



生物发酵产业技术

Technology of Biotech Fermentation Industry

姜锡瑞 霍兴云 黄继红 孙中涛◎主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

生物发酵产业技术

Technology of Biotech Fermentation Industry

主 编 姜锡瑞 霍兴云 黄继红 孙中涛

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物发酵产业技术/姜锡瑞等主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 5

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0304 - 2

I. ①生… II. ①姜… III. ①发酵工业—生物技术 IV. ①TQ92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 039464 号

责任编辑: 王 朗

策划编辑: 江 娟

责任终审: 劳国强

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 35

字 数: 787 千字 插页: 6

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0304 - 2 定价: 90.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

150247K1X101ZBW

《生物发酵产业技术》编委会

主 编 姜锡瑞 无锡江大益中生物工程有限公司
霍兴云 无锡江大益中生物工程有限公司
黄继红 河南工业大学
孙中涛 山东农业大学

副 主 编 范志恒 无锡江大益中生物工程有限公司
陆光兴 中国轻工业武汉设计工程有限责任公司

编 委 (按姓氏笔画排名)

石维忱 中国生物发酵产业协会
刘 翔 江苏恒顺醋业股份有限公司
刘成林 无锡健一机械装备有限公司
刘璐沙 山东省东营市广饶县检验检测中心
辛寒晓 山东佐田氏生物科技有限公司
李秀鹏 江苏恒顺醋业股份有限公司
胡修玉 中国生物发酵产业协会
赵加栋 南京农业大学
赵园园 中国海洋大学
高义舟 中国科学院武汉病毒研究所
秦国飞 中国海洋大学

名誉顾问 石维忱 中国生物发酵产业协会

前言

PREFACE

工业生物技术是快速发展的新兴技术，已在酶制剂、氨基酸、有机酸、酵母、淀粉糖、多元醇、酒精、酿造等领域得到广泛的应用。近年来，我国工业生物技术得到了快速发展，表现为工业生物技术水平越来越高，产品的产率和转化率大幅度提高；新品种不断涌现，发挥的作用越来越大；生产装备和工艺越来越新，新技术不断推广和使用；应用水平越来越高，经济效益显著提高。

生物产业是国家重点支持的战略性新兴产业。生物发酵产业已成为我国国民经济的重要组成部分。但我国生物发酵产业的发展依然存在着一些突出的问题和制约因素，包括产业结构有待优化、新型生化产品工业化规模偏小、节能减排亟待提升等。在经济新常态下，我国生物发酵行业整体运行基本保持平稳。随着国家“十三五规划”和“一带一路”战略的实施和推进，我国生物发酵产业必将迎来更加快速的发展。

世界各国都十分重视生物发酵产业的发展，其中欧洲、美国、日本等发达国家处于领先地位。我国生物发酵产业在国家的大力支持下取得了较快的发展，取得了可喜的成就。本书总结了生物发酵产业中广泛应用的成熟工艺和技术，特别是总结了近几年发展的新产品、新工艺、新设备，提出了生物发酵产业发展的新思路和新启示。希望本书有助于提高生物发酵产业的综合利用率，减少污染物排放，增强我国生物发酵企业核心竞争力，推动建设资源节约型、环境友好型企业。同时起到沟通“产、学、研、用”的桥梁作用，指导新产品、新技术的开发应用，缩短新产品、新技术的工业化道路，促进我国生物发酵产业发展和实现生物制造强国的中国梦。

本书站在生物发酵产业的发展前沿，紧跟生物发酵产业的发展趋势，是一部系统介绍我国生物发酵产业技术的图书。本书共分为十五章。内容包括：第一章 中国生物发酵产业概述（石维忱、胡修玉）；第二章 工业微生物（赵加栋）；第三章 生物发酵产业设备（霍兴云、刘成林）；第四章 工业酶制剂（姜锡瑞、刘成林）；第五章 氨基酸（黄继红、陆光兴）；第六章 有机酸（黄继红、侯银臣、吴丽、冯军伟、杨铭乾、纪小国）；第七章 酵母（孙中涛、辛寒晓）；第八章 淀粉糖与糖醇（陆光兴、姜锡瑞）；第九章 低聚糖与微生物多糖（陆光兴）；第十章 酿造（姜锡瑞）；第十一章 发酵食品（李秀鹏、刘翔、刘璐沙）；第十二章 生物活性肽（孙中涛、赵园园）；第十三章 生物饲料（范志恒、宋迪、张克顺）；第十四章 生物制药（秦国飞）；第十五章 生物

