بسم الله الرحمن الرحيم

التقنية الحيوية الصناعية

نمو مستدام ونجاح اقتصادي

تحرير

فيم سوتارت **إيريك فاندام**

ترجمة

د. السيد أحمد السيد أحمد

أستاذ مساعد التقنية الحيوية الصناعية – كرسي أبحاث المنتجات الطبيعية –

قسم علم الحيوان – كلية العلوم– جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر

ص ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ (٢٠١٤م)

هذه الترجمة العربية مُصرَّح بها من قِبَل مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Industrial Biotechnology: Sustainable Growth and Economic Success
By: Wim Soetaert and Erick J. Vandamme (Editors)
© Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سوتارت، فيم.

التقنية الحيوية الصناعية: نمو مستدام ونجاح اقتصادي / فيم سوتارت؛ وإيريك فاندام؛ السيد أحمد السيد أحمد - الرياض، ١٤٣٥هـ.

٦٠١ ص؛ ٢١سم × ٢٨ سم

ردمك: ٨ - ٢٦١ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- الكيمياء الصناعية ٢- التقنية الحيوية أ. فاندام، إيريك (مؤلف مشارك) ب. أحمد، السيد أحمد السيد (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٦٦٠ ١٤٣٥/٤٤١٢

رقم الإيداع: ١٤٣٥/٤٤١٢

ردمك: ٨ - ٢٦١ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه السادس للعام الدراسي ١٤٣٤/ ١٤٣٥هـ، المعقود بتاريخ ١٥/ ١/ ١٤٣٥هـ، الموافق ١٨/ ١١/ ٢٠١٣م.

دار جامعة الملك سعود للنشر ١٤٣٥هـ

مقدمة المترجم

يتم حالياً تعريف التقنية الحيوية الصناعية على أنها أي تطبيق تقني يستخدم النظم الحيوية أو الكائنات الحية أو مشتقاتها لصنع أو تغيير منتجات أو عمليات من أجل استخدام أو تطبيق معين.

وتمتد جذور التقنية الحيوية الصناعية إلى العصور القديمة حيث تم استخدام الكائنات الدقيقة قبل اكتشافها لتلبية احتياجات ورغبات المجتمع، على سبيل المثال للحفاظ على الحليب والفواكه والخضراوات وتحسين نوعية الحياة من خلال إنتاج الخبز والخمائر والمشروبات والأطعمة المملحة.

وقد أدت زيادة استخدام المصادر الحفرية غير المتجددة وتضاؤلها وزيادة أسعار الوقود الحفري إلى اتساع مفهوم التقنية الحيوية الصناعية وإمكانية تطبيق تقنياتها المختلفة في مجالات جديدة لتوفير مصادر بديلة للموارد الحفرية التي يتزايد الطلب عليها؛ بسبب قلة المعروض منها وكذلك الزيادة الهائلة للسكان. وقد تغلغلت التقنية الحيوية الصناعية في المجالات الرئيسة المهمة وأسهمت بشكلٍ فعال في تطوير التقنيات المستدامة، فعلى سبيل المثال يتم حالياً استخدام الموارد الطبيعية المتجددة مثل المحاصيل الزراعية أو بقاياها أو مخلفات عمليات معالجتها كمواد بادئة مفضلة. وقد انعكس ذلك في توفير مزايا بيئية مهمة حيث كان لتطبيقات التقنية الحيوية الصناعية باستخدام المصادر الطبيعية المتجددة الأثر الكبير في انخفاض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتغير المناخ العالمي.

يتضمن هذا الكتاب تمهيداً لبدايات التقنية الحيوية الصناعية وتغطية التقنيات الأساسية المستخدمة فيها مثل تقنية التخمير واستخدام الإنزيمات في الصناعة، وكذلك تقنية النانو وعلوم نظم الأحياء والمعلوماتية الحيوية والهندسة الأيضية. وبعد ذلك يناقش الكتاب بعض التطبيقات المختارة في الميادين الأساسية مثل الصناعات الكيميائية والدوائية، وتطبيقات الغذاء والأعلاف، وصناعة الورق، والبلاستيكات الحيوية، والوقود الحيوي. وفي الختام يتعرض الكتاب كذلك لبعض القضايا البيئية والاجتماعية والاقتصادية المتعلقة باستخدام التقنية الحيوية الصناعية.

تهدف هذه الترجمة إلى اتاحة الفرصة للطلاب المهتمين بدراسة التقنية الحيوية الصناعية، وكذلك الأكاديميين والباحثين المتخصصين في مجال التقنية الحيوية وعلى وجه الخصوص التقنية الحيوية الصناعية للتعرف على تطبيقات التقنية الحيوية الصناعية وتغلغلها في معظم مجالات الحياة اليومية. ونأمل من الله تعالى أن يستفيد منها كل طالب علم يريد أن يتعرف بصورةٍ أشمل وأعم على جميع المجالات المختصة وتداخلها وتكاملها مع بعضها ببعض، والله الموفق.

المترجم

التمهيد
PREFACE

تتطور في الوقت الحاضر موجة ثالثة من التقنية الحيوية – المصاغة بالتقنية الحيوية الصناعية أو البيضاء بأقصى سرعة. وقد ميزت نفسها بوضوح من التقنية الحيوية الحمراء التي تهدف إلى المجال الطبي، والتقنية الحيوية الخضراء التي تركز على المحاصيل والنباتات المعدلة وراثياً.

وتستغل التقنية الحيوية الصناعية النظم البيولوجية (الصغرى) لإنتاج الكيماويات الدقيقة والضخمة، والمواد، والألياف والطاقة. وتعتمد التقنيات التي تقوم عليها على تقنية التحفيز الحيوي والإنزيمات (استخدام الخلايا والإنزيمات لتحفيز التفاعلات الكيميائية) وعلى تقنية التخمير (الإنتاج الموجه والمحكوم لكميات كبيرة من الخلايا الميكروبية والراقية، وإنزيماتها ونواتج أيضها). وقد عززت الاكتشافات العلمية في طرق الفحص عالية الإنتاجية، وعلم الوراثة الجزيئية، والتطور الموجه، وهندسة الخلايا والإنزيمات، والهندسة الأيضية، وتقنيات الزراعة الحديثة، وعمليات التجهيز النهائي المتكاملة هذا المجال بشكلٍ كبير خلال العقد الماضي.

