن عظيم امتنانهم لكل من أسهم في تأليف هذا الكتاب، وعلى عملهم الدؤب وصبرهم غير المحدود، لإخراج هذا الكتاب على الشكل الذي بين أيديكم. وتجدر الإشارة إلى أن ما يتضمنه الكتاب من وجهات نظر أو آراء في كل فصل من فصوله تعبر عن آراء المؤلفين، ولا تعبر بالضرورة عن آراء المنظمات والهيئات التي يعملون بها. ويتقدم المحررون بشكر خاص إلى طلاب الدراسات العليا في جامعة هاواي في مانوا (UHM): السيد ديفين تاكارا، والسيدة ساوهارت نيتيافارد هانا، والسيد براديب موناسينغي، لمساعداتهم في تنسيق جميع فصول الكتاب، والشكر موصول أيضاً

إلى الدكتور براشند شريستا، وسكك (SKK) الطالب – السابق في جامعة هاواي – الحالي في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، والسيد ديفين تاكارا، وهو طالب حالي في جامعة هاواي، والذين بذلوا جهداً كبيراً في تصميم غلاف هذا الكتاب؛ كما ساعد الدكتور براشند في التصميم النظري للغلاف جنباً إلى جنب مع سكك. وكذلك الشكر موصول للسيد ديفين، الذي ساعدنا كثيراً بتصميمه الرائع للرسومات.

المحررون

قائمة المشاركين

List of Contributors

Bhavik R. Bakshi, *Ohio State University, Columbus, OH, USA*
S. Balasubramanian, *INRS, Universite du Quebec, Quebec, QC, Canada*
Shankha K. Banerji, *University of Missouri, Columbia, MO, USA*
Anil Baral, *International Council on Clean Transportation, Washington, DC, USA*
Puspendu Bhunia, *INRS, Universite du Quebec, Quebec, QC, Canada*
J. Brewbaker, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
J. Carpenter, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Ham Ceylan, *Iowa State University, Ames, IA, USA*
Michael J. Cooney, *Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Hong-Bo Ding, *Nangyang Technological University, Singapore*
Allyson Frankman, *Brigham Young University, Provo, UT, USA*
Venkataramana Gadhamshetty, *Air Force Research Laboratory (AFRL), Tyndall AFB, FL, USA*
Kasthurirangan GopaJakrishnan, *Iowa State University, Ames, IA, USA*
Christopher K.H. Guay, *Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Peng Hu, *Brigham Young University, Provo, UT, USA*
P. Illukpitiya, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Rojan P. John, *INRS, Universite du Quebec, Quebec, QC, Canada*
Glenn R. Johnson, *New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA*
C.M. Kao, *National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung. Taiwan*
Samir K. Khanal, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Sunghwan Kim, *Iowa State University, Ames, IA, USA*
Buddhi P. Lamsal, *Iowa State University, Allies, IA, USA*
Randy S. Lewis, *Brigham Young University, Provo, UT, USA*

Hong Liu, *Oregon State University, Corvallis, OR, USA*
Xue-Yan Liu, *Nangyang Technologicai University, Singapore*
Saoharit Nitayavardhana, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Nagamany Nirmalakbandan, *New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA*
R. Ogoshi, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Anup Pradhan, *University of Idaho, Moscow, ID, USA*
Marry L. Rasmussen, *Iowa State University, Ames, IA, USA*
Guo-Bin Shan, *INRS, Universite du Quebec, Quebec,* QC, *Canada*
Dev S. Shrestha, *University of Idaho, Moscow, ID, USA*
Prachand Shrestha, *University of California at Berkeley, Berkeley, CA, USA*
Rao Y. Surampalli, *u.s. Environmental Protection Agency, Kansas City, KS, USA*
Devin Takara, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
Douglas R. Tree, *Brigham Young University, Provo, UT, USA*
B. Turano, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
R.D. Tyagi, *INRS, Universite du Quebec, Quebec, QC, Canada*
G. Uehara, *University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA*
J. (Hans) van Leeuwen, *Iowa State University, Allies, lA, USA*
C. Visvanathan, *Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand*
Jing-Yuan Wang, *Nangyang Technological University, Singapore*
Song Van, *INRS, Universite du Quebec, Quebec,* QC, *Canada*
J. Yanagida, *University of Hawaii at Mm1Oa, Honolulu, HI, USA*
Tian C. Zhang, *University of Nebraska-Lincoln, Omaha, NE, USA*
X.L. Zhang, *INRS, Universite du Quebec, Quebec, QC, Canada*

المحتويات

مقدمة المترجمين ..... هـ
مقدمة المحررين ..... ط
قائمة المشاركين ..... س

الجزء الأول

الفصل الأول: إنتاج الطاقة الحيوية والوقود الحيوي: بعض وجهات النظر ١
(١ , ١) المقدمة ١
(٢ , ١) لماذا الوقود الحيوي؟ ٣
(١ , ٢ , ١) الحد من اعتماد الدولة على وقود النفط المستورد ٤
(٢ , ٢ , ١) المزايا البيئة للوقود الحيوي ٥
(٣ , ٢ , ١) الفوائد الاقتصادية للوقود الحيوي ٧
(٣ , ١) الوضع الحالي للوقود الحيوي وجيل الطاقة الحيوية ٧
(٤ , ١) التحويل الكيميائي الحيوي أم التحويل الكيميائي الحراري للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية (النباتية الجافة)؟ ١٦

