بسم الله الرحمن الرحيم

تقنيات المعالجة الحيوية في المصافي الحيوية للإنتاج المستدام من الوقود والكيماويات والبوليمرات

تحرير

Shang-Tian Yang **Hesham A.El-Ensashy**

Nuttha Thongchul

ترجمة

أ.د. السيد أحمد السيد أحمد

أستاذ التقنية الحيوية الصناعية المساعد

كلية العلوم، -جامعة الملك سعود

قسم كيمياء المنتجات الطبيعية والميكروبية

المركز القومي للبحوث - جمهورية مصر العربية

أ.د. هشام على الإنشاصي

أستاذ زائر - كلية العلوم

جامعة الملك سعود

نائب مدير معهد تطوير المنتجات الحيوية للابتكار

والتطوير جامعة ماليزيا التقنية - ماليزيا

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٨هـ (٢٠١٧م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

يانج، شانج تيان

تقنيات المعالجة الحيوية في المصافي الحيوية للإنتاج المستدام من الوقود والكيماويات والبوليمرات./ شانج تيان يانج؛ هشام علي الإنشاصي؛ نوتا ثونجشول؛ السيد أحمد السيد أحمد؛ هشام الإنشاصي- الرياض، ١٤٣٧هـ

٨٣١ص؛ ٢١×٢٨سم

ردمك: ٦-٥٠٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- التقنية الحيوية ٢- التقنية الصناعية

أ. الإنشاصي، هشام علي (مؤلف مشارك) ب. ثونجشول، نوتا (مؤلف مشارك)

ج. أحمد، السيد أحمد السيد (مترجم) د. الإنشاصي، هشام (مترجم) هـ. العنوان

ديوي ٦٦٠, ٦ ١٤٣٧/٨١٢٣

رقم الإيداع: ١٤٣٧/٨١٢٣

ردمك: ٦-٥٠٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals and Polymers
By: Shang-Tian Yang, Hesham A.El-Ensashy, Nuttha Thongchul
© John Wiley & Sons Inc., 2013
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه التاسع للعام الدراسي ١٤٣٦/ ١٤٣٧هـ المعقود بتاريخ ٣/ ٣/ ١٤٣٧هـ الموافق ٩/ ١٢/ 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 المترجمَين

أدى الارتفاع المتزايد في أسعار النفط الخام خلال العقد المنصرم إلى زيادة الاهتمام بصناعة الوقود الحيوي وكذلك التطور السريع في صناعة المصافي الحيوية في جميع أنحاء العالم. و يتم تعريف المصفاة الحيوية (معمل التكرير الحيوي) على أنها المنشأة التصنيعية التي تستخدم الكتلة الحيوية كمادةٍ أولية خام أو مادةٍ وسيطة من أجل إنتاج الوقود، والطاقة، والمواد الكيميائية. و لذلك تشبه المصفاة الحيوية معامل تكرير البترول الحالية التي تستخدم المواد الأولية البترولية، والنفط والغاز الطبيعي بشكلٍ رئيس، في إنتاج الأنواع المختلفة من الوقود والسلع الكيماوية. ويمكن لأنواع الكتلة الحيوية المختلفة أن تستبدل الوقود الأحفوري وذلك بسبب كونها مصدراً خاماً يتوفر بصورةٍ كبيرةٍ ومتعددة، كما أنها تتميز بكونها قابلة للتجديد ولاتؤثر على انبعاثات الكربون الضارة بالبيئة. تعتمد المصافي الحيوية التي يتم تطبيقها حالياً على محاصيل الذرة وفول الصويا وقصب السكر، وذلك لإنتاج الإيثانول الحيوي و وقود الديزل الحيوي. كما يمكن للمصافي الحيوية أن تستخدم الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية الناتجة من الغابات والمخلفات الزراعية، أو الكتلة الحيوية الناتجة من الطحالب الدقيقة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون وأشعة الشمس في النمو. و يشير هذا إلى أن المصافي الحيوية يمكن أن توفر الاحتياجات المستقبلية من الوقود دون التأثير على الاستخدام الحالي للأراضي الزراعية. ولذلك يمكن لها أن تساهم بشكلٍ كبير في إمدادات الطاقة، والوقود، والمواد الكيميائية بصورةٍ مستدامة ومعدومة التأثير على البيئة.

يغطي الفصل الأول في هذا الكتاب مفهوم المصافي الحيوية المتكاملة والاتجاهات الحالية في استخدامها. ثم تستعرض الفصول ٢-٥ مختلف المواد الخام الأولية من الكتلة الحيوية التي تشمل المحاصيل الغنية بالسكر والنشا، ومحاصيل الطاقة الجديدة الغنية بالزيوت، والسكريات، و/ أو السكريات العديدة، والطحالب الدقيقة. ويُركز الفصل السادس على تقنيات المعالجة الأولية للكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية في المصافي الحيوية. وتعطي الفصول ٧-١٠ مراجعةً شاملةً لأهم إنزيمات التحلل التي تُستخدم في المصافي الحيوية، وكذلك مصادر هذه الإنزيمات وخصائصها، وعمليات الهندسة الوراثية والبروتينية المؤدية إلى تعظيم استخدام هذه الإنزيمات، وكذلك الإنتاج

الصناعي والتطبيقات لها. بعد ذلك، يتم استعراض تقنيات التحويل الحيوي للأنواع الحالية والمستقبلية من الوقود الحيوي، بما في ذلك الإيثانول، وقود الديزل الحيوي، البيوتانول، الهيدروجين، والغاز الحيوي في الفصول ١١-١٥. ثم تغطي الفصول ١٦-٢٣ بعض أمثلة الكيماويات المتخصصة، والوحدات البنائية للمواد الكيميائية، والبوليمرات الحيوية التي يمكن إنتاجها عن طريق التخمير، ومفاهيم الهندسة الأيضية وتقنيات عمليات التخمير الجديدة من أجل الإنتاج الاقتصادي لهذه المواد الكيميائية ومناقشتها بصورةٍ تفصيلية. ويناقش الفصل الأخير المكونات الغذائية الكيميائية النباتية وكذلك الوظيفية التي يمكن استخلاصها من المصادر النباتية.

تهدف هذه الترجمة إلى مساعدة كلٍ من الأكاديميين الخبراء وغير المتخصصين والطلاب على فهم واستيعاب التطورات الأخيرة في مجال المصافي الحيوية. ونأمل من الله تعالى أن يستفيد منها كل طالب علم يريد أن يتعرف بصورةٍ أشمل وأعم على جميع المجالات المختصة وتداخلها وتكاملها مع بعضها البعض، والله الموفق.

السيد أحمد السيد أحمد هشام علي الإنشاصي

التمهيد

في يونيو ٢٠٠٨، ارتفعت أسعار النفط الخام بسرعةٍ كبيرةٍ إلى أكثر من ١٣٠ دولاراً للبرميل، بالمقارنة مع حوالي ٢٠ دولاراً للبرميل في ٢٠٠٢. ومنذ ذلك الحين شهدنا اهتماماً متزايداً بالوقود الحيوي والتطور السريع لصناعة المصافي الحيوية في جميع أنحاء العالم. في حين تذبذبت أسعار النفط بصورةٍ عنيفة ما بين ٨٠ و١٠٠ دولار في العامين الأخيرين، إلا أن اهتمام الجمهور والعامة بالوقود الحيوي والمواد الكيميائية الحيوية ظل عالياً بسبب طبيعتها الخضراء واستدامتها. تمثل الكتلة الحيوية مصدراً خاماً وفيراً ومتجدداً ومتعادلاً بالنسبة للكربون، والذي يمكن استخدامه في إنتاج أنواع الوقود والمواد الكيميائية المختلفة، بما يؤدي إلى استبدال الوقود الأحفوري والمواد البتروكيماوية. تستخدم المصافي الحيوية الحالية الذرة وفول الصويا وقصب السكر لإنتاج الإيثانول الحيوي و وقود الديزل الحيوي، ويمكن لهذه المصافي أن تستفيد من التقنية الحيوية المتكاملة التي تعمل على استخلاص المنتجات الغذائية عالية القيمة في أثناء استخدام المكونات الرئيسة لهذه المصادر الخام في إنتاج الوقود الحيوي والمواد الكيميائية، والمزيد من تحويل المنتجات الثانوية منخفضة القيمة إلى منتجاتٍ إضافية قابلة للتسويق التجاري مثل الطاقة (الحرارة والكهرباء) والأعلاف الحيوانية.