وقد تطورت التقنية الحيوية الصناعية وأصبحت مساهماً رئيساً في التقنيات المستدامة، مما يؤدي إلى الكيمياء الخضراء، وتقنية إعادة الاستخدام والاقتصاد القائم على المصادر الحيوية؛ وبالفعل يمكن الآن تحويل الموارد المتجددة غير الأحفورية، مثل السكريات والسليولوزات، والزيوت المشتقة من النباتات والحيوانات، وأيضاً مخلفات المعالجات الزراعية والغذائية، وذلك باستخدام تقنية الإنزيمات و/ أو عمليات التخمير، إلى مجموعة واسعة من المركبات الكيميائية، مثل المواد الكيميائية الدقيقة والضخمة، والمذيبات، والمستحضرات الصيدلانية، والبلاستيكات الحيوية، والفيتامينات، والمواد الملونة، وإضافات الأغذية، والمبيدات الحيوية، والوقود الحيوي وغيرها.

ومن الواضح أن التطبيقات المتزايدة للتقنية الحيوية الصناعية توفر مزايا ذات دلالة بيئية. وحيث إن المحاصيل الزراعية المتجددة أو بقاياها هي المواد الأولية المفضلة، فإن هذه التقنية يكون لها تأثيرٌ اجتماعيٌ شاملٌ مفضلٌ على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتغير المناخ العالمي، وتدعم في الوقت نفسه القطاع الزراعي المزود الأساسي لهذه المواد الخام.

وأيضاً تتغلب التقنية الحيوية الصناعية بالفعل في كثيرٍ من الأحيان على تقنية البتروكيماويات التقليدية في مزايا أداء العملية، مثل ارتفاع معدل التفاعل، وزيادة كفاءة وتخصصية التحويل، وتحسين نقاء المنتج، وانخفاض مدخلات الطاقة الكلية وانخفاض توليد النفايات.

وسوف تؤدي هذه المزايا البيئية والتقنية إلى انتشار سريع للتقنية الحيوية الصناعية في جميع قطاعات الإنتاج المرتبطة بالصناعات الكيميائية، والزراعية والغذائية والبيئية.

وسوف يؤدي هذا إلى تكوين مرافق إنتاج جديدة تسمي بالمصافي الحيوية، حيث يجب أن تتكامل معرفة وتقنية الصناعة الكيميائية والزراعية لصالح المجتمع والكوكب.

يهدف هذا الكتاب إلى تغطية التقنيات المخولة للتقنية الحيوية الصناعية فضلاً عن مجالات تطبيقها على نحوٍ شامل. ويبدأ بفصول تمهيدية على نطاق وآثار وتاريخ التقنية الحيوية الصناعية. ويتم تغطية التقنيات الأساسية والمخولة المستخدمة مثل علم الجينوم الميكروبي، والمعلوماتية الحيوية، والهندسة والنمذجة الأيضية، والتطور الموجه للإنزيمات، وتقنية التخمير، والتحفيز الحيوي، وعلم نظم الأحياء، وتقنية النانو وعمليات التجهيز النهائي في الفصول التالية.

وبعد ذلك تتم مراجعة التطبيقات في قطاع الأغذية والأعلاف، والصناعة الكيميائية والدوائية، وقطاع الورق واللب، والإنتاج الصناعي للإنزيمات، والبلاستيكات الحيوية، والوقود الحيوي.

وفي الختام يتم أيضاً مناقشة الجوانب البيئية، والاقتصادية، والمجتمعية للتقنية الحيوية الصناعية.

وتتم معاملة جميع الجوانب العملية والتقنية المذكورة بواسطة خبراء مشهورين في مجالهم. ويتم الربط بوضوح بين الجوانب التقنية والاقتصادية والبيئية خلال الكتاب.

يدين المحررون بالشكر لطاقم جون وايلي وأولاده (الدكتور راينر موينز، زوي ميلز، والدكتور مارتن جراف) لمساعدتهم التي لا تقدر بثمن خلال مهمة تحرير الكتاب. وقد كانت المساعدة التحريرية للدكتور دومينيك ديلماير (جامعة غنت، مختبر الميكروبيولوجيا الصناعية والتحفيز الحيوي) الذي أطلع المحررين والكتاب جنباً إلى جنبٍ على تقدم طباعة الكتاب، ضرورية لمواصلة وضع جميع المشاركين على المسار الصحيح.

يأمل المحررون أن يشجع هذا الكتاب متخصصي الكيمياء والفيزياء والتقنية الحيوية من الأوساط الأكاديمية والصناعية والزراعية على دمج العقول والجهود، وذلك للمضي قدماً في تطوير تأثير التقنية الحيوية الصناعية في العقود القادمة من أجل صالح مجتمعنا وصحة كوكبنا.

فيم سوتارت

إيريك فاندام

قائمة المشاركون في التأليف
LIST OF CONTRIBUTORS

Klaus Ammann
Delft University of Technology, Department of Biotechnology, Working Group on Biotechnology and Society, Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands.
Uwe T. Bornscheuer
Greifswald University, Institute of Biochemistry, Department of Biotechnology and Enzyme Catalysis, Felix-Hausdorff-Str. 4, 17487 Greifswald, Germany.
Dominique Böttcher
Greifswald University, Institute of Biochemistry, Department of Biotechnology and Enzyme Catalysis, Felix-Hausdorff-Str. 4, 17487 Greifswald, Germany.
Joaquim M.S. Cabral
IBB - Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre for Biological and Chemical Engineering, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal.
Yusuf Chisti
Massey University, School of Engineering, Private Bag 11 222, Palmerston North 4442, New Zealand.
Charles A. Dana
Drew University, Research Institute for Scientists Emeriti (R.I.S.E.), Madison, NJ 07940, USA.
Arnold L. Demain
Drew University, Research Institute for Scientists Emeriti (R.I.S.E.), Madison, NJ 07940, USA.
Veronika Dornburg
Ghent University, Department of Biochemical and Microbial Technology, Centre of Expertise–Industrial Biotechnology and Biocatalysis, Faculty of Bioscience Engineering, Coupure links 653, 9000 Gent, Belgium.
Pedro Fernandes
IBB - Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre for Biological and Chemical Engineering, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049 - 001 Lisboa, Portugal.
Maurice Franssen
Wageningen University, Laboratory of Organic Chemistry, Dreijenplein 8, 6703 HB Wageningen, The Netherlands.
Stina Grönqvist
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology, PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.
Rajni Hatti-Kaul
Lund University, Department of Biotechnology, Box 124, 221 00 Lund, Sweden .
Barbara G. Hermann
Utrecht University, Department of Science, Technology and Society Copernicus Institute, Willem C. van Unnikgebouw, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands.