(١,٥) تحليل تكلفة الوقود الحيوي السليلوزي ٢٠
(١,٦) استدامة صناعات الوقود الحيوي ٢٣
(١,٧) الملخص ٢٩
(١,٨) المراجع ٢٩
الملحق ٣٢

الفصل الثاني: تحويل مياه الصرف عالية القوة إلى الطاقة الحيوية ٣٧
(٢,١) المقدمة ٣٧
(٢,٢) استرداد الطاقة من العمليات اللا هوائية ٣٩
(٢,٢,١) البديل رقم ١: تحويل معظم مواد مياه الصرف العضوية إلى غاز الميثان..... ٤١
(٢,٢,١,١) الخيار رقم ١أ: حرق الميثان في محرك الاحتراق الداخلي لإنتاج الحرارة والكهرباء (محركات التوليد المشتركة) ٤٣
(٢,٢,١,٢) الخيار رقم ١ب: حرق الميثان في التوربينات صغيرة الحجم لإنتاج الحرارة والكهرباء ٤٦
(٢,٢,١,٣) الخيار رقم ١ج: استخدام الميثان بعد المعالجة في نظام خلية الوقود لإنتاج الكهرباء مباشرة ٤٨
(٢,٢,٢) البديل رقم ٢: تحويل مركبات مياه الصرف العضوية إلى الهيدروجين باستخدام الظروف البيئية الانتقائية ٥٦

(٣, ٢, ٢) البديل رقم ٣: يمكن أن تستخدم مياه الصرف بعد المعالجة
المسبقة في خلية الوقود الميكروبية لإنتاج الكهرباء مباشرة ٦١
(٣, ٢) المزج (الدمج) المستقبلي المحتمل للتقنية اللا هوائية مع خلايا الوقود ٦٩
(٢, ٤) الملخص ٧٠
(٢, ٥) المراجع ٧١

الفصل الثالث: تحويل النفاية الغذائية إلى طاقة حيوية ٧٥
(١, ٣) المقدمة ٧٥
(٢, ٣) الهضم اللاهوائي ٧٦
(١, ٢, ٣) المبادئ الكيميائية الحيوية للهضم اللاهوائي ٧٧
(٢, ٢, ٣) الهضم اللاهوائي ثنائي الطور (المرحلة) ٨٩
(١, ٢, ٢, ٣) هضم الطور الحمضي ٨٠
(٢, ٢, ٢, ٣) نظام الصلب- السائل اللاهوائي الهجين (HASL) ٨٢
(٣, ٢, ٢, ٣) الهضم اللاهوائي متدرج درجة الحرارة (TPAD) ٨٤
(٣, ٣) العوامل الأساسية المؤثرة في هضم النفاية الغذائية ٨٨
(١, ٣, ٣) خصائص النفاية الغذائية ٨٩
(٢, ٣, ٣) الهضم المشترك ٩٣
(٣, ٣, ٣) الرقم الهيدروجيني pH ٩٥
(٤, ٣, ٣) درجة الحرارة ٩٧
(٥, ٣, ٣) زمن الاستبقاء الهيدروليكي ٩٩
(٦, ٣, ٣) المعالجة المسبقة للنفاية الغذائية ١٠١

(٣,٣,٧) أشكال (صور) العملية ١٠٥
(٣,٤) دراسة حالة إنتاج الميثان الحيوي ١٠٨
(٣,٤,١) مصنع نظام الصلب- السائل اللاهوائي الهجين التجريبي
لتحويل النفاية الغذائية حيوياً في سنغافورة ١٠٨
(٣,٤,٢) مصنع النطاق الشامل الذي يستخدم عملية التقنية الحيوية
لتدوير النفاية لهضم مشترك الجزء العضوي لنفاية البلدية
الصلبة، وحمأة الصرف الصحي أو السماد في ألمانيا ١١٥
(٣,٥) اتجاه البحث المستقبلي.....١١٨
(٣,٦) الملخص ١١٩
(٣,٧) المراجع ١٢٠

الفصل الرابع: إنتاج الطاقة الحيوية من خلال الهضم اللاهوائي الجاف للجزء العضوي من نفاية البلدية الصلبة ١٢٥
(٤,١) المقدمة ١٢٥
(٤,٢) الهضم اللاهوائي الجاف للجزء العضوي من نفايات البلدية الصلبة.....١٣١
(٤,٣) العوامل المؤثرة على الهضم اللاهوائي الجاف ١٣٧
(٤,٣,١) خصائص الركيزة.....١٣٧
(٤,٣,٢) القلوية والرقم الهيدروجيني ١٣٨
(٤,٣,٣) تركيز الأحماض الدهنية المتطايرة (VFA) ١٤١
(٤,٣,٤) درجة الحرارة.....١٤١
(٤,٣,٥) نسبة الكربون/ النيتروجين ١٤٢