تُعتبر الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية، ومن ذلك الغابات والمخلفات الزراعية، هي الجيل الثاني من المواد الخام في المصافي الحيوية، وهي تتيح الفرصة لتلبية ٣٠٪ من احتياجات الولايات المتحدة الأمريكية من الوقود والمواد الكيميائية بحلول عام ٢٠٣٠. و بالاضافة إلى ذلك، يمكن أن توفر المزارع المائية القائمة على الطحالب الدقيقة والكبيرة، والتي تستخدم ثاني أكسيد الكربون وأشعة الشمس في النمو، كل الاحتياجات المستقبلية من الوقود دون التأثير على الاستخدام الحالي للأراضي الزراعية. يمكن للمصافي الحيوية في ظل التطورات المستمرة والمتزايدة في محاصيل الطاقة الجديدة، والمزارع المائية، وعلم البيولوجيا الاصطناعية لهندسة الخلايا، وتقنيات التحويل، أن تلعب دوراً متزايد الأهمية في إمدادات الطاقة، والوقود، والمواد الكيميائية من أجل استدامة النمو الاقتصادي مع الحد الأدنى أو معدوم التأثير على البيئة.

ومع ذلك، هناك أيضا العديد من التحديات التي تواجه صناعة المصافي الحيوية. على سبيل المثال، لا تُعتبر

المصافي الحيوية القائمة على المواد اللجنوسليولوزية مفيدةً من الناحية الاقتصادية حتى الآن، وذلك بسبب الطبيعة القاسية للمواد الخام والتكاليف العالية للمعالجة الإنزيمية وتحليل السليولوز. كما يصعب تصعيد مستوى ونطاق العمليات التي تستخدم الطحالب الدقيقة التي تقوم بالتمثيل الضوئي من أجل نمو الخلايا وإنتاج الزيوت، وبالتالي تظل بعيدةً كل البعد عن الفعالية الاقتصادية. لذلك سوف تكون هناك حاجة للتطورات الجديدة في هندسة العمليات الحيوية والهندسة الأيضية لتحويل الكتلة الحيوية، وذلك من أجل تحقيق الإنتاج المستدام والمجدي اقتصادياً من الوقود الحيوي والمواد الكيميائية الحيوية. علاوةً على ذلك، يجب أن تستفيد المصافي الحيوية من جميع مكونات الكتلة الحيوية في إنتاج الطاقة، والوقود، والمواد الكيميائية، حتى يتحقق تعظيم قيمة المنتج، وتقليل توليد النفايات، وتحسين اقتصاديات العملية، الأمر الذي يتطلب تكامل التقنيات من مختلف المجالات، ومن ذلك محاصيل الطاقة الجديدة ذات العائد العالي من الكتلة الحيوية والتجهيز الأفضل، وإنزيمات التحلل المائي الأفضل والأرخص، والخلايا والمحفزات الجديدة والمحسنة، وذلك من أجل تحويل الكتلة الحيوية إلى الوقود والمواد الكيميائية وغيرها من المنتجات القابلة للتسويق، والمزيد من أكثر العمليات كفاءة لإنتاج هذه المنتجات الحيوية على نطاقٍ تجاري.

يقدم هذا الكتاب مراجعةً شاملة لتقنيات التجهيز الحيوي المهمة التي تستخدم محاصيل الذرة وفول الصويا، والمصافي الحيوية القائمة على الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية في إنتاج الإيثانول، والديزل الحيوي، والكيماويات، وغيرها من المنتجات ذات القيمة المضافة.

ويعطي الفصل الأول لمحةً عامة عن مفهوم المصافي الحيوية المتكاملة واتجاهات الاستخدام الحالي لها. بعد ذلك يقدم الكتاب لمحةً عامة عن مختلف المواد الخام الأولية من الكتلة الحيوية، ومن ذلك المحاصيل الحالية الغنية بالسكر والنشا، ومحاصيل الطاقة الجديدة الغنية بالزيوت، والسكريات، و/أو السكريات العديدة، والطحالب الدقيقة (الفصول ٢-٥)، بعد ذلك يُركز الفصل السادس على تقنيات المعالجة الأولية للكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية في المصافي الحيوية. وتغطي الفصول من ٧-١٠ إنزيمات التحلل الهامة المستخدمة في المصافي الحيوية من أجل تحليل النشا والمواد اللجنوسليولوزية، كما تقدم استعراضاً مفصلاً لمصادر، ونوع وخصائص الإنزيم، والهندسة الوراثية والبروتينية للإنزيمات، وكذلك الإنتاج الصناعي والتطبيقات لها. تغطي الفصول من ١١-١٥ تقنيات التحويل الحيوي للأنواع الحالية والمستقبلية من الوقود الحيوي، ومن ذلك الإيثانول، وقود الديزل الحيوي، البيوتانول، الهيدروجين، والغاز الحيوي، وغيرها من أنواع الوقود الحيوي المتقدمة. ثم تغطي الفصول من ١٦-٢٣ بعضاً من أهم الكيماويات المتخصصة، والوحدات البنائية للمواد الكيميائية، والبوليمرات الحيوية التي يمكن إنتاجها عن طريق التخمير. كما يتم مراجعة ومناقشة مفاهيم الهندسة الأيضية وتقنيات عمليات التخمير الجديدة من أجل الإنتاج الاقتصادي لهذه المواد الكيميائية ومناقشتها بصورةٍ تفصيلية، وذلك حتى تساعد كلاً من الخبراء وغير

المتخصصين على فهم واستيعاب التطورات الأخيرة في هذا الميدان. أخيراً، يناقش الفصل ٢٤ المكونات الغذائية الكيميائية النباتية وكذلك الوظيفية التي يمكن استخلاصها من المصادر النباتية.

بدأنا العمل على مشروع هذا الكتاب في عام ٢٠٠٨ عندما بلغ سعر النفط ذروته في ذلك الوقت. ومنذ البداية إلى الانتهاء من هذا الكتاب، عانينا العديد من فترات الصعود والهبوط تماماً مثل تلك المعاناة الموجودة في الاقتصاد العالمي وأسعار النفط. نحن ممتنون جداً لجميع المؤلفين المساهمين، والذين يُعَدون من كبار الخبراء في مجالاتهم البحثية المتخصصة من الولايات المتحدة الأمريكية، أوروبا، وآسيا. فبدون مساهماتهم، لم يمكن لهذا الكتاب أن يكتمل ويصبح جاهزاً للنشر. كما نقدر أيضاً بصورةٍ كبيرةٍ الجهود التي بذلتها دار وايلي للنشر.

شانغ تيان يانغ
هشام على الإنشاصي
نوتا ثونجشول

قائمة المشاركين في التأليف

Yasser R. Abdel Fattah, Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (GEBRI), City of Scientific Research and Technology Application (CSAT), New Burg Al Arab, Alexandria, Egypt

Parameswaran Binod, Centre for Biofuels, Biotechnology Division, National Institute of Interdisciplinary Science and Technology (CSIR), Trivandrum, India.