Julian Kinderlerer
Delft University of Technology, Department of Biotechnology, Working Group on Biotechnology and Society Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands.
Manfred Kircher
Evonik Degussa GmbH, Paul-Baumann–Straße 1, 45772 Marl, Germany.
Rudy J. Koopmans
The Dow Chemical Company, Core R & D, New Products R & D, Dow, Benelux BV, P.O. Box 48, 4530 AA Terneuzen, The Netherlands.
Kristiina Kruus
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology, PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.
Frédéric Monot
Institut Français du Pétrole, Biotechnology and Biomass Chemistry Department, 1 et 4, avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex, France.
Pierre Monsan
INSA UMR CNRS 5504/INRA 792, Laboratory of Biosystems and Process Engineering, 135, avenue de Rangueil, 31077 Toulouse cedex 04, France.
Jens Nielsen
Technical University of Denmark, Center for Microbial Biotechnology, Department of Systems Biology, Building 223, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark.
Chalmers University of Technology Systems Biology, Department of Chemical and Biological Engineering, 412 96 Göteborg, Sweden.
Michael J. O'Donohue
INSA UMR CNRS 5504/INRA 792, Laboratory of Biosystems and Process Engineering, 135, avenue de Rangueil, 31077 Toulouse cedex 04, France.
Patricia Osseweijer
Delft University of Technology, Department of Biotechnology, Working Group on Biotechnology and Society Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands.
Kluyver Centre for Genomics of Industrial Fermentation, Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands.
José Manuel Otero
Technical University of Denmark, Center for Microbial Biotechnology, Department of Systems Biology, Building 223, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark.
Chalmers University of Technology, Systems Biology Department of Chemical and Biological Engineering, 412 96Göteborg, Sweden.
Ashok Pandey
National Institute for Interdisciplinary, Science and Technology (formerly Regional Research Laboratory) CSIR, Biotechnology Division, Trivandrum - 695 019, India.
Anil Kumar Patel
North Maharashtra University, School of Life Sciences, Jalgaon - 425 001, India .
Martin K. Patel
Utrecht University, Department of Science, Technology and Society, Copernicus Institute, Willem C. van Unnikgebouw, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, The Netherlands.
Jaakko Pere
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology, PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.
Alexandre Rojey
Institut Français du Pétrole, Biotechnology and Biomass Chemistry Department, 1 et 4, avenue de Bois - Préau 92852 Rueil-Malmaison Cedex, France.
Marlen Schmidt
Greifswald University, Institute of Biochemistry, Department of Biotechnology and Enzyme Catalysis, Felix-Hausdorff-Str. 4, 17487 Greifswald, Germany.
Matti Siika-aho
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology, PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.

Reeta Rani Singhania
National Institute for Interdisciplinary Science and Technology (formerly Regional Research Laboratory) CSIR, Biotechnology Division, Trivandrum - 695 019, India.
Wim Soetaert
Ghent University, Department of Biochemical and Microbial Technology, Centre of Expertise–Industrial Biotechnology and Biocatalysis, Faculty of Bioscience Engineering, Coupure links 653, 9000 Gent, Belgium.
Anna Suurnäkki
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology, PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.
Erick J. Vandamme
Ghent University, Department of Biochemical and Microbial Technology, Centre of Expertise–Industrial Biotechnology and Biocatalysis, Faculty of Bioscience Engineering, Coupure links 653, 9000 Gent, .Belgium
Liisa Viikari
University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Applied Chemistry and Microbiology PO Box 27, Latokartanonkaari 11, 00014 Helsinki, Finland.
Roland Wohlgemuth
Research Specialties, Sigma - Aldrich, Industriestraße 25, 9470 Buchs, Switzerland.

المحتويات

مقدمة المترجم ..... هـ
التمهيد ..... ز
قائمة المشاركون في التأليف ..... ط
نطاق وآثار التقنية الحيوية الصناعية
فيم سوتارت وإيريك فاندام ١

الفصل الأول: تاريخ التقنية الحيوية الصناعية
أرنولد ل. ديمان ١٩
(١,١) التاريخ المبكر ١٩
(١,٢) قصة البنسيلين ٢٥
(١,٣) قدوم السيفالوسبورين ٣٢
(١,٤) حقبة واكسمان ٣٥
(١,٥) تحسين السلالة ٣٧
(١,٦) المضادات الحيوية شبه المخلقة لمكافحة الميكروبات المقاومة ٣٩
(١,٧) منتجات الأيض الابتدائية ٤٠
(١,٧,١) الأحماض الأمينية ٤١
(١,٧,٢) النيكليوتيدات ٤٤
(١,٧,٣) الفيتامينات ٤٤
(١,٧,٤) الأحماض العضوية ٤٦
(١,٧,٥) الكحولات ٤٩