(٤,٣,٦) زمن الاستبقاء ١٤٣
(٤,٣,٧) معدل التحميل العضوي.....١٤٣
(٤,٣,٨) الخلط ١٤٤
(٤,٤) دراسات الحالة ١٤٤
(٤,٤,١) نظام التقنية البيئية جي في في أوي – فنلندا/ ألمانيا ١٤٤
(٤,٤,٢) أنظمة النفايات العضوية- عملية درانكو، بريشت، بلجيكا
(نظام وحيد المرحلة جاف مستمر) ١٤٦
(٤,٥) المنظور المستقبلي للهضم اللاهوائي الجاف.....١٤٨
(٤,٥,١) الهضم المحب للحرارة المعتدلة مقابل المحب للحرارة ١٤٩
(٤,٥,٢) الهضم الرطب مقابل الجاف.....١٤٩
(٤,٥,٣) الهضم وحيد المرحلة مقابل ثنائي المرحلة ١٤٩
(٤,٦) الملخص ١٥٠
(٤,٧) المراجع ١٥١

الفصل الخامس: الطاقة الحيوية من مدافن النفايات ١٥٣
(٥,١) المقدمة ١٥٣
(٥,٢) تطوير واستخدام الطاقة الحيوية من مدافن النفايات.....١٥٧
(٥,٢,١) إنتاج غاز مدفن النفايات والأنشطة البحثية ذات العلاقة.....١٥٧
(٥,٢,٢) برنامج وكالة حماية البيئة الأمريكية لدعم ميثان مدفن
النفايات (LMOP) ١٦٢
(٥,٢,٣) إدارة غاز مدفن النفايات.....١٦٣

(٥,٣) فوائد استخلاص غاز مدفن النفايات واستخدامه.....١٦٤
(٥,٣,١) الفوائد الرئيسية.....١٦٤
(٥,٣,٢) استخدام غاز مدفن النفايات للأغراض النافعة والقضايا ذات العلاقة.....١٦٧
(٥,٤) كميات الغاز وخصائصه والمراقبة ١٧١
(٥,٤,١) تقدير تدفق الغاز وطرق المراقبة ١٧١
(٥,٤,٢) خصائص الغاز ١٧٢
(٥,٥) العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي.....١٧٣
(٥,٦) تجميع الغاز والمعالجة واسترداد الطاقة.....١٧٥
(٥,٦,١) أنظمة تجميع الغاز ١٧٥
(٥,٦,٢) طرق معالجة الغاز ١٧٨
(٥,٦,٣) استرداد الطاقة من غاز مدفن النفايات ١٨٠
(٥,٧) الأدوات والنماذج ١٨٧
(٥,٨) التقييم الاقتصادي ١٩١
(٥,٩) العمل المستقبلي ١٩٦
(٥,١٠) الملخص.....١٩٩
(٥,١١) المراجع.....٢٠٠

الفصل السادس: التوليد الميكروبي للكهرباء من الكتلة الحيوية السليلوزية ٢٠٧
(٦,١) المقدمة ٢٠٧
(٦,٢) خلية الوقود الميكروبية.....٢٠٨

(٦,٢,١) الكائنات الدقيقة النشطة كهروكيميائياً ٢٠٩
(٦,٢,٢) المواد المستخدمة كإلكترودات.....٢١٠
(٦,٢,٣) تركيب خلية الوقود الميكروبية ٢١٢
(٦,٣) توليد الكهرباء من نواتج تميؤ الكتلة الحيوية السليلوزية ٢١٣
(٦,٣,١) السكريات الأحادية ٢١٣
(٦,٣,٢) مشتقات السكر.....٢١٥
(٦,٣,٣) نواتج تميؤ الكتلة الحيوية ٢١٧
(٦,٤) تأثيرات مشتقات الفيوران والمركبات الفينولية على توليد الكهرباء.....٢١٩
(٦,٤,١) ٥- هيدروكسي ميثيل -٢-الفورالدهيد ٢٢٠
(٦,٤,٢) الفورالدهيد ٢٢١
(٦,٤,٣) أحماض السينامك.....٢٢٢
(٦,٤,٤) السيرنجالدهيد والفانيلين ٢٢٣
(٦,٤,٥) الكحول ثنائي ميثوكسي البنزيل والأسيتوفينون.....٢٢٤
(٦,٥) توليد الكهرباء المباشر من الكتلة الحيوية السليلوزية ٢٢٥
(٦,٦) الاعتبارات الهندسية والاقتصادية.....٢٢٦
(٦,٧) المراجع ٢٢٧

الفصل السابع: تقييم المواد الخام السليلوزية لإنتاج الوقود الحيوي..... ٢٣١
(٧,١) المقدمة ٢٣١
(٧,٢) المعايير لمحاصيل الجيل الثالث من المواد الخام ٢٣٢
(٧,٣) المعايير الإضافية لتقييم المواد الخام ٢٣٦

(٤ ,٧) تقييم ثلاثة من محاصيل المواد الخام ٢٤٠
(١ ,٤ ,٧) عشب السويتشجراس ٢٤١
(٢ ,٤ ,٧) الباناجراس والنابيرجراس ٢٤٥
(٣ ,٤ ,٧) الليوسينا أس بي بي ٢٥١
(٥ ,٧) التحليل الاقتصادي لثلاثة من محاصيل المواد الخام ٢٥٣
(١ ,٥ ,٧) مجموعة مصطلحات ٢٥٣
(٢ ,٥ ,٧) إطار عمل التحليل الاقتصادي ٢٥٤
(٣ ,٥ ,٧) البيانات ٢٥٤
(٤ ,٥ ,٧) التحليل الاقتصادي ٢٥٥
(٥ ,٥ ,٧) نتائج نموذج صافي العائدات ٢٥٦
(٦ ,٥ ,٧) تقييم المادة الخام ٢٦٠
(٦ ,٧) الملخص ٢٦٢
(٧ ,٧) المراجع ٢٦٣
الملحق أ ٢٦٩