Günter Busch, Department of Waste Management, Brandenburg University of Technology, Cottbus, Germany

Wei-Lun Chang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Chih-Chin Chen, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Hao Chen, Merck Research Laboratories, Merck & Co., Union, NJ, USA

Sol Choi, Department of Chemical and Biomolecular Engineering (BK21 program), BioProcess Engineering Research Center, Center for Systems and Synthetic Biotechnology, Institute for the BioCentury, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea

Paul Christakopoulos, BIOtechMASS Unit, Biotechnology Laboratory, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Athens, Greece

Hesham A. El-Enshasy, Institute of Bioproduct Development (IBD), Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Johor Bahru, Johor, Malaysia; Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (GEBRI), City of Scientific Research and Technology Application (CSAT), New Burg Al Arab, Alexandria, Egypt

Min-Sun Han, Department of Chemical and Biomolecular Engineering (BK21 program), BioProcess Engineering Research Center, Center for Systems and Synthetic Biotechnology, Institute for the BioCentury, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea

Rajni Hatti-Kaul, Department of Biotechnology, Centre for Chemistry and Chemical Engineering, Lund University, Lund, Sweden

Jin Huang, College of Pharmaceutical Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, China

Victor Ibrahim, Department of Biotechnology, Centre for Chemistry and Chemical Engineering, Lund University, Lund, Sweden

Kyung-Duk Kim, Korea Institute of Science and Technology, Seoul, South Korea

Tae Hyun Kim, Department of Environmental Engineering, Kongju National University, Cheonan, Chungnam, Korea

Margit Laimer, Plant Biotechnology Unit, Department of Biotechnology, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Vienna, Austria

Jeong Wook Lee, Department of Chemical and Biomolecular Engineering (BK21 program), BioProcess Engineering Research Center, Center for Systems and Synthetic Biotechnology, Institute for the BioCentury, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea

Sang Yup Lee, Department of Chemical and Biomolecular Engineering (BK21 program), BioProcess Engineering Research Center, Center for Systems and Synthetic Biotechnology, Institute for the BioCentury, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea

Y. Martin Lo, Department of Nutrition and Food Science, University of Maryland, College Park, MD, USA

Congcong Lu, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Andrea Monti, Department of Agroenvironmental Science and Technology, University of Bologna, Bologna, Italy

Bryan R. Moser, National Centre for Agricultural Utilization and Research, Bio-Oils Research Unit, United State Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Peoria, IL, USA

Nor Zalina Othman, Institute of Bioproduct Development (IBD), Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Johor Bahru, Johor, Malaysia

Gianni Panagiotou, Department of Chemical and Biological Engineering, Industrial Biotechnology Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden; Center for Microbial Biotechnology, Department of Systems Biology, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark

Ashok Pandey, Centre for Biofuels, Biotechnology Division, National Institute of Interdisciplinary Science and Technology (CSIR), Trivandrum, India

Tai Hyun Park, School of Chemical and Biological Engineering, Director, Institute of Bioengineering, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

Kuakoon Piyachomkwan, Cassava and Starch Technology Research Unit, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani, Thailand

Feng Shi, Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan, China

Jong-Hwan Shin, School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

Reeta Rani Singhania, Centre for Biofuels, Biotechnology Division, National Institute of Interdisciplinary Science and Technology (CSIR), Trivandrum, India

Cunjiang Song, Key Laboratory of Bioactive Materials, NanKai University, Tianjin, China

Klanarong Sriroth, Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

Jianxin Sun, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

I-Ching Tang, Bioprocessing Innovative Company, Dublin, OH, USA

Nuttha Thongchul, Institute of Biotechnology and Genetic Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Evangelos Topakas, BIOtechMASS Unit, Biotechnology Laboratory, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Athens, Greece

Youngsoon Um, Korea Institute of Science and Technology, Seoul, South Korea

Johann Vollmann, Department of Crop Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Vienna, Austria

Shufang Wang, Key Laboratory of Bioactive Materials, NanKai University, Tianjin, China

Zhongqiang Wang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Dong Wei, School of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou, China

Zhinan Xu, Institute of Biological Engineering, Department of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, China

Shang-Tian Yang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Jian Yu, Hawaii Natural Energy Institute, School of Ocean and Earth Science and Technology University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA

Jongho Yi, Department of Chemical and Biomolecular Engineering (BK21 program), BioProcess Engineering Research Center, Center for Systems and Synthetic Biotechnology, Institute for the BioCentury, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, Korea

Mingrui Yu, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Walter Zegada-Lizarazu, Department of Agroenvironmental Science and Technology, University of Bologna, Bologna, Italy

An Zhang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Baohua Zhang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Huili Zhang, College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi, China

Kun Zhang, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Yi-Heng Percival Zhang, Biological Systems Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA

Xiao-Zhou Zhang, Biological Systems Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA

Jingbo Zhao, William G. Lowrie Department of Chemical and Biomolecular Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH, USA

Kequan Zhou, Department of Nutrition and Food Science, Wayne State University, Detroit, MI, USA

Yuting Zhou, Department of Nutrition and Food Science, University of Maryland, College Park, MD, USA

المحتويات

مقدمة المترجمَين ..... هـ

التمهيد ..... ز

قائمة المشاركين في التأليف ..... ك

١ **المصافي الحيوية المتكاملة للإنتاج المستدام من الوقود والكيماويات والبوليمرات** ١

١,١ المقدمة ١

١,٢ المصافي الحيوية التي تستخدم الذرة، وفول الصويا، وقصب السكر ٤

١,٢,١ المصافي الحيوية للذرة ٤

١,٢,٢ المصافي الحيوية لفول الصويا ٨

١,٢,٣ المصافي الحيوية لقصب السكر ١٣

١,٣ المصافي الحيوية اللجنوسليولوزية ١٤

١,٣,١ المعالجة الأولية ١٦

١,٣,٢ تحلل وتسكر السليولوز ١٨

١,٣,٣ التخمير ٢٠

١,٣,٤ الهندسة الوراثية للنبات لتحسين المواد الأولية من الكتلة الحيوية ٢٣

١,٣,٥ المنصة الحرارية الكيميائية في المصافي الحيوية اللجنوسليولوزية ٢٤

١,٤ المزارع المائية والمصافي الحيوية للطحالب ٢٥

١,٥ التحويلات الكيميائية والبيولوجية لإنتاج الوقود والمواد الكيميائية ٢٧

١,٥,١ الوقود الحيوي ٢٧

١,٥,٢	المواد الكيميائية الحيوية	٢٩
١,٥,٣	عمليات التحويل الكيميائية والبيولوجية الهجينة	٣٥
١,٥,٤	اقتصاديات المواد الخام في المصافي الحيوية	٣٦
١,٦	الاستنتاجات والآفاق المستقبلية	٣٧
	المراجع	٣٨
٢	**توقعات محاصيل السكر والنشا في المصافي الحيوية**	٤٧
٢,١	المقدمة	٤٧
٢,٢	محاصيل السكر	٤٨
٢,٢,١	قصب السكر	٤٨
٢,٢,٢	بنجر السكر	٥٣
٢,٢,٣	الذرة الرفيعة الحلوة	٥٤
٢,٣	محاصيل النشا	٥٥
٢,٣,١	الذرة	٥٧
٢,٣,٢	البطاطس	٥٩
٢,٣,٣	القمح	٦٠
٢,٣,٤	الكسافا	٦٢
٢,٣,٥	الأرز	٦٤
٢,٤	استخدامات محاصيل السكر والنشا في المصافي الحيوية	٦٥
٢,٤,١	استخدام محاصيل السكر في المصافي الحيوية	٧٠
٢,٤,٢	استخدام محاصيل النشا في المصافي الحيوية	٧٣
٢,٥	الخلاصة	٧٧
	المراجع	٧٧
٣	**المحاصيل الزيتية التقليدية والجديدة وإمكانات استخدامها في المصافي الحيوية**	٨١
٣,١	المقدمة	٨١
٣,٢	زراعة المحاصيل الزيتية وإمكانياتها في عمليات التجهيز الحيوي	٨٥
٣,٣	المحاصيل الزيتية الجديدة	٨٧