(١,٧,٦) البوليمرات ٥٢
(١,٧,٧) السكريات التخصصية، وكحولات السكر، إل-سكريات، سكريات الأوليجو، السكريات العديدة الجديدة التي تفرز خارج الخلية، الصبغات الحيوية، مستحضرات التجميل بما في ذلك العطور، والإنزيمات الميكروبية للتخليق الفراغي وغيرها من التطبيقات ٥٣
(١,٨) التحول من المضادات الحيوية إلى العوامل الدوائية ٥٣
(١,٨,١) مثبطات الإنزيمات ٥٥
(١,٨,٢) مثبطات المناعة ٥٧
(١,٨,٣) مضادات السرطان ٥٨
(١,٨,٤) قلويدات الإرجوت ٥٩
(١,٨,٥) المركبات الزراعية ٥٩
(١,٩) الثورة الصيدلانية الحيوية ٦٢
(١,٩,١) الإنسولين البشري (نوفولين، هومولين) ٦٦
(١,٩,٢) الإرثروبوتين (إيبوجين، بروكريت) ٦٧
(١,٩,٣) الإنترفيرونات ٦٧
(١,٩,٤) هرمون النمو البشري (سوماتوتروبين، سوماتروبين؛ هوماتروبين، نوتروبين، بروتروبين، سوماترين، سيروستيم) ٦٧
(١,٩,٥) منشط بلازمينوجين الأنسجة (أكتيفيز، ألتيبليز) ٦٧
(١,٩,٦) الإنترلوكينات ٦٨
(١,٩,٧) العامل ثمانية ٦٨
(١,٩,٨) العوامل المحفزة للمستعمرة ٦٨
(١,٩,٩) إنزيم الدناز البشري (بالموزايم) ٦٨
(١,٩,١٠) إنزيم الجلوكوسيربروسيديز (سيريزيم) ٦٩
(١,٩,١١) الأجسام المضادة أحادية النسيلة ٦٩
(١,٩,١٢) مستحضرات صيدلانية بيولوجية إضافية ٧٠
(١,١٠) العوائل المعدلة وراثياً ٧٠
(١,١٠,١) إيشيريشيا القولون (إيشيريشيا كولاي) ٧٠
(١,١٠,٢) الخمائر ٧٢

(٣, ١٠, ١) الفطريات ٧٢
(٤, ١٠, ١) الخلايا الحشرية ٧٣
(٥, ١٠, ١) الخلايا الثديية ٧٣
(٦, ١٠, ١) الحيوانات المعدلة وراثياً ٧٤
(٧, ١٠, ١) النباتات المعدلة وراثياً ٧٤
(١١, ١) الإنزيمات ٧٤
(١٢, ١) التحويلات الحيوية ٧٨
(١٣, ١) اللقاحات ٧٨
(١٤, ١) علم ميكروبيولوجي الأنظمة ٧٩
المراجع ٧٩

الفصل الثاني: بيولوجيا الأنظمة الصناعية

خوزي مانويل أوتيرو و ينس نيلسين ٨٩
(١, ٢) المقدمة ٨٩
(٢, ٢) التقنية الحيوية الصناعية ٩٠
(٣, ٢) دوافع السوق للتقنية الحيوية الصناعية ٩٦
(٤, ٢) بيولوجيا الأنظمة الصناعية ٩٧
(٥, ٢) نماذج الأيض ١٠٠
(١, ٥, ٢) الأيض الميكروبي – منظور تاريخي ١٠٠
(٢, ٥, ٢) تسلسل الجينوم وعلم الجينوم الوظيفي ١٠٤
(٦, ٢) نماذج شبكات الأيض المعاد هيكلتها ١١٥
(١, ٦, ٢) مقدمة ١١٥
(٢, ٦, ٢) عملية الشبكة المعاد هيكلتها لمعيار الجينوم ١١٧
(٧, ٢) دراسات حالة لبيولوجيا الأنظمة الصناعية ١٢٧
(١, ٧, ٢) منتج تقني حيوي صناعي ناضج ومطور: الإيثانول الحيوي ١٢٨
(٢, ٧, ٢) منتج تقني حيوي صناعي حديث وسريع التطور: ٣،١-بروبان دايول ١٣٢
(٣, ٧, ٢) منتج تقني حيوي صناعي قيد التطوير: حمض السكسينيك ١٣٥

(٨ ,٢) الخاتمة والمنظور المستقبلي ١٤٠
المراجع ١٤٢

الفصل الثالث: تقنية التخمير

يوسف شيستي ١٥٥
(١ ,٣) المقدمة ١٥٥
(٢ ,٣) أنواع التخمير ١٥٥
(٣ ,٣) عملية التخمير ١٥٦
(١ ,٣ ,٣) تحضير اللاقح ١٥٨
(٢ ,٣ ,٣) النمو وتكوين المنتج ١٥٨
(٤ ,٣) تصميم بيئة التخمير ١٦٠
(٥ ,٣) تعقيم الهواء وبيئة التخمير ١٦١
(٦ ,٣) العوامل البيئية ١٦٢
(٧ ,٣) حركية التخمير ١٦٤
(١ ,٧ ,٣) التخمرات أحادية الدفعة ١٦٤
(٢ ,٧ ,٣) الزراعات المستمرة ١٦٥
(٨ ,٣) معدات التخمير ١٦٦
(١ ,٨ ,٣) التخمير المغمور ١٦٦
(١ ,١ ,٨ ,٣) مخمر خزان التقليب ١٦٦
(٢ ,١ ,٨ ,٣) عمود الفقاعات ١٦٧
(٣ ,١ ,٨ ,٣) مخمر الهواء المرفوع ١٦٨
(٤ ,١ ,٨ ,٣) مخمر الوسادة المعلقة ١٦٨
(٥ ,١ ,٨ ,٣) مخمر الوسادة المتغلغلة ١٦٨
(٢ ,٨ ,٣) التخمير الصلب ١٧٣
(١ ,٢ ,٨ ,٣) المخمر ذو الأدراج ١٧٤
(٢ ,٢ ,٨ ,٣) المخمر الوسادة الثابتة ١٧٤
(٣ ,٢ ,٨ ,٣) المخمر ذو النفق ١٧٥

(٤ , ٢ , ٨ , ٣) مخمر القرص الدوار ١٧٥
(٥ , ٢ , ٨ , ٣) مخمر البرميل الدوار ١٧٦
(٦ , ٢ , ٨ , ٣) مخمر الخزان المقلب ١٧٦
(٧ , ٢ , ٨ , ٣) مخمر اللولب المستمر ١٧٧
(٩ , ٣) استعادة منتجات التخمير ١٧٧
(١٠ , ٣) ملاحظات ختامية ١٧٨
المراجع ١٧٩