الفصل الثامن: التجهيز المسبق للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية (النباتية الجافة) لإنتاج الوقود الحيوي ٢٧٩
(١ ,٨) المقدمة ٢٧٩
(٢ ,٨) مزايا التجهيز المسبقة للكتلة الحيوية ٢٨٢
(١ ,٢ ,٨) الاستقرار ٢٨٢
(٢ ,٢ ,٨) التخزين ٢٨٣

(٨,٢,٣) التداول.....٢٨٣
(٨,٢,٤) النقل.....٢٨٤
(٨,٣) نموذج تحليل توريد الكتلة الحيوية المتكامل واللوجستيات في التجهيز المسبق للكتلة الحيوية.....٢٨٥
(٨,٤) طرق التجهيز المسبق للكتلة الحيوية.....٢٨٧
(٨,٤,١) الكبس في بالات.....٢٨٧
(٨,٤,٢) الفرم.....٢٨٨
(٨,٤,٣) الطحن.....٢٨٨
(٨,٤,٤) تكثيف الكتلة الحيوية.....٢٨٩
(٨,٥) الاعتبارات المهمة في التجهيز المسبق للكتلة الحيوية.....٢٩٣
(٨,٦) هل التجهيز المسبق (اللامركزي) في الحقل أم (المركزي) في المصنع؟.....٢٩٤
(٨,٧) التقدّم والبحوث المستقبلية في التجهيز المسبق للكتلة الحيوية.....٢٩٧
(٨,٧,١) تسلوج الكتلة الحيوية الرطبة.....٢٩٧
(٨,٧,٢) التجهيز المسبق الموزع.....٢٩٨
(٨,٧,٣) التجهيز المسبق الأخضر/ الرطب للكتلة الحيوية.....٢٩٨
(٨,٨) الملخص.....٣٠٠
(٨,٩) المراجع.....٣٠٠

الفصل التاسع: المعالجة المسبقة للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية (النباتية الجافة)... ٣٠٣
(٩,١) المقدمة.....٣٠٣
(٩,٢) تركيب الكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية.....٣٠٦

(٩,٣) استعصاء (مقاومة) الكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية ٣٠٨
(٩,٤) المعالجة المسبقة للكتلة الحيوية ٣١٠
(٩,٤,١) أهداف المعالجة المسبقة ٣١٠
(٩,٤,٢) تقنيات المعالجة المسبقة ٣١١
(٩,٤,٣) المعالجة المسبقة الفيزيائية ٣١١
(٩,٤,٤) المعالجة المسبقة الكيميائية.....٣١٤
(٩,٤,٥) المعالجة المسبقة البيولوجية.....٣١٨
(٩,٤,٦) المعالجة المسبقة الهجينة (المختلطة) ٣٢١
(٩,٤,٧) مقارنة تقنيات المعالجة المسبقة المختلفة.....٣٣٠
(٩,٤,٨) المركبات المثبطة ٣٤١
(٩,٥) استخلاص واستخدام الليجنين ٣٣٦
(٩,٥,١) الاستخلاص ٣٣٦
(٩,٥,٢) استخدام الليجنين ٣٣٧
(٩,٦) حشو (تحميل) المواد الصلبة العالي ٣٣٩
(٩,٦,١) قيد نقل الكتلة ٣٤٠
(٩,٦,٢) المثبطات الذائبة ٣٤٠
(٩,٦,٣) التأثير على التجهيز النهائي ٣٤٢
(٩,٧) الماء ٣٤٢
(٩,٨) الاقتصاديات ٣٤٣
(٩,٩) رفع النطاق ٣٤٥
(٩,١٠) البحث المستقبلي.....٣٤٦

(١١ ,٩) الملخص.....٣٤٧
(١٢ ,٩) المراجع.....٣٤٨

الفصل العاشر: التحلل الإنزيمي للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية (النباتية الجافة) .. ٣٥٣
(١ ,١٠) المقدمة ٣٥٣
(٢ ,١٠) التميؤ الإنزيمي للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية.....٣٥٧
(١ ,٢ ,١٠) الأنظمة الإنزيمية للتحلل السليلوزي ٣٥٨
(٢ ,٢ ,١٠) آلية وحركية التميؤ الإنزيمي للسليلوز ٣٦٢
(٣ ,٢ ,١٠) العوامل المؤثرة على التميؤ الإنزيمي للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية ٣٧٣
(٤ ,٢ ,١٠) الأنظمة الإنزيمية لتحلل الهيميسيليلوز ٣٨٠
(٥ ,٢ ,١٠) تكلفة الإنزيمات ٣٨٢
(٣ ,١٠) التقدم الرئيسي في التميؤ الإنزيمي للكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية ٣٨٤
(١ ,٣ ,١٠) تثبيت الإنزيم ٣٨٤
(٢ ,٣ ,١٠) إعادة تدوير الإنزيم ٣٨٥
(٣ ,٣ ,١٠) إنتاج الإنزيم في الموقع الأصلي: المعالجة المسبقة البيولوجية .. ٣٨٥
(٤ ,٣ ,١٠) التحسينات في عمليات التسكر والتخمر ٣٨٧
(٤ ,١٠) التحديات واتجاه البحوث المستقبلية في التميؤ الإنزيمي.....٣٨٩
(٥ ,١٠) الملخص.....٣٩٠
(٦ ,١٠) المراجع ٣٩١

