

## 酶工程专刊序言

金城

中国科学院微生物研究所, 北京 100101

**摘要:** 酶工程是酶学与工程科学融合的综合性科学技术, 是现代生物技术的支柱之一。近年来我国在酶工程研究方面取得了较大进步, 为促进国内酶工程研究的发展, 本期“酶工程专刊”集中展现了我国酶工程专家学者在酶促生物转化、医药用酶、饲料用酶、环境修复用酶和生物能源用酶等领域所取得的最新进展。

**关键词:** 酶工程, 酶促生物转化, 医药用酶, 生物能源

## Preface for special issue on enzyme engineering

Cheng Jin

*Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*

**Abstract:** Enzyme engineering is a combined technology of enzymology and engineering, which is becoming one of the major fields of modern biotechnology. In recent years, China has made some advances in enzyme engineering research. To promote enzyme engineering research in China, invited reviews and selected research articles were published in this special issue of “Enzyme Engineering”. The reviews and research articles focus on the fields of enzymatic conversion, therapeutic enzymes, enzymes as additives to animal feedstuff, enzymes for degradation of organic pollutants, and enzymes for biofuel and biorefinery.

**Keywords:** enzyme engineering, enzymatic conversion, therapeutic enzymes, biofuel and biorefinery

当前人类社会面临着医疗、环境、能源的压力, 可持续发展成为全世界高度关注的问题。由于酶在制药、食品、纺织、洗涤用品等行业有着广泛深入的用途, 已经发展成为全球性的酶工程产业。自上世纪 60 年代酶大规模生产应用至今已有半个世纪, 由于生产工艺不断改善, 基因工程酶的应用和酶的新应用领域开发, 工业酶产业稳定增长, 广泛应用于医药和试剂、纺织和皮革工业、食品和饲料工业等行业。

随着人们对酶生物合成、结构与催化分子机理的深入了解和现代生物技术的长足进展, 酶学与酶

工程领域的研究也得到了迅速发展, 酶工程也在研究内容和手段上与生物物理、基因工程、蛋白质工程、细胞工程、发酵工程等学科相互交融; 另一方面, 由于在工农业生产、生物能源、环境保护与治理、人类健康方面的重大需求, 酶工程研究将迎来快速发展的大好时机。

在 20 世纪 80 年代以前, 我国的酶工程研究曾经有相当的自主创新能力, 在 1978 年的全国科学大会上曾荣获多个奖项, 糖化酶曾获国家科技进步一等奖。但是随着跨国大公司成为国际上酶工程研发的主力, 我国的酶工程研究明显无法与之竞争, 全国

相关研究经费的总和尚不及国外一个公司的研发投入,我国酶工程的研发水平与国际上的差距日益拉大。

“十一五”以来,我国科研投入的力度显著加大,重塑我国酶工程的自主创新能力已具备客观条件,近年来我国在酶工程研究方面取得了较大进步,目前已研究开发的较成熟的酶制剂有:用于洗涤的蛋白酶、纤维素酶、淀粉酶、脂肪酶等;已获批的食品加工助剂用酶制剂 50 余种;饲料用酶和纺织用酶近几年快速增长;生物能源用酶、石油开采用酶和造纸用酶正在发展。

为展现酶工程研究的最新进展和发展趋势,促进我国酶工程研究的进步和发展,由中国微生物学会酶工程专业委员会和中国食品科技学会酶制剂专业学会共同主办,安徽大学、合肥学院和安徽省微生物学会共同协办的“第七届中国酶工程学术研讨会”于 2009 年 9 月 17~19 日在合肥成功召开。来自全国各高等院校、科研院所及企业的 250 余名代表进行了广泛而深入的研讨。

为传播本次学术研讨会的成果,促进我国酶工程研究领域的交流和发展,本期《生物工程学报》特别刊发了“酶工程专刊”,邀请国内该领域的著名学者和专家撰写了综述 16 篇<sup>[1-16]</sup>,另有研究报告 22 篇,内容涉及新酶的发现与酶的工程化改造<sup>[17-21]</sup>、酶促生物转化<sup>[22-24]</sup>、工业用酶<sup>[25-29]</sup>、生物能源用酶<sup>[30-34]</sup>、医药用酶<sup>[35-36]</sup>及其他酶工程研究领域<sup>[37-38]</sup>,总结酶工程领域近年的创新成果,展望了今后的发展趋势。希望本期“酶工程专刊”对国内生物技术研究领域的专家与学者具有重要学术参考价值,并推动国内酶工程研究与产业的发展。