الفصل الرابع: التطور الموجه للمحفزات الحيوية الصناعية

مارلين شميدت، دومينيك بوتشر، أوفي بورنشويار ١٨١
(١ , ٤) المقدمة ١٨١
(٢ , ٤) إستراتيجيات تصميم البروتين ١٨٢
(١ , ٢ , ٤) التصميم الرشيد للبروتين ١٨٢
(٢ , ٢ , ٤) التطور الموجه ١٨٣
(١ , ٢ , ٢ , ٤) طرق التطفير ١٨٣
(٣ , ٢ , ٤) التطور موجه المركز ١٨٦
(٣ , ٤) نظم الفحص ١٨٨
(١ , ٣ , ٤) الاختيار ١٨٨
(١ , ١ , ٣ , ٤) تقنيات الاظهار ١٨٩
(٢ , ١ , ٣ , ٤) الاختيار داخل الخلايا ١٩٠
(٢ , ٣ , ٤) الفحص ١٩١
(١ , ٢ , ٣ , ٤) طرق الفحص بالهيدروليز ١٩٢
(٢ , ٢ , ٣ , ٤) طرق الفحص بالأوكسيدوريداكتيز ١٩٤
(٣ , ٢ , ٣ , ٤) طرق الفحص بالهيدروكسي نيتريل ليز ١٩٥
(٤ , ٤) أمثلة ١٩٦
(١ , ٤ , ٤) الاستيريزات، والليبيزات، والفوسفوليبيزات ١٩٦
(٢ , ٤ , ٤) النيتريليز ١٩٩

(٣, ٤, ٤) الهالوهيدرين ديهالوجينيز ٢٠٠
(٤, ٤, ٤) المونوأوكسيجينيز P450 ..... ٢٠٠
(٥, ٤, ٤) الألدوليزات..... ٢٠١
(٥, ٤) الاستنتاجات..... ٢٠٢
المراجع..... ٢٠٦

الفصل الخامس: الإنتاج الصناعي للإنزيمات

ريتا راني سينغانيا، أنيل كومار باتيل، و أشوك باندي ٢١٥
(١, ٥) المقدمة ٢١٥
(٢, ٥) إنتاج الإنزيم ٢١٦
(١, ٢, ٥) اختيار الإنزيم المناسب..... ٢١٦
(٢, ٢, ٥) اختيار سلالة إنتاج مناسبة ٢١٧
(٣, ٢, ٥) طريقة الإنتاج..... ٢١٨
(١, ٣, ٢, ٥) التخمير بالطريقة المغمورة ٢١٩
(٢, ٣, ٢, ٥) التخمير بالحالة الصلبة..... ٢٢٠
(٤, ٢, ٥) المعاملة النهائية..... ٢٢١
(٣, ٥) تحسين الإنزيم..... ٢٢٢
(١, ٣, ٥) تقنية الحامض النووي المعدل..... ٢٢٣
(٢, ٣, ٥) هندسة البروتين..... ٢٢٤
(٤, ٥) تطبيقات الإنزيم على المستوى الكبير..... ٢٢٦
(١, ٤, ٥) المنظفات ٢٢٦
(٢, ٤, ٥) صناعة الغذاء..... ٢٢٦
(١, ٢, ٤, ٥) الخبز ٢٢٦
(٢, ٢, ٤, ٥) تحليل النشا وإنتاج الفركتوز ٢٢٨
(٣, ٢, ٤, ٥) المشروبات والألبان ٢٢٨
(٣, ٤, ٥) الأعلاف ٢٢٩
(٤, ٤, ٥) المنسوجات..... ٢٢٩

(٥, ٤, ٥) الورق واللب ٢٣٠
(٦, ٤, ٥) الجلود ٢٣١
(٧, ٤, ٥) الوقود الحيوي من الكتلة الحيوية ٢٣١
(٨, ٤, ٥) تطبيقات الإنزيم في قطاعات الكيمياء والدواء ٢٣١
(٩, ٤, ٥) الإنزيمات التخصصية ٢٣٢
(١٠, ٤, ٥) الإنزيمات في منتجات العناية الشخصية ٢٣٢
(١١, ٤, ٥) الإنزيمات في تقنية الحمض النووي ٢٣٣
(٥, ٥) الاستنتاجات ٢٣٣
المراجع ٢٣٤

الفصل السادس: التحفيز الحيوي التطبيقي: نظرةٌ عامة

بيدرو فيرناندیز و يواخيم كابرال ٢٣٧
(١, ٦) المقدمة ٢٣٧
(٢, ٦) تصميم نظام التحويل الحيوي ٢٣٩
(١, ٢, ٦) المحفز الحيوي ٢٣٩
(١, ١, ٢, ٦) الاختيار ٢٣٩
(٢, ١, ٢, ٦) خلايا كاملة أو إنزيمات معزولة؟ ٢٤٠
(٣, ١, ٢, ٦) تقييد المحفزات الحيوية ٢٤٣
(٢, ٢, ٦) بيئة التحويل الحيوي ٢٤٨
(١, ٢, ٢, ٦) المذيبات العضوية ٢٥٠
(٢, ٢, ٢, ٦) السوائل الأيونية ٢٥٢
(٣, ٢, ٢, ٦) النظم المائية ذات المرحلتين ٢٥٣
(٤, ٢, ٢, ٦) الراتنجات الصلبة ٢٥٣
(٥, ٢, ٢, ٦) نظم الغاز-الصلبة ٢٥٤
(٦, ٢, ٢, ٦) السوائل فوق الحرجة ٢٥٤
(٣, ٦) المفاعلات الحيوية ٢٥٥
(١, ٣, ٦) مفاعلات الدفعة الواحدة ٢٥٥

(٦,٣,٢) مفاعلات التغذية على دفعات ٢٥٦
(٦,٣,٣) مفاعلات التغذية المستمرة ٢٥٦
(٦,٤) ترشيد وتسريع تطوير وتوصيف عملية التحويل الحيوي ٢٥٧
(٦,٤,١) الطرق الحسابية ٢٥٧
(٦,٤,٢) طرق المعالجة دقيقة المقياس ٢٥٨
(٦,٥) ملاحظات ختامية ٢٥٩
المراجع ٢٦٠