الفصل الحادي عشر: تخمر الغاز الصناعي إلى إيثانول: التحديات والفرص ٣٩٧
(١ , ١١) المقدمة ٣٩٧
(٢ , ١١) العمليات الليجنوسليلوزية لإنتاج الإيثانول ٤٠٣
(٣ , ١١) الحفز المعدني للغاز الصناعي ٤٠٥
(٤ , ١١) توليد الغاز الصناعي ٤٠٧
(١ , ٤ , ١١) أنواع المغوزات.....٤٠٧
(٥ , ١١) تخمر الغاز الصناعي: المسار الأيضي ٤١٤
(٦ , ١١) تخمر الغاز الصناعي: التقدم والتحديات الراهنة.....٤١٩
(٧ , ١١) الملخص ٤٢٧
(٨ , ١١) المراجع ٤٢٨

الفصل الثاني عشر: استخلاص الليجنين واستخدامه ٤٣٥
(١ , ١٢) المقدمة ٤٣٥
(٢ , ١٢) تركيب الكتلة الحيوية الليجنوسليلوزية ٤٣٦
(٣ , ١٢) كيمياء الليجنين ٤٣٩
(٤ , ١٢) استخلاص مواد الليجنين ٤٤٣
(١ , ٤ , ١٢) الاستخلاص من فصل ألياف الخشب الكيميائي.....٤٤٣
(١ , ١ , ٤ , ١٢) استخلاص ليجنين الكرافت.....٤٤٤
(٢ , ١ , ٤ , ١٢) استخلاص الليجنين بالكبريتيت.....٤٤٦
(٣ , ١ , ٤ , ١٢) استخلاص الليجنين بالمذيب (مذيب عضوي) ٤٤٩
(٤ , ١ , ٤ , ١٢) استخلاص الليجنين بالصودا.....٤٥١

(١٢,٤,٢) الاستخلاص من عمليات تحويل الكتلة الحيوية خلال إنتاج الإيثانول ٤٥١
(١٢,٥) استخدام الليجنين ٤٥٤
(١٢,٥,١) الاستعمالات التاريخية ٤٥٤
(١٢,٥,٢) تطبيقات البنية التحتية للهندسة المدنية ٤٥٧
(١٢,٥,٢,١) مواد الرصف الأرضية ٤٥٧
(١٢,٥,٢,٢) الأسفلت ٤٦٥
(١٢,٥,٢,٣) الإسمنت والخرسانة ٤٦٧
(١٢,٥,٣) استخدام الليجنين من مصانع الإيثانول السليلوزي ٤٦٨
(١٢,٥,٣,١) الليجنين الخالي من الكبريت في تطبيقات التصلد بالحرارة ٤٧٠
(١٢,٥,٣,٢) الليجنين الخالي من الكبريت في تطبيقات البنية التحتية للهندسة المدنية ٤٧١
(١٢,٦) ملخص ٤٧٢
(١٢,٧) المراجع ٤٧٣

الجزء الثاني

الفصل الثالث عشر: أنظمة المفاعلات الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي والكهرباء الحيوية ٤٨١
(١٣,١) المقدمة ٤٨١
(١٣,٢) إنتاج الوقود الحيوي والطاقة الحيوية ٤٨٢

(١, ٢, ١٣) معايير التصميم ٤٨٢
(٢, ٢, ١٣) الظروف البيئية.....٤٨٣
(٣, ٢, ١٣) الخصائص الهيدروديناميكية (الهيدروديناميكية) ٤٨٣
(٤, ٢, ١٣) استبقاء الكتلة الحيوية ٤٨٤
(٥, ٢, ١٣) شكل (تركيب) المفاعل الحيوي ٤٨٥
(٣, ١٣) الميثان الحيوي ٤٨٧
(١, ٣, ١٣) أسس العملية ٤٨٧
(٢, ٣, ١٣) الظروف البيئية لإنتاج الميثان ٤٨٩
(٣, ٣, ١٣) تصميم المفاعل الحيوي لإنتاج الميثان ٤٩٠
(١, ٣, ٣, ١٣) الأنظمة منخفضة المعدل- الرطبة (١٥- ٢٥٪ مواد صلبة كلية) ٤٩٠
(٢, ٣, ٣, ١٣) الأنظمة منخفضة المعدل- الجافة: بطبقة ترشيح ثنائية المرحلة (> ٣٠٪ مواد صلبة كلية) ٤٩١
(٣, ٣, ٣, ١٣) الأنظمة عالية المعدل (مواد صلبة كلية > ١٠٪) ٤٩٢
(٤, ٣, ١٣) نظرة على إنتاج الميثان.....٤٩٦
(٤, ١٣) الهيدروجين الحيوي عن طريق التخمر اللاضوئي ٤٩٧
(١, ٤, ١٣) لقائح لإنتاج غاز الهيدروجين التخمري ٤٩٨
(٢, ٤, ١٣) الظروف البيئية لإنتاج غاز الهيدروجين التخمري ٤٩٨
(٣, ٤, ١٣)تصميم المفاعل الحيوي لإنتاج غاز الهيدروجين التخمري ...٤٩٩
(٤, ٤, ١٣) نظرة على إنتاج غاز الهيدروجين ٥٠٣
(٥, ١٣) إنتاج الهيدروجين بالتخمر الضوئي ٥٠٤