能源（高义舟）。

本书在中国生物发酵产业协会的主持下，由国家级专家和相关大学、研究所师生精心组织分工，共同合作完成。本书资料翔实、内容丰富、理论结合实践，涵盖了我国生物发酵产业主要的产品、工艺、装备和技术，既可供行业从业人员参考，也适合相关大专院校师生教学和学习使用。

本书的出版得到了相关企业和专家领导的鼎力支持和协助，在此向中国生物发酵产业协会、中国轻工业武汉设计工程有限责任公司和南京百斯杰生物工程有限公司表示衷心的感谢！本书在编写过程中得到了河南工业大学生物工程学院王金水、李继周、惠明与江苏康科食品工程技术有限公司沈夏及无锡健一机械装备有限公司何健的大力支持和协助，对此深表感谢！

由于生物发酵工业技术发展迅速，一些新的研究成果来不及编入本书，加上编者水平有限，书中难免有错误和疏漏之处，恳请读者谅解和批评指正，以便日后修订。

编者

2016年1月于无锡

目 录

CONTENTS

第一章 中国生物发酵产业概述	1
第一节 中国生物发酵产业“十三五”发展规划	1
第二节 2015—2020 年生物发酵技术路线图	15
第三节 我国生物发酵产业概述	22
第二章 工业微生物	42
第一节 工业微生物概述	42
第二节 微生物育种	48
第三节 菌种保藏	60
第四节 微生物的放大培养	64
第三章 生物发酵产业设备	69
第一节 生物反应器	69
第二节 生物发酵产业下游加工过程设备	91
第四章 工业酶制剂	135
第一节 酶制剂工业概述	135
第二节 淀粉酶	139
第三节 糖化酶、脱支酶	146
第四节 葡萄糖异构酶	150
第五节 葡萄糖氧化酶、过氧化氢酶	152
第六节 纤维素酶、木聚糖酶、 β -葡聚糖酶	154
第七节 蛋白酶	159

第八节 脂肪酶	164
第九节 植酸酶	167
第十节 生料酶	168
第十一节 其他酶制剂	170
第五章 氨基酸	175
第一节 谷氨酸	175
第二节 赖氨酸	182
第三节 苏氨酸	187
第四节 甲硫氨酸	191
第五节 精氨酸	194
第六节 苯丙氨酸	200
第六章 有机酸	207
第一节 柠檬酸	207
第二节 乳酸	210
第三节 葡萄糖酸及其盐	217
第四节 一元酸	220
第五节 二元酸	226
第七章 酵母	234
第一节 面包酵母	234
第二节 酿酒酵母	241
第三节 饲料酵母	243
第四节 微量元素酵母	246
第五节 酵母抽提物	250
第八章 淀粉糖与糖醇	255
第一节 葡萄糖	255
第二节 果糖	264
第三节 麦芽糖	269
第四节 低 DE 值麦芽糊精	276
第五节 环糊精	278

第六节	山梨醇	282
第七节	甘露醇	286
第八节	木糖醇	291
第九节	赤藓糖醇	297
第十节	麦芽糖醇	300
第十一节	异麦芽酮糖醇	303
第十二节	氢化淀粉水解物	305

第九章 低聚糖与微生物多糖

第一节	低聚异麦芽糖	310
第二节	低聚果糖	314
第三节	低聚木糖	318
第四节	低聚半乳糖	322
第五节	海藻糖	326
第六节	异麦芽酮糖	330
第七节	大豆低聚糖	334
第八节	黄原胶	339
第九节	透明质酸	345
第十节	普鲁兰多糖	350
第十一节	右旋糖苷	353
第十二节	香菇多糖	358

第十章 酿造

第一节	白酒	365
第二节	黄酒	368
第三节	啤酒	372
第四节	葡萄酒	377
第五节	果酒	380
第六节	食醋	384
第七节	酱油	392

第十一章 发酵食品

第一节	酵素	398
第二节	纳豆	405

第三节 腐乳	413
第四节 酱	416
第五节 酸菜	419
 第十二章 生物活性肽	 425
第一节 生物活性肽概述	425
第二节 植物蛋白肽	433
第三节 动物蛋白肽	447
第四节 微生物蛋白肽	459
 第十三章 生物饲料	 466
第一节 生物饲料概述	466
第二节 饲料酶制剂	467
第三节 微生态制剂	474
第四节 饲用生物发酵蛋白	480
 第十四章 生物制药	 489
第一节 抗生素	489
第二节 生物工程药物	497
第三节 疫苗和菌苗	509
 第十五章 生物能源	 515
第一节 燃料乙醇	515
第二节 丁醇	519
第三节 生物柴油	527
第四节 生物氢能	534
第五节 沼气	543