٣,٣,١	الجاتروفا	٨٧
٣,٣,٢	البونجاميا	٨٩
٣,٣,٣	الليسكوريلا والكوفيا	٩٣
٣,٣,٤	الكاميلينا والكرامبي	٩٣
٣,٣,٥	المحاصيل الزيتية الجديدة الأخرى	٩٤
٣,٤	المحاصيل الزيتية التقليدية	٩٥
٣,٤,١	فول الصويا	٩٥
٣,٤,٢	الشلجم	٩٧
٣,٤,٣	زهرة الشمس	٩٨
٣,٤,٤	بذر الكتان(الكتان)	٩٩
٣,٤,٥	بذور القطن	٩٩
٣,٤,٦	الخروع	١٠٠
٣,٤,٧	نخيل الزيت	١٠١
٣,٥	آفاق إنتاج المحاصيل الزيتية غير الغذائية	١٠١
	المراجع	١٠٢
٤	**محاصيل الطاقة**	١٠٧
٤,١	ما المحاصيل المخصصة للطاقة؟	١٠٧
٤,٤,١	نحو الجيل الثاني من أنواع الوقود الحيوي	١١٠
٤,٢	المحاصيل الحولية	١١١
٤,٢,١	الذرة (*زيا مايز*)	١١١
٤,٢,٢	الذرة الرفيعة (*سورجام بايكالار*)	١١٥
٤,٢,٣	بنجر السكر (*بيتا فولجاريس*)	١١٦
٤,٢,٤	القنب (*كانابيس ساتيفا*)	١١٨
٤,٣	المحاصيل العشبية المعمرة	١١٩
٤,٣,١	قصب السكر (*جنس السكارام*)	١١٩
٤,٣,٢	التبن (*بانيكام فيرجاتام*)	١٢١

ص

٤,٣,٣ الميسكانثوس (جنس *الميثكانثوس*)..... ١٢٣
٤,٤ المحاصيل الخشبية ذات الدورة القصيرة..... ١٢٥
٤,٤,١ الحور (جنس *البوبيولا س*) والصفصاف (جنس *الساليكس*)..... ١٢٥
٤,٥ لماذا نزرع محاصيل الطاقة؟..... ١٢٧
٤,٦ المعوقات التي تواجه محاصيل الطاقة..... ١٢٨
٤,٧ الاستنتاجات..... ١٣٠
المراجع..... ١٣٢
٥ الطحالب الدقيقة بوصفها مصادر خام للوقود الحيوي والكيماويات الحيوية..... ١٣٧
٥,١ المقدمة..... ١٣٧
٥,٢ أهمية الطحالب الدقيقة بوصفها مصدراً خاماً للوقود الحيوي والكيماويات الحيوية..... ١٣٨
٥,٢,١ المكونات الكيميائية الحيوية والمغذيات في الطحالب الدقيقة..... ١٣٨
٥,٢,٢ مزايا الطحالب الدقيقة للأغراض الصناعية..... ١٣٩
٥,٣ التقنيات الجديدة للفحص وإختيار الطحالب الدقيقة..... ١٤١
٥,٣,١ الفحص فائق الإنتاجية (HTS) بواسطة تقنيات الاستشعاع..... ١٤٢
٥,٣,٢ الفرز فائق الإنتاجية (HTS) بواسطة التدفق الخلوي..... ١٤٣
٥,٣,٣ تقنيات التقييم السريع للدهون..... ١٤٣
٥,٤ إنتاج الكتلة الحيوية للطحالب الدقيقة في الصناعة..... ١٤٥
٥,٤,١ الزراعة الخارجية على المستوى الضخم والتحديات..... ١٤٥
٥,٤,٢ الزراعة غير ذاتية ومختلطة التغذية..... ١٤٧
٥,٥ عمليات التجهيز الحيوية للطحالب الدقيقة بوصفها مصدراً وسيطاً لإنتاج الوقود الحيوي.. ١٥٠
٥,٥,١ إنتاج الديزل الحيوي بواسطة إنزيم الليبيز المقيد..... ١٥٠
٥,٥,٢ إنتاج الإيثانول الحيوي بواسطة التخمير اللاهوائي..... ١٥٢
٥,٥,٣ إنتاج الميثان الحيوي والهيدروجين الحيوي بواسطة التخمير اللاهوائي..... ١٥٣
٥,٦ الخلاصة والآفاق المستقبلية..... ١٥٤
المراجع..... ١٥٥

٦	**المعالجة الأولية للكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية**	١٥٩
٦,١	المقدمة	١٥٩
٦,٢	تركيب وتكوين الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية	١٦١
٦,٢,١	السليولوز	١٦٢
٦,٢,٢	الهيميسليولوز	١٦٣
٦,٢,٣	اللجنين	١٦٤
٦,٢,٤	المواد المستخلصة	١٦٦
٦,٣	تحديات التحويل البيولوجي للكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية	١٦٧
٦,٣,١	القيود الكيميائية	١٦٨
٦,٣,٢	القيود الفيزيائية	١٧٠
٦,٤	تقنيات المعالجة الأولية	١٧٢
٦,٤,١	القلويات (هيدروكسيد الصوديوم، والأمونيا، والجير)	١٧٢
٦,٤,٢	التحلل الذاتي (المياه الساخنة وانفجار البخار)	١٧٨
٦,٤,٣	الحمض	١٧٩
٦,٤,٤	المعالجات الأولية الأخرى	١٨٠
٦,٤,٥	عامل الخطورة	١٨١
٦,٥	استراتيجيات المعالجة الأولية في التحويل الحيوي للكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية إلى وقود وكيماويات	١٨١
٦,٦	المعالجة الأولية أو التجزئة: دور المعالجة الأولية في مفهوم المصافي الحيوية	١٨٣
٦,٧	إدماج المعالجة الأولية في عملية تحويل الكتلة الحيوية	١٨٤
	المراجع	١٨٥
٧	**الأميليزات: الخصائص، المصادر، الإنتاج، والتطبيقات**	١٩٣
٧,١	المقدمة	١٩٣
٧,٢	النشا (وسط تفاعل الأميليزات)	١٩٤
٧,٣	الأميليزات في الطبيعة	١٩٧
٧,٤	أنواع الأميليزات	١٩٧

٧,٤,١	الألفا-أميليز (EC 3.2.1.1; CAS# 9000-90-2)	١٩٨
٧,٤,٢	البيتا-أميليز (EC 3.2.1.2; CAS# 9000-91-3)	١٩٨
٧,٤,٣	الجلوكوأميليز أو جاما-أميليز (EC 3.2.1.3; CAS# 9032-08-0)	١٩٩
٧,٤,٤	البوليولانيز (EC 3.2.1.41; CAS# 9075-68-7)	١٩٩
٧,٥	طريقة عمل الأميليز	٢٠٠
٧,٦	تصنيف عائلة الأميليز	٢٠١
٧,٧	تركيب الأميليز	٢٠٤
٧,٧,١	مجالات الارتباط بالنشا	٢٠٥
٧,٨	الإنتاج الصناعي	٢٠٧
٧,٨,١	الألفا-أميليز	٢١٠
٧,٨,٢	البيتا-أميليز	٢١٢
٧,٨,٣	الجلوكوأميليز	٢١٣
٧,٨,٤	إنتاج الأميليزات من المصادر الخام الأولية النشوية وغير النشوية	٢١٣
٧,٩	ثبات الأميليز	٢١٤
٧,٩,١	الإنتاج بواسطة الكائنات الدقيقة فائقة التحمل للظروف القاسية	٢١٥
٧,٩,٢	الإنتاج بواسطة الكائنات الدقيقة المعدلة وراثياً	٢١٦
٧,٩,٣	هندسة البروتين وتطفير الأحماض الأمينية	٢١٧
٧,٩,٤	طريقة الاستقرار الكيميائي	٢١٨
٧,٩,٥	طريقة الاستقرار بأيونات المعادن	٢١٨
٧,٩,٦	طريقة التقييد	٢١٩
٧,١٠	التطبيقات الصناعية	٢٢٠
٧,١١	الاتجاهات المستقبلية	٢٢١
	المراجع	٢٢٢
٨	**السليوليزات: الخصائص، المصادر، الإنتاج، والتطبيقات**	٢٢٩
٨,١	المقدمة	٢٢٩
٨,٢	السليوليزات ودورها في تحلل السليولوز	٢٣٠