الفصل السابع: تقنية النانو الحيوية

رودي كووبمانز ٢٦٥
(٧,١) تجهيز المسرح ٢٦٥
(٧,٢) المنظور الصناعي ٢٦٦
(٧,٣) تقنية النانو في علم الأحياء والكيمياء الحيوية ٢٦٧
(٧,٤) محاكاة الطبيعة ٢٦٩
(٧,٤,١) ألياف الحرير ٢٦٩
(٧,٤,٢) لاصقات أبو بريص ٢٧١
(٧,٤,٣) الصدف والترسيب الحيوي للمعادن ٢٧٣
(٧,٥) المواد والمنتجات ٢٧٤
(٧,٥,١) الببتيدات والبروتينات ٢٧٤
(٧,٥,١,١) تطبيقات الببتيدات والبروتينات ذاتية التجميع ٢٧٥
(٧,٥,١,٢) الببتيدات المضادة للميكروبات ٢٧٦
(٧,٥,١,٣) البروتينات المضادة للتجمد ٢٧٧
(٧,٥,١,٤) المهجنات المخلقة حيوياً ٢٧٨
(٧,٥,٢) البولي نيوكليوتيدات ٢٧٨
(٧,٥,٣) الدهون ٢٧٩
(٧,٥,٤) الكربوهيدرات ٢٨١
(٧,٦) العمليات والأجهزة ٢٨٢

(٧,٦,١) الآلات النانوية ٢٨٢
(٧,٦,٢) الحساسات الحيوية والرقاقات الحيوية ٢٨٥
(٧,٦,٣) المفاعلات الحيوية ٢٨٧
(٧,٦,٤) المحفزات ٢٨٧
(٧,٦,٥) سقالات التدعيم ٢٨٨
(٧,٧) التوقعات ٢٨٩
المراجع ٢٨٩

الفصل الثامن: عمليات التجهيز النهائي في التقنية الحيوية الصناعية

راجني هاتي-كاول ٢٩٥
(٨,١) المقدمة ٢٩٥
(٨,٢) الفصل في التقنية الحيوية الصناعية ٢٩٧
(٨,٢,١) فصل الجسيمات الصلبة ٢٩٧
(٨,٢,١,١) الترشيح ٢٩٩
(٨,٢,١,٢) الترشيح الدقيق ٣٠٠
(٨,٢,١,٣) الطرد المركزي ٣٠١
(٨,٢,١,٤) الهيدروسيكلون ٣٠٢
(٨,٢,١,٥) التعويم والاستخلاص ٣٠٢
(٨,٢,٢) تمزيق الخلايا لتحرير المنتجات المرتبطة بالخلية ٣٠٤
(٨,٢,٣) فصل الجزيئات اعتماداً على الحجم ٣٠٥
(٨,٢,٣,١) الترشيح الغشائي ٣٠٥
(٨,٢,٣,٢) الفصل اللوني باستبعاد الحجم ٣٠٩
(٨,٢,٤) الفصل اعتماداً على تطاير المنتج ٣١٠
(٨,٢,٤,١) التقطير ٣١٠
(٨,٢,٤,٢) التجريد الغازي ٣١٠
(٨,٢,٤,٣) التقطير الغشائي والتبخير المسبق ٣١١
(٨,٢,٥) الفصل اعتماداً على ذوبان المنتج ٣١٣

(٨,٢,٥,١) الاستخلاص..... ٣١٣
(٨,٢,٥,٢) الترسيب والبلورة..... ٣١٨
(٨,٢,٦) فصل الجزيئات اعتماداً على الادمصاص على مصفوفة صلبة..... ٣٢٠
(٨,٢,٦,١) الفصل اللوني الادمصاصي..... ٣٢٣
(٨,٢,٦,٢) الفصل اللوني المستمر..... ٣٢٦
(٨,٢,٧) مواد التبصيم الجزيئي لالتقاط المنتج انتقائياً..... ٣٢٩
(٨,٢,٨) الفصل الغشائي للمواد المذابة الأيونية: الفصل الغشائي الكهربائي..... ٣٢٩
(٨,٢,٩) الفصل الفراغي باستخدام الأغشية..... ٣٣١
(٨,٢,١٠) الإزالة بالتجفيف/ المذيبات..... ٣٣١
(٨,٣) أمثلة على التجهيز النهائي لمجموعات المنتجات المختلفة..... ٣٣٢
(٨,٣,١) الكحولات..... ٣٣٢
(٨,٣,٢) الأحماض العضوية..... ٣٣٣
(٨,٣,٣) الأحماض الأمينية..... ٣٣٥
(٨,٣,٤) الإنزيمات والبروتينات/ الببتيدات..... ٣٣٦
(٨,٣,٥) المضادات الحيوية..... ٣٣٧
(٨,٣,٦) الكاروتينات..... ٣٣٧
(٨,٣,٧) المستحلبات الحيوية..... ٣٣٨
(٨,٣,٨) البولي هيدروكسي ألكانوات..... ٣٣٩
شكر وتقدير..... ٣٣٩
المراجع..... ٣٣٩

الفصل التاسع: التقنية الحيوية الصناعية في الصناعات الكيميائية والدوائية

موريس فرانسن، مانفريد كيرشر، و رولاند ووجليموث..... ٣٤٣
(٩,١) المقدمة..... ٣٤٣
(٩,٢) عمليات الحفز الحيوية: وجهات النظر العلمية والتقنية..... ٣٤٤
(٩,٢,١) المضادات الحيوية البيتا-لاكتام..... ٣٤٤
(٩,٢,١,١) النواة..... ٣٤٤

(٩,٢,١,٢) السلاسل الجانبية ٣٤٥
(٩,٢,١,٣) التخليق نصف الإنزيمي ٣٤٧
(٩,٢,٢) وحدات البناء الفراغية ٣٤٨
(٩,٢,٣) وحدات البناء للبوليمرات ٣٤٨
(٩,٢,٤) الكيماويات الدقيقة: الستاتينات ٣٥١
(٩,٢,٥) الأحماض الأمينية ٣٥٥
(٩,٢,٦) الإنديجوتين ٣٥٨
(٩,٣) عمليات التحفيز الحيوي: السوق والمنظور التجاري ٣٥٩
(٩,٤) السلامة والصحة والمنظور البيئي ٣٦٤
(٩,٥) التوقعات ٣٦٤
شكر وتقدير ٣٧١
المراجع ٣٧١