(١ ,٥ ,١٣) أسس العملية ٥٠٤
(٢ ,٥ ,١٣) الظروف البيئية لإنتاج الهيدروجين بالتخمر الضوئي ٥٠٥
(٣ ,٥ ,١٣) تصميم المفاعل الحيوي الضوئي لإنتاج غاز الهيدروجين....٥٠٥
(٤ ,٥ ,١٣) نظرة على إنتاج غاز الهيدروجين بالتخمر الضوئي ٥٠٨
(٦ ,١٣) إنتاج الكهرباء البيولوجي ٥٠٩
(١ ,٦ ,١٣) أسس إنتاج الكهرباء الحيوية ٥٠٩
(٢ ,٦ ,١٣) مفقودات الطاقة الكهربائية في خلايا الوقود الميكروبية.....٥١١
(٣ ,٦ ,١٣) المواد اللازمة لخلايا الوقود الميكروبية ٥١٣
(٤ ,٦ ,١٣) تصاميم خلية الوقود ٥١٤
(٥ ,٦ ,١٣) نظرة على تقنية خلية الوقود الميكروبية ٥١٩
(٧ ,١٣) البيوتانول الحيوي ٥٢٠
(١ ,٧ ,١٣) الأنواع الميكروبية ٥٢٠
(٢ ,٧ ,١٣) أسس العملية ٥٢١
(٣ ,٧ ,١٣) الظروف البيئية لإنتاج البيوتانول ٥٢١
(٤ ,٧ ,١٣) تصميم المفاعل الحيوي لإنتاج البيوتانول ٥٢٢
(٥ ,٧ ,١٣) التجهيز النهائي ٥٢٥
(٦ ,٧ ,١٣) نظرة على إنتاج البيوتانول ٥٢٦
(٨ ,١٣) إنتاج الإيثانول الحيوي.....٥٢٧
(١ ,٨ ,١٣) تصميم المفاعل الحيوي لإنتاج الإيثانول ٥٢٧
(٢ ,٨ ,١٣) قضايا نقل الكتلة في تخمر الغاز الصناعي ٥٣٠
(٩ ,١٣) الديزل الحيوي ٥٣٢

(١, ٩, ١٣) الخلفية (الأساس) ٥٣٣
(٢, ٩, ١٣) الاحتياجات الضوئية لزراعة الطحالب ٥٣٤
(٣, ٩, ١٣) تصميم المفاعل الحيوي لإنتاج الديزل الحيوي.....٥٣٥
(٤, ٩, ١٣) نظرة على إنتاج الديزل الحيوي.....٥٤٠
(١٠, ١٣) الملخص.....٥٤١
(١١, ١٣) المراجع ٥٤١

الفصل الرابع عشر: إنتاج الديزل الحيوي من الطحالب: التحديات والفرص .. ٥٤٧
(١, ١٤) المقدمة ٥٤٧
(٢, ١٤) خواص الديزل الحيوي ٥٤٩
(٣, ١٤) مصادر المواد الخام للديزل الحيوي ٥٥٤
(٤, ١٤) الطحالب الدقيقة وإنتاج الزيت ٥٦٢
(٥, ١٤) مسار التشييد الحيوي وتعزيز زيادة إنتاج الزيت من خلال تحسين السلالة.....٥٦٨
(٦, ١٤) إنتاج الكتلة الحيوية الطحلبية الدقيقة للديزل الحيوي ٥٧٥
(٧, ١٤) حصاد الطحالب الدقيقة ٥٨٤
(٨, ١٤) استخلاص الزيت من الطحالب الدقيقة ٥٨٦
(١, ٨, ١٤) إسالة الطحالب مباشرة لإنتاج الديزل.....٥٨٨
(٩, ١٤) تحويل الديزل الحيوي من الزيوت.....٥٨٩
(١٠, ١٤) الطحالب الدقيقة مقابل تنحية الكربون والملوثات البيئية الأخرى...٥٩٠
(١١, ١٤) المنظور المستقبلي لديزل الطحالب الدقيقة الحيوي.....٥٩٤