## REFERENCES

- [1] Xing YL, Mao XZ, Wang S, *et al.* Recent advances in enzyme assays using fluoremetry. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1765-1769.  
邢艳珑, 毛相朝, 王舒, 等. 应用荧光分析法检测酶的研究进展. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1765-1769.
- [2] Zhu DM, Wu QQ. Engineering the enantioselectivity of biocatalysts. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1770-1778.  
朱敦明, 吴洽庆. 生物催化剂立体选择性的基因工程改造. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1770-1778.
- [3] Yang ZY, Ni Y, Sun ZH. Recent trend of nonaqueous enzymology and biocatalysis in nonaqueous media. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1779-1783.  
杨仲毅, 倪晔, 孙志浩. 非水酶学和非水相生物催化研究进展. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1779-1783.
- [4] Han SY, Li HZ, Jin Z, *et al.* Yeast cell surface display and its application of enzymatic synthesis in non-aqueous phase. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1784-1788.  
韩双艳, 李华珍, 金子, 等. 酵母细胞表面展示技术及其在非水相酶催化合成中的应用. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1784-1788.
- [5] Wang LL, Chen YJ. Enzymatic catalysis in non-aqueous solvents. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1789-1794.  
王季礼, 陈依军. 非水相体系酶催化反应研究进展. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1789-1794.
- [6] Zheng YG, Xue YP, Liu ZQ, *et al.* Applications of nitrile converting enzymes in the production of fine chemicals. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1795-1807.  
郑裕国, 薛亚平, 柳志强, 等. 腈转化酶在精细化学品生产中的应用. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1795-1807.
- [7] Duan G. Impact of the industrial enzyme progress on the production of chemicals. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1808-1818.  
段钢. 新型工业酶制剂的进步对生物化学品工业生产过程的影响. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1808-1818.
- [8] Liu L, Wang ZH, Zhang DX, *et al.* Advances in microbial production of alkaline polygalacturonate lyase and its application in clean production of textile industry. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1819-1828.  
刘龙, 汪志浩, 张东旭, 等. 碱性果胶酶的生物制造及其在纺织工业清洁生产中的应用研究进展. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1819-1828.
- [9] Li JH, Liu L, Chen S, *et al.* Advances in cutinase research. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1829-1837.  
李江华, 刘龙, 陈晟, 等. 角质酶的研究进展. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1829-1837.
- [10] Zhu YT, Liu WF, Wang LS, *et al.* Culture-independent digging of cellulases and genes from natural environments. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1838-1843.  
朱永涛, 刘巍峰, 王禄山, 等. 不依赖微生物培养的纤维素降解酶及基因资源的挖掘. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1838-1843.
- [11] Yang PL, Yao B. Research and development of enzymes used in feed. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1844-1851.  
杨培龙, 姚斌. 饲料用酶制剂的研究进展与趋势. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1844-1851.
- [12] Xu HM, Zhou CL, Zheng H, *et al.* Progress in the research of therapeutic enzyme. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12):