٨,٢,١ نظم إنزيم السليوليز لتحلل السليولوز..... ٢٣٠
٨,٢,٢ تسلسل عائلات السليوليزات والتركيبات ثلاثية الأبعاد لها..... ٢٣٢
٨,٢,٣ آليات تحفيز السليوليزات..... ٢٣٣
٨,٢,٤ الجلوكانيز الداخلي..... ٢٣٣
٨,٢,٥ الجلوكانيز الخارجي..... ٢٣٤
٨,٢,٦ البيتا-جلوكوسيديز..... ٢٣٥
٨,٢,٧ وسط التفاعل، التآزر، والنموذج..... ٢٣٦
٨,٢,٨ طرق فحص نشاط السليوليز..... ٢٣٩
٨,٣ جهود تحسين السليوليز..... ٢٣٩
٨,٣,١ التطور الموجه..... ٢٣٩
٨,٣,٢ التصميم الرشيد أو العقلاني..... ٢٤٣
٨,٣,٣ السيلولوزوم المصَمِم..... ٢٤٤
٨,٤ تطبيقات وإنتاج السليوليز..... ٢٤٦
٨,٤,١ التطبيقات الصناعية للسليوليزات..... ٢٤٦
٨,٤,٢ إنتاج السليوليز..... ٢٤٦
٨,٥ التجهيز البيولوجي الموحد..... ٢٤٧
٨,٦ الآفاق المستقبلية..... ٢٥٠
المراجع..... ٢٥١
٩ الزيلانيزات: الخصائص، المصادر، الإنتاج، والتطبيقات..... ٢٥٧
٩,١ المقدمة..... ٢٥٧
٩,٢ الخصائص البيوكيميائية للزيلانيزات..... ٢٥٨
٩,٢,١ التركيب الكيميائي للزيلان..... ٢٥٨
٩,٢,٢ مصدر الإنزيمات المحللة للزيلان..... ٢٦٠
٩,٢,٣ آليات التحفيز..... ٢٦٠
٩,٢,٤ التركيب البلوري للزيلانيزات..... ٢٦١
٩,٢,٥ خصائص التحفيز..... ٢٦١

٩,٢,٦ مثبطات الزيلانيز..... ٢٦٦
٩,٣ إنتاج الزيلانيز..... ٢٦٧
٩,٣,١ اختيار سلالة أصلية فائقةِ الإنتاج والتحسين التقليدي لبيئة الإنتاج..... ٢٦٧
٩,٣,٢ طريقة التخمير..... ٢٦٨
٩,٣,٣ تحفيز الإنتاج بواسطة مصدر الكربون..... ٢٧٠
٩,٣,٤ تطبيق الأساليب الإحصائية..... ٢٧٢
٩,٣,٥ الاستنساخ باستخدام العوائل المضيفة المناسبة..... ٢٧٣
٩,٤ تطبيقات الزيلانيزات..... ٢٧٦
٩,٤,١ إنتاج الإيثانول الحيوي..... ٢٧٦
٩,٤,٢ التطبيقات المعتمدة على الحبوب..... ٢٧٧
٩,٤,٣ إنتاج سكريات الأوليجو-زيلو..... ٢٨٠
٩,٤,٤ الزيلانيزات في التقنية الحيوية لصناعة اللب والورق..... ٢٨٢
٩,٤,٥ المنسوجات..... ٢٨٢
٩,٤,٦ تعطن الكتان..... ٢٨٣
المراجع..... ٢٨٣
١٠ **الإنزيمات المحللة للجنين: نظرةٌ عامة**..... ٢٩١
١٠,١ المقدمة: اللجنين كمصدر متجدد..... ٢٩١
١٠,٢ الكائنات الحية المحللة للجنين..... ٢٩٢
١٠,٣ البيروكسيديزات محللة اللجنين..... ٢٩٣
١٠,٣,١ دورات وأوساط تفاعل تحفيز البيروكسيديز..... ٢٩٦
١٠,٣,٢ تنوع البيروكسيديزات المحللة للجنين..... ٣٠٠
١٠,٣,٣ التنظيم الجيني..... ٣٠١
١٠,٣,٤ المميزات التركيبية..... ٣٠٢
١٠,٣,٥ موقع الأكسدة في الأوساط الأروماتية..... ٣٠٤
١٠,٣,٦ موقع أكسدة المنجنيز..... ٣٠٥
١٠,٣,٧ مواقع الأكسدة المتعددة في البيروكسيديز المتنوع..... ٣٠٥

١٠,٤	اللاكيز: الإنزيم الأزرق	٣٠٦
١٠,٤,١	دورة التحفيز وأوساط التفاعل	٣٠٦
١٠,٤,٢	المصدر	٣٠٧
١٠,٤,٣	المميزات الكيميائية الحيوية والهيكلية	٣٠٨
١٠,٤,٤	وسيط الأكسدة الاختزالية	٣١٠
١٠,٥	الإنزيمات المساعدة المحللة للللجنين	٣١٢
١٠,٥,١	أوكسيديز الجليوكسال	٣١٢
١٠,٥,٢	أوكسيديز الكحول الأريلي	٣١٣
١٠,٥,٣	أوكسيديز البيرانوز-٢	٣١٤
١٠,٥,٤	ديهيدروجينيز السيلوبيوز	٣١٤
١٠,٦	إنتاج إنزيمات تعديل اللجنين	٣١٥
١٠,٦,١	طرق التخمير المختلفة	٣١٥
١٠,٦,٢	الإنتاج بواسطة الخلايا الفطرية المقيدة	٣١٦
١٠,٦,٣	تخمير الحالة الصلبة	٣١٧
١٠,٦,٤	الإنتاج في النظم المعدلة وراثياً	٣١٧
١٠,٧	تطبيقات الإنزيمات المعدلة للللجنين	٣١٩
١٠,٧,١	الامكانيات والقيود	٣١٩
١٠,٧,٢	المعالجة البيئية	٣١٩
١٠,٧,٣	صناعة الغزل والنسيج	٣٢٠
١٠,٧,٤	عملية اللب الحيوي وتعديل اللجنين	٣٢١
١٠,٧,٥	الصناعات الغذائية	٣٢٢
١٠,٧,٦	أجهزة الاستشعار الحيوية (الحساسات الحيوية)	٣٢٢
١٠,٧,٧	الكيمياء التخليقية	٣٢٣
١٠,٧,٨	مستحضرات التجميل	٣٢٣
١٠,٨	إنزيمات تحليل اللجنين: اشتراطات تحليل اللجنين والمصافي الحيوية المستقبلية للمواد اللجنوسليولوزية	٣٢٤