(١٢ , ١٤) الملخص ٥٩٥
(١٣ , ١٤) شكر وتقدير ٥٩٦
(٤ , ١٤) المراجع ٥٩٧

الفصل الخامس عشر: إنتاج الديزل الحيوي من الطحالب متباينة التغذية:
التحديات والفرص ٦٠٥
(١ , ١٥) المقدمة ٦٠٥
(٢ , ١٥) النمو ٦١٠
(١ , ٢ , ١٥) الأوساط ٦١٠
(٢ , ٢ , ١٥) نمو الخلية على أوساط سائلة في مزرعة الحوجلة المرجوجة (المهزوزة) ٦١٤
(٣ , ٢ , ١٥) نمو الخلايا في أوساط سائلة في مزرعة الدفعة بالتغذية ٦١٧
(٤ , ٢ , ١٥) الملخص ٦٢٣
(٣ , ١٥) استرداد المنتج ٦٢٤
(١ , ٣ , ١٥) الاستخلاص بالمذيب ٦٢٦
(٢ , ٣ , ١٥) الاستخلاص بالمائع فوق الحرج ٦٣٧
(٣ , ٣ , ١٥) العمليات الكيميائية الحرارية ٦٣٨
(٤ , ٣ , ١٥) الملخص ٦٣٩
(٤ , ١٥) التكلفة وزيادة النطاق ٦٤١
(٥ , ١٥) منهج المصفاة الحيوية المتكاملة ٦٤٣
(٦ , ١٥) اتجاهات البحوث المستقبلية ٦٤٥

(١, ٦, ١٥) التطور الموجّه ٦٤٥
(٢, ٦, ١٥) الفرز (الفحص) عالي الإنتاجية ٦٤٨
(٣, ٦, ١٥) الهندسة الأيضية ٦٥٠
(٤, ٦, ١٥) البيولوجيا التركيبية (علم الأحياء التركيبي) ٦٥٢
(٧, ١٥) الملخص.....٦٥٤
(٨, ١٥) شكر وتقدير ٦٥٥
(٩, ١٥) المراجع.....٦٥٥

الفصل السادس عشر: إنتاج الإيثانول من الطحالب الدقيقة: الوسيلة الجديدة لإنتاج الوقود الحيوي المستدام..... ٦٦١
(١, ١٦) المقدمة ٦٦١
(٢, ١٦) إنتاج الإيثانول الحيوي الطحلبي ٦٦٣
(٣, ١٦) الطحالب وميزة زراعتها.....٦٦٧
(٤, ١٦) استخدام طحالب تكديس النشا الدقيقة لإنتاج الإيثانول ٦٦٨
(١, ٤, ١٦) زراعة طحالب تكديس النشا الدقيقة ٦٦٨
(٢, ٤, ١٦) استخلاص النشا من الطحالب ٦٦٩
(٣, ٤, ١٦) إنتاج الإيثانول من نشا الطحالب الدقيقة ٦٧٠
(٥, ١٦) إنتاج إيثانول الطحالب الدقيقة تحت الظروف اللا هوائية ٦٧٣
(٦, ١٦) الملخص.....٦٧٨
(٧, ١٦) شكر وتقدير ٦٧٩
(٨, ١٦) المراجع.....٦٧٩

الفصل السابع عشر: معالجة القيمة المضافة لمخلفات صناعات الوقود الحيوي... ٦٨٣
(١, ١٧) المقدمة ٦٨٣
(٢, ١٧) أنواع وخصائص مخلفات الوقود الحيوي الصناعية ٦٨٤
(١, ٢, ١٧) المواد الخام النشوية ٦٨٤
(٢, ٢, ١٧) المواد الخام السكرية ٦٨٧
(٣, ٢, ١٧) مخلفات الديزل الحيوي ٦٨٨
(٤, ٢, ١٧) مخلفات الجيل الثاني من الوقود الحيوي ٦٨٩
(٣, ١٧) منتجات القيمة المضافة المحتملة من المخلفات.....٦٩١
(١, ٣, ١٧) الوقود الحيوي ٦٩١
(٢, ٣, ١٧) الزيت الحيوي ٦٩٦
(٣, ٣, ١٧) منتجات أساسها حيوي ٦٩٩
(٤, ٣, ١٧) منتجات الأعلاف المعززة ٧٠٥
(٤, ١٧) خيارات العملية للاسترداد المنتجات.....٧٠٨
(١, ٤, ١٧) إيثانول الذرة.....٧٠٨
(٢, ٤, ١٧) إيثانول الكسافا ٧١١
(٣, ٤, ١٧) إيثانول قصب السكر.....٧١١
(٥, ١٧) خيارات التخلص من أو إعادة استخدام المخلفات من عمليات الاسترداد.....٧١٢
(٦, ١٧) مقتضيات الطاقة لإنتاج مزيد من المنتجات المشتركة ٧١٣
(٧, ١٧) الملخص.....٧١٥
(٨, ١٧) المراجع.....٧١٦

الفصل الثامن عشر: تحليل دورة حياة الطاقة لنظام إنتاج الوقود الحيوي..... ٧٢٣
(١٨,١) المقدمة ٧٢٣
(١٨,٢) معايير الأيزو لتقييم دورة الحياة ٧٢٨
(١٨,٢,١) حدود النظام.....٧٣٠
(١٨,٢,٢) القيمة الحرارية أم طاقة دورة الحياة؟.....٧٣١
(١٨,٢,٣) اعتماد المنتج المشترك.....٧٣٣
(١٨,٢,٤) تعاريف نسبة الطاقة الصافية/ نسبة الطاقة الأحفورية.....٧٣٤
(١٨,٣) تقييم دورة حياة طاقة إيثانول الذرة ٧٣٩
(١٨,٣,١) تقييم دورة حياة طاقة الإيثانول السليلوزي ٧٤٦
(١٨,٤) تقييم دورة حياة طاقة الديزل الحيوي من فول الصويا ٧٤٨
(١٨,٤,١) الديزل الحيوي من الجاتروفا.....٧٥٣
(١٨,٥) تحليل الشك (عدم التيقن) ٧٥٥
(١٨,٦) الملخص.....٧٥٦
(١٨,٧) المراجع.....٧٥٨