- 1852–1862.  
徐寒梅, 周长林, 郑珩, 等. 治疗酶的研究进展. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1852–1862.
- [13] Jin F, Zhuang ZY, Yu HS, *et al.* Microorganisms of special herb-glycosidases and their fermentation, enzyme properties. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1863–1870.  
金凤燮, 庄子瑜, 鱼红闪, 等. 特异的中草药配糖体苷酶微生物及其发酵与酶学特性. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1863–1870.
- [14] Wu K, Pan RR, Cai JM, *et al.* Progress in study on microbial enzymes for the metabolism of environmental refractory organic compounds. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1871–1881.  
吴克, 潘仁瑞, 蔡敬民, 等. 微生物代谢环境难降解性有机物的酶学研究进展. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1871–1881.
- [15] Cao XP, Cao H, Yu XJ, *et al.* Progress in silicatein from sponges. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1882–1886.  
曹旭鹏, 曹恒, 虞星炬, 等. 海绵硅蛋白研究进展. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1882–1886.
- [16] Sun TL, Shi QS, Ouyang YS, *et al.* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induces changes in the plasma membrane of *Saccharomyces cerevisiae*. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1887–1891.  
孙廷丽, 施庆珊, 欧阳友生, 等. 过氧化氢诱导酿酒酵母细胞膜透性和组成的变化. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1887–1891.
- [17] Wang R, Yu XW, Sha C, *et al.* Increasing activity of *Rhizopus chinensis* CCTCC M201021 lipase by directed evolution-error prone PCR. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1892–1899.  
王睿, 喻晓蔚, 沙冲, 等. 定向进化-易错 PCR 方法提高华根霉 *Rhizopus chinensis* CCTCC M201021 脂肪酶的活力. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1892–1899.
- [18] Lü XH, Hu YD, Hu FJ, *et al.* Directed evolution by error-prone PCR of *Armillariella tabescens* MAN47  $\beta$ -mannanase gene toward enhanced thermal resistance. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1900–1906.  
吕晓慧, 胡亚冬, 胡凤娟, 等. 基于易错 PCR 的假密环菌 *Armillariella tabescens* MAN47  $\beta$ -甘露聚糖酶耐高温定向进化. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1900–1906.
- [19] Wang SS, Zhang RZ, Geng YW, *et al.* Improved expression and catalytic efficiency of (R)-carbonyl reductase in *Escherichia coli* by secondary structure optimization of mRNA translation initiation region. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1907–1913.  
王珊珊, 张荣珍, 耿亚维, 等. mRNA 翻译起始区二级结构优化提高(R)-羰基还原酶的表达及催化效率. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1907–1913.
- [20] Fang W, Fang ZM, Liu JJ, *et al.* Cloning and characterization of a  $\beta$ -glucosidase from marine metagenome. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1914–1920.  
房伟, 方泽民, 刘娟娟, 等. 新型海洋微生物  $\beta$ -葡萄糖苷酶基因的克隆、表达及重组酶性质. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1914–1920.
- [21] Wang CL, Wu GH, Chen C, *et al.* Protoplast mutagenesis for improving  $\beta$ -glucosidase production of *Aspergillus niger*. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1921–1926.  
王春丽, 武改红, 陈畅, 等. 黑曲霉原生质体诱变选育  $\beta$ -葡萄糖苷酶高产菌株. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1921–1926.
- [22] Jin Z, Lin Y, Huang DF, *et al.* Synthesis of flavor esters catalyzed by CALB-displaying *Pichia pastoris* whole-cells in non-aqueous phase. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1927–1932.  
金子, 林影, 黄登峰, 等. 展示南极假丝酵母脂肪酶 B 的毕赤酵母全细胞催化合成短链芳香酯. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1927–1932.
- [23] Zheng SP, Ren CQ, Han SY, *et al.* Synthesis of glucose laurate monoester catalyzed by *Candida antarctica* lipase B-displaying *Pichia pastoris* whole-cells. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1933–1939.  
郑穗平, 任昌琼, 韩双艳, 等. 毕赤酵母表面展示南极假丝酵母脂肪酶 B 全细胞催化合成葡萄糖月桂酸酯. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1933–1939.
- [24] Zhou XH, Su XL, Lu Y. Enzymatic synthesis and characterization of a carnosine analogue in non-aqueous solvent. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1940–1947.  
周小华, 苏霞利, 陆瑶. 类肌肽 4(5)-丙氨酸酰胺-5(4)-羧酸咪唑的酶促合成及表征. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1940–1947.
- [25] Zhang JY, Wu D, Li ZF, *et al.* Expression of *Paenibacillus macerans* cyclodextrin glycosyltransferase in *Pichia pastoris* and *Bacillus subtilis*. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1948–1954.  
张佳瑜, 吴丹, 李兆丰, 等. 来源于软化芽孢杆菌的环糊精葡萄糖基转移酶在毕赤酵母和枯草杆菌中的表达. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1948–1954.
- [26] Wang ZH, Zhang DX, Li JH, *et al.* Effects of mixed carbon sources in cultivation of recombinant *Pichia pastoris* for polygalacturonate lyase production. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1955–1961.  
汪志浩, 张东旭, 李江华, 等. 混合碳源流加对重组毕赤酵母生产碱性果胶酶的影响. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1955–1961.
- [27] Qiang HN, Yang XW, Tian BY, *et al.* Expression of a pectin lyase A gene from *Aspergillus niger* in *Pichia pastoris* GS115. *Chin J Biotech*, 2009, 25(12): 1962–1968.  
强慧妮, 杨欣伟, 田宝玉, 等. 黑曲霉果胶裂解酶基因在毕赤酵母 *Pichia pastoris* GS115 中的表达. 生物工程学报, 2009, 25(12): 1962–1968.