المراجع ٣٢٥
١١ التطورات في إنتاج الإيثانول الحيوي من المواد اللجنوسليولوزية ٣٣٥
١١,١ المقدمة ٣٣٥
١١,٢ الإيثانول الحيوي ضد البيئة: الخلافات ٣٣٦
١١,٣ الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية: المواد الخام المتوفرة في كل مكان ٣٣٨
١١,٤ المعالجة الأولية: تجهيز الكتلة الحيوية للتحليل الإنزيمي ٣٤٠
١١,٥ التحلل الإنزيمي ٣٤٠
١١,٦ مناهج التقنية الحيوية في التحويل الحيوي للمصادر اللجنوسليولوزية ٣٤١
١١,٦,١ مفهوم عملية التسكر والتخمير في وقتٍ واحد ٣٤٤
١١,٦,٢ التسكير والتخمير التعاوني في وقتٍ واحد ٣٥٠
١١,٦,٣ التجهيز الحيوي المدمج ٣٥١
١١,٧ الخلاصة ٣٥٣
المراجع ٣٥٣
١٢ خصائص الوقود الحيوي والمصادر الخام البديلة ٣٥٧
١٢,١ المقدمة ٣٥٧
١٢,٢ معايير وقود الديزل الحيوي ٣٥٩
١٢,٣ المحفزات ٣٦٤
١٢,٤ تحضير إسترات ميثيل الأحماض الدهنية ٣٦٦
١٢,٥ تحضير إسترات إيثيل الأحماض الدهنية ٣٦٨
١٢,٦ تأثير الأحماض الدهنية الحرة على إنتاج وقود الديزل الحيوي ٣٦٩
١٢,٧ طرق الإنتاج البديلة ٣٧٠
١٢,٨ مزايا وعيوب وقود الديزل الحيوي ٣٧٣
١٢,٩ الأحماض الدهنية النموذجية الموجودة في معظم المواد الأولية من الزيوت النباتية ٣٧٥
١٢,١٠ تأثير تكوين وقود الديزل الحيوي على خصائص الوقود ٣٧٦
١٢,١٠,١ خصائص درجة الحرارة المنخفضة ٣٧٧
١٢,١٠,٢ الاستقرار التأكسدي ٣٨٠

١٢,١٠,٣	اللزوجة الحركية	٣٨٣
١٢,١٠,٤	انبعاثات العادم	٣٨٤
١٢,١٠,٥	رقم السيتان	٣٨٥
١٢,١٠,٦	حرارة الاحتراق	٣٨٦
١٢,١٠,٧	تقليل الاحتكاك	٣٨٧
١٢,١٠,٨	الملوثات	٣٨٨
١٢,١٠,٩	المكونات الصغرى	٣٩١
١٢,١١	لماذا نستخدم المواد الأولية البديلة في إنتاج وقود الديزل الحيوي؟	٣٩٢
١٢,١٢	المواد الأولية البديلة من البذور الزيتية	٣٩٣
١٢,١٣	الدهون الحيوانية	٣٩٤
١٢,١٤	زيوت النفايات الأخرى	٣٩٩
١٢,١٤,١	إنتاج وقود الديزل الحيوي في المصافي الحيوية المتكاملة	٤٠٢
١٢,١٥	الطحالب الدقيقة	٤٠٣
١٢,١٦	النظرة المستقبلية لوقود الديزل الحيوي	٤٠٧
	المراجع	٤٠٩
١٣	**الإنتاج الحيوي للبيوتانول والكحولات العليا**	٤١٧
١٣,١	المقدمة	٤١٧
١٣,٢	التخمير الصناعي للأسيتون بيوتانول-إيثانول من أجل إنتاج إن-بيوتانول	٤٢٠
١٣,٣	إنتاج إن-بيوتانول بواسطة سلالات *الكلوستريديوم* المنتجة للمذيبات	٤٢٢
١٣,٣,١	سلالة *الكلوستريديوم* المنتجة للمذيبات	٤٢٣
١٣,٣,٢	مسار تخليق الأسيتون-بيوتانول-إيثانول وحركية التخمير	٤٢٦
١٣,٣,٣	تطوير السلالة لتحسين تخمير الأسيتون-بيوتانول-إيثانول	٤٢٧
١٣,٣,٤	الهندسة الأيضية لسلالة *الكلوستريديوم* المنتجة للمذيبات	٤٢٩
١٣,٣,٥	المصادر الخام البديلة لتخمير الأسيتون-بيوتانول-إيثانول	٤٣٤
١٣,٣,٦	تطوير عملية تخمير للأسيتون-بيوتانول-إيثانول	٤٣٩
١٣,٣,٧	فصل البيوتانول والتخمير المتكامل مع استرداد المنتج مباشرة في الموقع	٤٤١

١٣,٤	هندسة الكائنات الدقيقة لتخليق الكحولات العليا	٤٤٦
١٣,٤,١	هندسة مسار تخمير إن-بيوتانول في الكلوستريديا	٤٤٦
١٣,٤,٢	تخليق إن-بيوتانول باستخدام دورة أكسدة بيتا العكسية	٤٥٠
١٣,٤,٣	هندسة مسار الحمض الكيتوني لتخليق البيوتانول	٤٥٠
١٣,٤,٤	تخليق الأيزوبروبانول و إن-بروبانول	٤٥٣
١٣,٤,٥	تخليق ٢-بيوتانول	٤٥٤
١٣,٤,٦	تخليق البنتانول والكحولات العليا	٤٥٥
١٣,٥	إنتاج الكحولات العليا بواسطة العملية الكيموحيوية الهجينة	٤٥٦
١٣,٦	الاستنتاجات والآفاق المستقبلية	٤٥٧
	المراجع	٤٥٨
١٤	**التطور في إنتاج الهيدروجين الحيوي وتكامله مع تقنية خلايا الوقود**	٤٦٧
١٤,١	المقدمة	٤٦٧
١٤,٢	التحلل الضوئي الحيوي	٤٦٨
١٤,٣	الانحلال الضوئي	٤٧١
١٤,٤	التخمير المظلم	٤٧٣
١٤,٤,١	التخمير المظلم بواسطة الكائنات اللاهوائية الإجبارية	٤٧٥
١٤,٤,٢	التخمير المظلم بواسطة الكائنات اللاهوائية الاختيارية	٤٧٦
١٤,٤,٣	التخمير المظلم بواسطة الكائنات المحبة للحرارة	٤٧٧
١٤,٥	العوامل المؤثرة على إنتاج الهيدروجين في التخمير المظلم	٤٧٨
١٤,٦	التعديل الوراثي لبكتيريا التخمير	٤٧٩
١٤,٧	الجهود الأخرى لإنتاج الهيدروجين الحيوي	٤٨٢
١٤,٨	إدماج نظام إنتاج الهيدروجين الحيوي مع خلايا الوقود	٤٨٤
١٤,٩	الخلاصة	٤٨٤
	المراجع	٤٨٥
١٥	**تقنية الغاز الحيوي**	٤٩١
١٥,١	المقدمة	٤٩١

١٥,٢	أساسيات عملية الغاز الحيوي.....	٤٩٣
١٥,٢,١	توصيف الأوساط البيئية.....	٤٩٣
١٥,٢,٢	العمليات الأساسية، ظروف العملية.....	٤٩٤
١٥,٢,٣	اضطرابات العملية.....	٤٩٧
١٥,٣	مخطط عملية وتصميم المخمر.....	٤٩٨
١٥,٣,١	المفاعلات أحادية ومزدوجة ومتعددة المراحل.....	٥٠٠
١٥,٣,٢	التقليب.....	٥٠١
١٥,٣,٣	التخميرات الجافة والرطبة.....	٥٠٣
١٥,٣,٤	تسخين النظام.....	٥٠٤
١٥,٣,٥	مفاعل إنتاج الميثان مع تركيز الكتلة الحيوية النشطة.....	٥٠٥
١٥,٣,٦	تصميم المخمر.....	٥٠٦
١٥,٣,٧	المعالجة الأولية للأوساط.....	٥٠٧
١٥,٣,٨	المعالجة اللاحقة لمخلفات العملية.....	٥٠٧
١٥,٣,٩	تنقية الغاز الحيوي (إزالة كبريتيد الهيدروجين).....	٥٠٨
١٥,٤	الغاز الحيوي من المخلفات البيولوجية ومخلفات البلدية الصلبة.....	٥٠٩
	المراجع.....	٥١٢
١٦	**إنتاج حمض اللاكتيك وحمض البولي لاكتيك للتطبيقات الصناعية**.....	٥١٣
١٦,١	تاريخ حمض اللاكتيك.....	٥١٣
١٦,٢	خصائص حمض اللاكتيك.....	٥١٣
١٦,٣	تطبيقات وسوق حمض اللاكتيك وحمض البولي لاكتيك المشتق منه.....	٥١٤
١٦,٤	تخمير حمض اللاكتيك.....	٥١٨
١٦,٤,١	التخمير البكتيري.....	٥١٨
١٦,٤,٢	التخمير الفطري.....	٥٢٥
١٦,٥	استرداد حمض اللاكتيك من بيئة التخمير.....	٥٣٧
١٦,٥,١	الاستخلاص التفاعلي.....	٥٣٩
١٦,٥,٢	الادمصاص.....	٥٤٠