الفصل التاسع عشر: الدراسة الشاملة للإيثانول السليلوزي باستخدام تقييم دورة الحياة البيئي الهجين ٧٦٣
(١٩,١) المقدمة ٧٦٣
(١٩,٢) استعراض دراسات تقييم دورة الحياة على الإيثانول السليلوزي.....٧٦٧
(١٩,٣) المنهجية ٧٧٣
(١٩,٣,١) النموذج الهجين.....٧٧٤

(٢ ,٣ ,١٩) التجميع ٧٧٨
(٤ ,١٩) النتائج ٧٨٣
(١ ,٤ ,١٩) استهلاك الموارد الطبيعية ٧٨٣
(٢ ,٤ ,١٩) المقاييس المجمعة ٧٨٨
(١ ,٢ ,٤ ,١٩) استهلاك الطاقة من البئر إلى السيارة ٧٨٨
(٢ ,٢ ,٤ ,١٩) استهلاك الطاقة المتاحة التراكمية الصناعية من البئر إلى السيارة.....٧٩٠
(٣ ,٢ ,٤ ,٩) الطاقة وعوامل توليد الطاقة المتاحة ٧٩٢
(٤ ,٢ ,٤ ,١٩) مؤشرات المنتصف البيئي ٧٩٤
(٥ ,١٩) متطلبات الأراضي وإمكانية إنتاج الإيثانول ٧٩٧
(٦ ,١٩) التحديات وإتجاه البحوث المستقبلية ٧٩٩
(٧ ,١٩) الملخص.....٨٠٠
(٨ ,١٩) شكر وتقدير ٨٠١
(٩ ,١٩) المراجع.....٨٠٢

الفصل العشرون: إنتاج البيوتانول الحيوي من المخلفات الزراعية ٨٠٥
(١ ,٢٠) المقدمة ٨٠٥
(٢ ,٢٠) ميكروبيولوجيا تخمر البيوتانول.....٨٠٦
(١ ,٢ ,٢٠) المطثيات ٨٠٦
(٢ ,٢ ,٢٠) البكتيريا المعوية ٨٠٧
(٣ ,٢٠) مسار إنتاج البيوتانول.....٨٠٨

(٤ ,٢٠) تكوين المفاعل الحيوي ومردود البيوتانول ٨١٠
(٥ ,٢٠) المخلفات الزراعية كركيزة ٨١٥
(٦ ,٢٠) الاعتبارات المهمة في تخمر البيوتانول الحيوي ٨١٧
(١ ,٦ ,٢٠) المعالجة المسبقة ٨١٧
(٢ ,٦ ,٢٠) الرقم الهيدروجيني للعملية.....٨١٩
(٣ ,٦ ,٢٠) المغذيات.....٨٢٢
(٤ ,٦ ,٢٠) درجة حرارة التشغيل ٨٢٣
(٥ ,٦ ,٢٠) الحركية الحيوية لتخمر البيوتانول ٨٢٣
(٧ ,٢٠) تقنيات استخلاص البيوتانول ٨٢٤
(٨ ,٢٠) التحليل الفني الاقتصادي لتخمر البيوتانول ٨٢٥
(٩ ,٢٠) قيود تخمر البيوتانول والمنظور المستقبلي.....٨٢٧
(١٠ ,٢٠) الملخص.....٨٢٨
(١١ ,٢٠) شكر وتقدير.....٨٢٩
(١٢ ,٢٠) المراجع.....٨٢٩

الفصل الحادي والعشرون: تطبيق تقنية النانو والمواد النانوية لإنتاج الطاقة الحيوية والوقود الحيوي..... ٨٣٧
(١ ,٢٠) المقدمة ٨٣٧
(٢ ,٢١) لماذا تقنية النانو؟.....٨٤٢
(٣ ,٢١) تقنيات النانو كمفاهيم جديدة وأدوات لإنتاج الوقود الحيوي.....٨٤٥
(١ ,٣ ,٢١) تطبيقات الحفازات النانوية ٨٤٥

(٢١,٣,٢) أوساط تفاعل المواد النانوية ٨٥٢
(٢١,٤) قيود التقنيات الحالية..... ٨٦١
(٢١,٥) الاتجاهات المستقبلية للبحوث والتطوير ٨٦٣
(٢١,٦) الملخص..... ٨٦٥
(٢١,٧) شكر وتقدير ٨٦٦
(٢١,٧) المراجع..... ٨٦٦

نبذة عن المحررين..... ٨٧١
ثبت المصطلحات ٨٧٧
أولاً: عربي – إنجليزي ٨٧٧
ثانياً: إنجليزي – عربي..... ٩٢٧
كشاف الموضوعات..... ٩٧٧