- [28] Cai YX, Chen JH, Yao DS, *et al.* Investigation of micro-aqueous covalent immobilization of horseradish peroxidase by "conformation memory". *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1969–1975.  
蔡奕璇, 陈俊华, 姚冬生, 等. "构象记忆"的辣根过氧化物酶的微水相共价固定化. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1969–1975.
- [29] Wu Q, Rong J, Shan Z, *et al.* Effects of aqueous-organic solvents on peroxidase mimetic activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1976–1982.  
吴琦, 容杰, 单志, 等. 水溶性有机溶剂对Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>磁性纳米粒子过氧化物酶样活性的影响. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1976–1982.
- [30] Ping LY, Liu ZQ, Xue YP, *et al.* Cloning and expression of *Lactobacillus reuteri* glycerol dehydratase gene in *Escherichia coli*. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1983–1988.  
平丽英, 柳志强, 薛亚平, 等. 罗伊乳酸杆菌甘油脱水酶基因的克隆及其在大肠杆菌中的表达. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1983–1988.
- [31] Tang YC, Lu YP, Lü FX, *et al.* Cloning and expression of organic solvent tolerant lipase gene from *Staphylococcus saprophyticus* M36. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1989–1995.  
汤彦翀, 卢亚萍, 吕凤霞, 等. 腐生葡萄球菌 M36 耐有机溶剂脂肪酶基因的克隆与原核表达. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1989–1995.
- [32] Liu WT, Zhou LY, Jiang YJ, *et al.* Immobilized lipase-catalyzed synthesis of biodiesel from crude cottonseed oil. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 1996–2002.  
刘伟涛, 周丽亚, 姜艳军, 等. 固定化脂肪酶催化毛棉籽油制备生物柴油. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 1996–2002.
- [33] Jin J, Yang YH, Wu K, *et al.* Optimize conditions and activities for neutrophil lipase immobilized by nano-silica dioxide. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2003–2007.  
金杰, 杨艳红, 吴克, 等. 二氧化硅纳米材料固定中性脂肪酶的条件优化及其特性. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2003–2007.
- [34] Ge CM, Xu JJ, Sun QY, *et al.* Production of ligninase by co-fermentation of *Coprinus comatus* and *Trichoderma reesei*. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2008–2013.  
葛春梅, 徐娟娟, 孙芹英, 等. 里氏木霉和鸡腿菇利用秸秆共发酵产木质降解酶. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2008–2013.
- [35] Fan SY, Wei W, Wang FQ, *et al.* Cloning, heterologous expression and purification of a 3-ketosteroid-9 $\alpha$ -hydroxylase (KSH) from *Mycobacterium* sp. NwIB-01. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2014–2021.  
范书玥, 魏巍, 王风清, 等. 分枝杆菌 *Mycobacterium* sp. NwIB-01 3-甾酮-9 $\alpha$ -羟基化酶基因的克隆、异源表达及分离纯化. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2014–2021.
- [36] Zhang HB, Hu XQ, Mao XQ, *et al.* Optimization of culture conditions for recombinant dextranucrase expression. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2022–2028.  
张洪斌, 胡雪芹, 冒小青, 等. 重组大肠杆菌右旋糖酐蔗糖酶的表达条件优化. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2022–2028.
- [37] Chen JH, Li SC, Yao DS, *et al.* Detection of sterigmatocystin based on the novel Aflatoxin-Oxidase/chitosan-single-walled carbon nanotubes/poly-o-phenylenediamine modified electrode. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2029–2035.  
陈俊华, 李世川, 姚冬生, 等. 黄曲霉毒素氧化酶/壳聚糖-单壁碳纳米管/聚邻苯二胺修饰电极对杂色曲霉素的检测. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2029–2035.
- [38] Wang YH, Zhu K, Liu H, *et al.* Immobilization of *Candida* sp. lipase on resin D301. *Chin J Biotech*, 2009, **25**(12): 2036–2041.  
王燕华, 朱凯, 刘辉, 等. D301 树脂固定化假丝酵母脂肪酶. *生物工程学报*, 2009, **25**(12): 2036–2041.