١٦,٥,٣ الفصل الغشائي الكهربائي ٥٤١
١٦,٥,٤ الأسترة والتقطير التفاعلي ٥٤٣
١٦,٥,٥ عملية تكرير حمض اللاكتيك القابلة للتطبيق ٥٤٤
١٦,٦ نظرة عامة على تخليق حمض البولي لاكتيك ٥٤٥
١٦,٦,١ البلمرة باستخدام فتح الحلقة ٥٤٦
١٦,٦,٢ التكثيف بالتجفيف الإيزيوتروبي (التكثيف المتعدد المباشر) ٥٤٨
١٦,٧ ملاحظات ختامية ٥٤٩
المراجع ٥٤٩
١٧ إنتاج حمض السكسينيك من المصادر المتجددة ٥٥٥
١٧,١ نظرة عامة ٥٥٥
١٧,٢ تطوير السلالات المنتجة لحمض السكسينيك ٥٥٧
١٧,٢,١ *أنيروبيوسبيريليام سكسينيسيبروديوسينس* ٥٥٧
١٧,٢,٢ *أكتينوباسيلاس سكسينوجينز* ٥٦١
١٧,٢,٣ *مانهيميا سكسينيسيبروديوسينس* ٥٦١
١٧,٢,٤ *كوراينيباكيتريام جلوتاميكام* ٥٦٢
١٧,٢,٥ *إيشيريشيا القولون* ٥٦٣
١٧,٣ مصادر الكربون ٥٦٥
١٧,٤ تعظيم عملية التخمير ٥٦٧
١٧,٥ استرداد وتنقية حمض السكسينيك ٥٦٩
١٧,٥,١ الطرد المركزي والترشيح ٥٧٠
١٧,٥,٢ الترسيب ٥٧٠
١٧,٥,٣ الاستخلاص التفاعلي ٥٧١
١٧,٥,٤ التحليل الكهربي ٥٧٢
١٧,٥,٥ تبادل الأيونات والبلورة ٥٧٣
١٧,٦ الآفاق المستقبلية لإنتاج حمض السكسينيك حيوي ٥٧٤
المراجع ٥٧٦

١٨	**تخمير حمض البروبيونيك**	٥٧٩
١٨,١	المقدمة	٥٧٩
١٨,٢	بكتيريا حمض البروبيونيك	٥٨٠
١٨,٢,١	بكتيريا البروبيونيك	٥٨٢
١٨,٢,٢	بكتيريا البروبيونيك اللبنية	٥٨٣
١٨,٢,٣	مسار الحمض ثنائي الكربوكسيل	٥٨٤
١٨,٢,٤	مسار حمض الأكريليك	٥٨٦
١٨,٣	الهندسة الأيضية لبكتيريا البروبيونيك	٥٨٦
١٨,٣,١	علم الوراثة وعوامل الاستنساخ	٥٨٦
١٨,٣,٢	التحويل	٥٨٩
١٨,٣,٣	الهندسة الوراثية والأيضية	٥٩٠
١٨,٤	عمليات التخمير	٥٩١
١٨,٤,١	إنتاج حمض البروبيونيك من المواد الأولية المتجددة	٥٩١
١٨,٤,٢	عمليات التخمير بالخلايا الحرة	٥٩٥
١٨,٤,٣	التخمير بالخلايا المقيدة	٦٠٢
١٨,٤,٤	المفاعل الحيوي ذو وسادة الألياف	٦٠٣
١٨,٥	التخمير مع استرداد المنتج في الموقع	٦٠٧
١٨,٦	الاستنتاجات والمنظورات المستقبلية	٦٠٩
	المراجع	٦١٠
١٩	**التخميرات اللاهوائية لإنتاج أحماض الخليك والبيوتريك**	٦١٥
١٩,١	المقدمة	٦١٥
١٩,٢	الإنتاج الميكروبي لحمض الخليك	٦١٦
١٩,٢,١	بكتيريا حمض الخليك اللاهوائية	٦١٧
١٩,٢,٢	المسارات الأيضية لبكتيريا حمض الخليك	٦١٩
١٩,٢,٣	تخمير البكتيريا المنتجة لحمض الخليك	٦٢١
١٩,٣	الإنتاج الميكروبي لحمض البيوتيريك	٦٢٣

١٩,٣,١ بكتيريا حمض البيوتيريك..... ٦٢٣
١٩,٣,٢ المسار الأيضي لإنتاج البيوتيرات..... ٦٢٦
١٩,٣,٣ العوامل المؤثرة على تخمير حمض البيوتيريك..... ٦٢٨
١٩,٣,٤ تخمير حمض البيوتيريك..... ٦٣٠
١٩,٤ الهندسة الأيضية للكلوستريديا المنتجة للأحماض..... ٦٣١
١٩,٤,١ تسلسلات الجينوم..... ٦٣٤
١٩,٤,٢ عوامل استنساخ الكلوستريديا..... ٦٣٥
١٩,٤,٣ الإقصاء الخارجي وتعبير الجينات..... ٦٣٥
١٩,٥ عمليات التخمير لإنتاج الأحماض الكربوكسيلية..... ٦٣٧
١٩,٥,١ وضع التشغيل..... ٦٣٧
١٩,٥,٢ المفاعل الحيوي ذو الخلايا المقيدة..... ٦٣٨
١٩,٥,٣ التخمير الاستخلاصي..... ٦٤٠
١٩,٦ طرق الفصل لاسترداد الأحماض الكربوكسيلية من بيئة التخمير..... ٦٤٢
١٩,٦,١ الترسيب..... ٦٤٣
١٩,٦,٢ الاستخلاص..... ٦٤٣
١٩,٦,٣ الادمصاص..... ٦٤٥
١٩,٦,٤ الفصل الغشائي الكهربائي..... ٦٤٦
١٩,٧ الاستنتاجات..... ٦٤٩
المراجع..... ٦٤٩
٢٠ **إنتاج أحماض الستريك، والإيتاكونيك، والفيوماريك، والماليك في تخميرات الفطريات الخيطية**..... ٦٥٧
٢٠,١ المقدمة..... ٦٥٧
٢٠,٢ التاريخ وطرق الإنتاج الحالية..... ٦٥٨
٢٠,٣ الكائنات الحية الدقيقة..... ٦٦٣
٢٠,٤ المسارات الأيضية لتخليق الأحماض الكربوكسيلية في الفطريات الخيطية..... ٦٦٤
٢٠,٤,١ تحليل الجلوكوز..... ٦٦٧