الفصل العاشر: التقنية الحيوية الصناعية في قطاع الغذاء والأعلاف

بيير مونسان وميشائيل ج. أودنوا ٣٧٥
(١٠,١) المقدمة ٣٧٥
(١٠,٢) تطبيقات الغذاء ٣٧٦
(١٠,٢,١) تحويل النشا ٣٧٦
(١٠,٢,٢) صناعة الألبان ٣٧٨
(١٠,٢,٢,١) إنزيمات تخثر اللبن ٣٧٨
(١٠,٢,٢,٢) إنضاج الجبن والنكهة ٣٧٩
(١٠,٢,٢,٣) الليبيزات ٣٧٩
(١٠,٢,٢,٤) البروتييزات ٣٨٠
(١٠,٢,٢,٥) الليسوزيم ٣٨٠
(١٠,٢,٢,٦) الإنزيم الناقل للجلوتامين ٣٨٠
(١٠,٢,٢,٧) بيتا-جالاكتوسيديز ٣٨١

(١٠,٢,٣) صناعة الخبز ٣٨٢
(١٠,٢,٣,١) الأميليزات ٣٨٢
(١٠,٢,٣,٢) الزيلانيزات ٣٨٢
(١٠,٢,٣,٣) إنزيمات الأكسدة ٣٨٢
(١٠,٢,٣,٤) الفوسفوليبيز ٣٨٣
(١٠,٢,٣,٥) الديكسترانسكريز ٣٨٤
(١٠,٢,٤) صناعة البيرة ٣٨٤
(١٠,٢,٤,١) التخمير ٣٨٤
(١٠,٢,٤,٢) منع البرد الضبابي في البيرة ٣٨٤
(١٠,٢,٥) معاملة الفاكهة ٣٨٥
(١٠,٢,٥,١) البكتينيزات ٣٨٥
(١٠,٢,٥,٢) التعطين الإنزيمي للثمار ٣٨٦
(١٠,٢,٥,٣) العنب وصناعة النبيذ ٣٨٧
(١٠,٣) الأغذية وتطبيقات الأعلاف ٣٨٧
(١٠,٣,١) البروبيوتيك ٣٨٧
(١٠,٣,٢) البريبيوتيك ٣٨٩
(١٠,٣,٢,١) الإنيولين ٣٩٠
(١٠,٣,٢,٢) سكريات الفركتوأوليجو ٣٩٠
(١٠,٣,٢,٣) سكريات الجالاكتوأوليجو ٣٩١
(١٠,٣,٢,٤) سكريات الجلوكوأوليجو ٣٩٣
(١٠,٣,٢,٥) النشا المقاوم ٣٩٦
(١٠,٤) تطبيقات الأعلاف ٣٩٨
(١٠,٤,١) تحليل الفيتات ٣٩٨
(١٠,٤,٢) تحليل الكربوهيدرات ٤٠٠
(١٠,٤,٣) إنتاج الأحماض الأمينية ٤٠١
المراجع ٤٠٣

الفصل الحادي عشر: التقنية الحيوية الصناعية في قطاع الورق واللب

ليزا فيكاري، ستينا جرونكفيست، كريستينا كروس، جاكو بيري، ماتي سيبكا-أهو، و آنا سورناكي ٤١٣
(١١,١) المقدمة ٤١٣
(١١,٢) الإنزيمات لصناعة اللب والورق ٤١٥
(١١,٢,١) السليوليزات ٤١٦
(١١,٢,٢) الهيميسليوليزات ٤١٧
(١١,٢,٣) الترانسفيريزات ٤١٩
(١١,٢,٤) الإنزيمات المؤكسدة المعدلة للليجنين ٤١٩
(١١,٢,٤,١) البيروكسيديزات ٤٢٠
(١١,٢,٤,٢) اللاكيزات ٤٢١
(١١,٣) الإنزيمات كمساعدات في العملية ٤٢٢
(١١,٣,١) استخلاص اللب ٤٢٤
(١١,٣,١,١) استخلاص اللب كيميائياً ٤٢٤
(١١,٣,١,٢) استخلاص اللب ميكانيكياً ٤٢٥
(١١,٣,٢) التبييض ٤٢٧
(١١,٣,٢,١) التبييض بمساعدة الزيلانيز ٤٢٧
(١١,٣,٢,٢) نظام وسيط اللاكيز لنزع اللجنين للتبييض المباشر ٤٢٩
(١١,٣,٣) صناعة الورق ٤٣٠
(١١,٣,٤) الورق المعاد تدويره وإزالة الأحبار ٤٣١
(١١,٣,٥) التحكم في الشحم ٤٣٢
(١١,٣,٦) التطبيقات الأخرى ٤٣٢
(١١,٤) الإنزيمات لتصميم المنتجات ٤٣٣
(١١,٤,١) الهندسة الإنزيمية للألياف ٤٣٣
(١١,٤,٢) الألياف الوظيفية المضافة القيمة ٤٣٣
(١١,٥) مفاهيم المصفاة الحيوية ٤٣٤
(١١,٦) الاستنتاجات ٤٣٦
المراجع ٤٣٦

الفصل الثاني عشر: الوقود الحيوي: الإنتاج والتطبيقات

أليكساندري روجي وفريدريك مونوت..... ٤٤٣
(١ ,١٢) تجدد الاهتمام في الوقود الحيوي ٤٤٣
(٢ ,١٢) مسارات التحويل الحالية ٤٤٣
(٣ ,١٢) إنتاج وقود الديزل الحيوي من الزيوت والدهون النباتية ٤٤٦
(١ ,٣ ,١٢) عمليات الأسترة ٤٤٦
(٢ ,٣ ,١٢) خصائص إسترات الزيوت النباتية ٤٤٨
(٣ ,٣ ,١٢) عمليات الهدرجة..... ٤٤٩
(٤ ,١٢) إنتاج الإيثانول والـ (ETBE) ٤٥٠
(١ ,٤ ,١٢) إنتاج الإيثانول من السكر والنشا ٤٥٠
(٢ ,٤ ,١٢) إنتاج الـ (ETBE) ٤٥١
(٣ ,٤ ,١٢) خصائص الإيثانول والـ (ETBE)..... ٤٥٢
(٥ ,١٢) الحاجة للتطويرات الجديدة ٤٥٢
(٦ ,١٢) مصادر الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية ٤٥٣
(٧ ,١٢) إنتاج الإيثانول من الكتلة الحيوية اللجنوسليولوزية..... ٤٥٤
(١ ,٧ ,١٢) مخطط التحويل العام ٤٥٤
(٢ ,٧ ,١٢) المعالجة المسبقة للكتلة الحيوية..... ٤٥٥
(٣ ,٧ ,١٢) التحليل الإنزيمي ٤٥٥
(٤ ,٧ ,١٢) تخمير الجلوكوز والبنتوزات ٤٥٦
(٨ ,١٢) إنتاج الوقود الحيوي من خلال المسار الكيميائي الحراري ٤٥٧
(١ ,٨ ,١٢) الوضع الحالي ٤٥٧
(٢ ,٨ ,١٢) الانحلال الحراري والتحميص ٤٥٨
(٣ ,٨ ,١٢) إنتاج وقود السيارات الاصطناعي من الكتلة الحيوية ٤٥٩
(٩ ,١٢) المصافي الحيوية ٤٦١
(١٠ ,١٢) الوقود الحيوي والاستدامة ٤٦٢
(١١ ,١٢) الاستنتاج..... ٤٦٣
المراجع..... ٤٦٣

الفصل الثالث عشر: الجوانب البيئية والاقتصادية للتقنية الحيوية الصناعية

باربرا ج. هيرمان، فيرونيكا دورنبورج و مارتين ك. باتيل ٤٦٥
(١٣,١) المقدمة ٤٦٥
(١٣,٢) المنهجية ٤٦٦
(١٣,٢,١) النهج العام ٤٦٦
(١٣,٢,١,١) الخلفية المنهجية ٤٦٦
(١٣,٢,١,٢) تصميم العملية لطرق التقنية الحيوية الصناعية ٤٦٧
(١٣,٢,١,٣) الافتراضات التقنية لطرق التقنية الحيوية الصناعية ٤٦٨
(١٣,٢,١,٤) استخدام الطاقة ٤٧٢
(١٣,٢,٢) منهجية التأثيرات البيئية ٤٧٢
(١٣,٢,٢,١) حدود النظام ٤٧٣
(١٣,٢,٢,٢) تخصيص وتوسيع النظام ٤٧٣
(١٣,٢,٢,٣) إنتاج سكر التخمير ٤٧٤
(١٣,٢,٢,٤) جرد دورة الحياة ٤٧٥
(١٣,٢,٢,٥) المؤشرات البيئية ٤٧٥
(١٣,٢,٣) اقتصاديات العملية ٤٧٦
(١٣,٢,٣,١) أسعار سكريات التخمير ٤٧٨
(١٣,٢,٣,٢) أسعار المرافق والمواد المساعدة ٤٧٩
(١٣,٣) النتائج العامة ٤٧٩
(١٣,٣,١) نتائج التحليل البيئي ٤٧٩
(١٣,٣,٢) نتائج التحليل الاقتصادي ٤٨٤
(١٣,٤) الاستنتاجات ٤٨٧
المراجع ٤٨٨

الفصل الرابع عشر: القضايا الاجتماعية في التقنية الحيوية الصناعية

باتريشيا أوسيوايجر، كلاوس أمان و جوليان كيندرليرر ٤٩١
(١٤,١) المقدمة ٤٩١
(١٤,٢) أثر التقنية الحيوية الصناعية ٤٩٣

(١٤,٢,١) كيف يؤثر هذا على مجتمعنا؟ ٤٩٤
(١٤,٢,٢) ما هي المحفزات والعقبات السياسية والصناعية والاقتصادية والعلمية؟ ٤٩٥
(١٤,٣) التصورات العامة للتقنية الحيوية الصناعية ٤٩٦
(١٤,٣,١) ما هو التصور العام الحالي للتقنية الحيوية الصناعية؟ ٤٩٧
(١٤,٣,٢) ما هو تأثير التصور العام على تطوير السياسات؟ ٤٩٩
(١٤,٣,٣) ردود الفعل الصناعية على توسيم منتجات الغذاء المعدلة وراثياً ٥٠٠
(١٤,٣,٤) تطوير التفاعل العام ٥٠٣
(١٤,٤) قضايا مجتمعية في التقنية الحيوية الصناعية ٥٠٥
(١٤,٤,١) معايير التواصل ٥٠٥
(١٤,٤,٢) أساليب جديدة للتواصل ٥٠٧
(١٤,٤,٣) ثلاث حلقات عمل دولية لتعريف القضايا المستقبلية في التقنية الحيوية الصناعية: دراسة حالة ٥٠٨
(١٤,٤,٤) مزيد من تحليل القضايا المجتمعية المحددة المتعلقة بالتقنية الحيوية الصناعية ٥١١
(١٤,٤,٥) الدراسات وتقارير اللجان المتصلة الأخرى ٥١٦
(١٤,٥) الاستنتاجات والمناقشة: جدول أعمال مشترك للإدخال السلس لتقنية حيوية صناعية مستدامة مقبولة ..٥١٦
(١٤,٥,١) العقبات والتحديات ٥١٧
(١٤,٥,٢) التوصيات لمزيدٍ من الدراسات ٥١٨
(١٤,٥,٣) ما الذي يعنيه هذا للمواطنين؟ ٥١٨
شكر وتقدير ٥١٨
المراجع ٥١٩
ثبت المصطلحات ٥٢٣
أولاً: عربي - إنجليزي ٥٢٣
ثانياً: إنجليزي - عربي ٥٦٠
كشاف الموضوعات ٥٩٧