٢٠,٤,٢ دورة الحمض ثلاثي الكربوكسيل..... ٦٦٨
٢٠,٤,٣ الانتقال..... ٦٧٠
٢٠,٤,٤ المسارات السيتوبلازمية..... ٦٧٢
٢٠,٥ الهندسة الأيضية وبيولوجيا الأنظمة لتحسين السلالة..... ٦٧٥
٢٠,٦ عملية تخمير الفطريات الخيطية..... ٦٧٨
٢٠,٦,١ التحكم في المفاعل الحيوي وأشكال النمو..... ٦٧٨
٢٠,٦,٢ البيئات الغذائية للتخمير..... ٦٨٢
٢٠,٦,٣ الأس الهيدروجيني وعوامل المعادلة..... ٦٨٦
٢٠,٦,٤ الأوكسجين المذاب..... ٦٨٨
٢٠,٦,٥ درجة الحرارة..... ٦٨٩
٢٠,٧ فصل وتنقية المنتجات..... ٦٩٠
٢٠,٨ الاستنتاجات والآفاق المستقبلية..... ٦٩٣
المراجع..... ٦٩٤
٢١ تطورات التقنية الحيوية لإنتاج ١,٣-بروبان دايول و٢,٣-بيوتان دايول..... ٦٩٩
٢١,١ المقدمة..... ٦٩٩
٢١,٢ الإنتاج الميكروبي لـ١,٣-بروبان دايول..... ٧٠٠
٢١,٢,١ ١,٣-بروبان دايول..... ٧٠٠
٢١,٢,٢ إنتاج ١,٣-بروبان دايول بواسطة أنواع *الكلبسيلا*..... ٧٠٣
٢١,٢,٣ إنتاج ١,٣-بروبان دايول من سلالات *كلوستريديوم بيوتيريكام*..... ٧١٠
٢١,٢,٤ تعبير الجينات غير المتجانسة لإنتاج ١,٣-بروبان دايول..... ٧١٢
٢١,٣ الإنتاج الميكروبي لـ٢,٣-بيوتان دايول..... ٧١٣
٢١,٣,١ ٢,٣-بيوتان دايول..... ٧١٣
٢١,٣,٢ الكائنات الدقيقة والمسارات..... ٧١٥
٢١,٣,٣ استخدام السكريات كوسط تفاعل لإنتاج ٢,٣-بيوتان دايول..... ٧١٦
٢١,٣,٤ استخدام المواد اللجنوسليولوزية لإنتاج ٢,٣-بيوتان دايول..... ٧١٨
٢١,٣,٥ الجلسرين بوصفه وسطاً لتفاعل إنتاج ٢,٣-بيوتان دايول..... ٧١٩

٢١,٣,٦ تأثير إضافة الأحماض العضوية على إنتاج ٢ ,٣-بيوتان دايول..... ٧١٩
٢١,٣,٧ التعديلات الوراثية لإنتاج ٢ ,٣-بيوتان دايول..... ٧٢٠
٢١,٤ الخلاصة..... ٧٢١
المراجع..... ٧٢١
٢٢ إنتاج البولي هيدروكسي ألكانوات في تنقية الكتلة الحيوية..... ٧٢٧
٢٢,١ المقدمة..... ٧٢٧
٢٢,١,١ البولي هيدروكسي ألكانوات وتنقية الكتلة الحيوية..... ٧٢٧
٢٢,١,٢ مشتقات الكتلة الحيوية والسمية الميكروبية..... ٧٢٩
٢٢,١,٣ العمليات الحيوية لبولي هيدروكسي ألكانوات..... ٧٣٠
٢٢,٢ التخليق الميكروبي للبولي هيدروكسي ألكانوات..... ٧٣١
٢٢,٢,١ مسارات الأيض لتكوين البولي هيدروكسي ألكانوات..... ٧٣١
٢٢,٢,٢ تخمير البولي هيدروكسي ألكانوات على الجلوكوز أو الزيلوز ٧٣٣
٢٢,٢,٣ تخمير البولي هيدروكسي ألكانوات على حمض الليفولينيك..... ٧٣٥
٢٢,٢,٤ تخمير البولي هيدروكسي ألكانوات في محلول نواتج التحلل..... ٧٣٧
٢٢,٣ استرداد وتنقية بوليسترات البولي هيدروكسي ألكانوات الحيوية..... ٧٣٩
٢٢,٣,١ التقنيات والتحديات..... ٧٣٩
٢٢,٣,٢ إذابة كتلة الخلايا غير المحتوية على البولي هيدروكسي ألكانوات..... ٧٤١
٢٢,٣,٣ البلورة الجزئية واسترداد حبيبات البولي هيدروكسي ألكانوات..... ٧٤٢
٢٢,٤ الخلاصة..... ٧٤٥
المراجع..... ٧٤٦
٢٣ الإنتاج الميكروبي لحمض البولي-جاما-جلوتاميك..... ٧٤٩
٢٣,١ المقدمة..... ٧٤٩
٢٣,٢ الكائنات الدقيقة المنتجة لحمض البولي-جاما-الجلوتاميك ومسارات التخليق الحيوية ذات الصلة..... ٧٥٠
٢٣,٢,١ الكائنات الدقيقة المنتجة لحمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٥٠
٢٣,٢,٢ مسارات التخليق الحيوية لحمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٥١

٢٣,٣ تطوير العملية الحيوية لإنتاج حمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٥٣
٢٣,٣,١ الإحتياجات الغذائية وتعظيم ظروف الزراعة..... ٧٥٣
٢٣,٣,٢ تطوير العملية الحيوية..... ٧٥٦
٢٣,٤ الاستخدام المباشر للجلوكوز في التخليق الحيوي لحمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٦٠
٢٣,٤,١ فحص السلالات عالية الإنتاجية من حمض البولي-جاما-الجلوتاميك للاستخدام المباشر للجلوكوز..... ٧٦١
٢٣,٤,٢ الزراعة التعاونية لسلالات *كوراينيباكتيريام جلوتاميكام* و *باسيلاس ساتلاس*..... ٧٦١
٢٣,٤,٣ الهندسة الوراثية للسلالات المضيفة..... ٧٦٢
٢٣,٥ فصل وتوصيف حمض البولي-جاما-الجلوتاميك من محلول التخمير..... ٧٦٣
٢٣,٥,١ فصل وتنقية حمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٦٣
٢٣,٥,٢ توصيف حمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٦٤
٢٣,٦ تعديلات وتطبيقات حمض البولي-جاما-الجلوتاميك..... ٧٦٥
٢٣,٦,١ منتجات الأغذية والعناية بالبشرة..... ٧٦٥
٢٣,٦,٢ المنتجات الزراعية..... ٧٦٥
٢٣,٦,٣ عوامل الطفو من البوليمر الحيوي..... ٧٦٦
٢٣,٦,٤ التطبيقات الطبية..... ٧٦٧
المراجع..... ٧٧٠
٢٤ المنتجات الثانوية لعمليات التنقية الغذائية كإضافات وظيفية عالية القيمة..... ٧٧٥
٢٤,١ المقدمة..... ٧٧٥
٢٤,٢ الألياف الغذائية..... ٧٧٦
٢٤,٢,١ مقدمة..... ٧٧٦
٢٤,٢,٢ مصادر الألياف الغذائية..... ٧٧٧
٢٤,٢,٣ عزل وإنتاج الألياف الغذائية من المنتجات الثانوية لتجهيز الأغذية..... ٧٧٨
٢٤,٣ المواد المضادة للاكسدة..... ٧٨٠
٢٤,٣,١ مقدمة..... ٧٨٠
٢٤,٣,٢ مصادر مضادات الأكسدة الغذائية..... ٧٨٠

٢٤,٣,٣ عزل وإنتاج المواد المضادة للأكسدة من المنتجات الثانوية لتجهيز الأغذية..... ٧٨١
٢٤,٤ الملونات الغذائية..... ٧٨٤
٢٤,٤,١ مقدمة..... ٧٨٤
٢٤,٤,٢ عزل وإنتاج أصباغ الأنثوسيانين من المنتجات الثانوية للغذاء..... ٧٨٤
٢٤,٤,٣ عزل وإنتاج أصباغ الكاروتين من المنتجات الثانوية للغذاء..... ٧٨٥
٢٤,٥ ملاحظات ختامية..... ٧٨٦
المراجع..... ٧٨٦
ثبت المصطلحات..... ٧٩١
أولاً: عربي - إنجليزي..... ٧٩١
ثانياً: إنجليزي- عربي..... ٨١٠
كشاف الموضوعات..... ٨٢٩