第一章 中国生物发酵产业概述

第一节 中国生物发酵产业“十三五”发展规划

“十二五”以来，按照“自主创新、规模发展、产业集聚、拉动内需、稳定市场”的原则，生物发酵行业随着产业规模的不断扩大，产业结构的调整，企业的兼并重组和技术水平的提升，高效、绿色、低碳等可持续特征已经逐步显现，并作为我国战略性新兴产业中的重要组成部分，呈现出稳定增长的态势。同时在错综复杂的国内经济形势变化格局下，我国也面临着产业结构进一步调整、经济运行稳定可持续增长、节能减排等方面的挑战，因此加快发展和壮大生物发酵产业，以充分利用可再生资源，解决国民经济发展中可能面临的资源短缺等问题，构建可持续的经济发展之路成为必然选择。

一、“十二五”产业发展的基本状况

“十二五”期间，生物发酵产业通过增强自主创新能力、加快产业结构优化升级、提高国际竞争力，使得产业规模持续扩大，并形成了一些优势产品。大宗发酵产品中的味精、赖氨酸、柠檬酸等产品的产量和贸易量位居世界前列；淀粉糖的产量在美国之后，居世界第二位；其他如山梨醇、葡萄糖酸钠、木糖醇、麦芽糖醇、甘露醇、酵母和酶制剂等产品也处于快速发展阶段；生物基材料、化学中间体的生物制造等尚处于起步阶段。

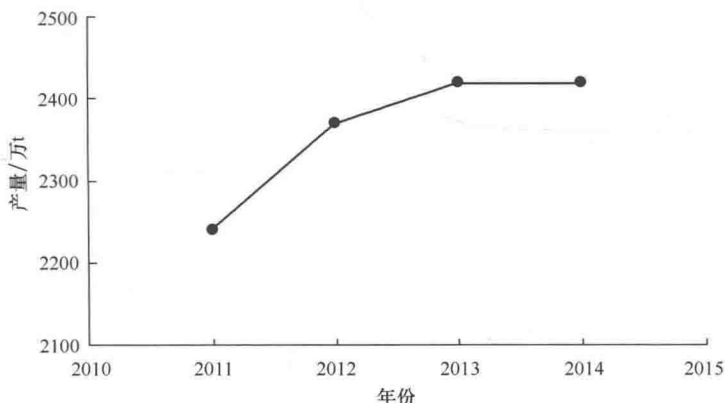


图 1-1 2011—2014 年我国生物发酵产业主要产品产量增长情况

（一）产业规模扩大

“十二五”时期，我国生物发酵产业规模继续扩大，总体保持平稳发展态势，主要生物发酵产品产量从2011年的2230万t增加到2014年的2420万t，年总产值接近2800亿元。目前我国生物发酵产业产品总量居世界第一位，成为名副其实的发酵大国（图1-1）。

（二）主要产品出口增加

受国际大的经济环境影响，“十二五”期间生物发酵产品出口增长一直处于低位徘徊，每年有所增长，但普遍增幅不大或有所下降。主要产品出口从2011年的286万t增加到2014年的333万t，出口额2014年达到43亿美元。柠檬酸、味精、淀粉糖一直是生物发酵产业的主要出口产品，柠檬酸出口量占总产量的80%以上，味精占18%，淀粉糖占10%。出口产品中谷氨酸及盐类、赖氨酸及盐类、葡萄糖酸及其盐酯出口量增长幅度较大，柠檬酸及其盐酯、淀粉糖、酵母出口量增长幅度较为稳定（图1-2）。

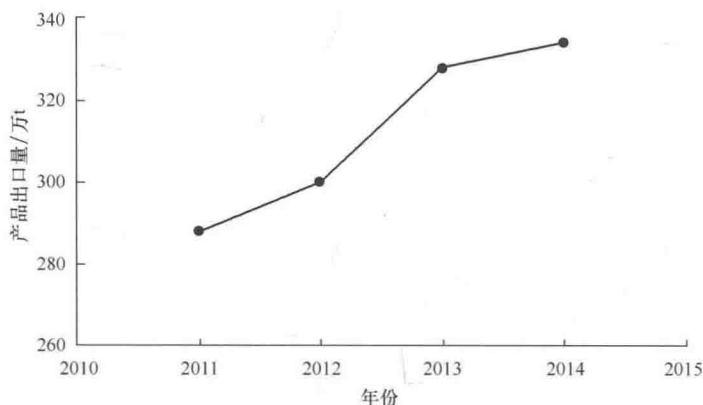


图1-2 2011—2014年我国生物发酵主要产品出口量增长情况

（三）产品结构调整取得显著成效

“十二五”期间，从我国发酵工业现状和面临的形势出发，在国家产业政策指导下，生物发酵产业以满足市场需求为导向，积极推进结构调整和产业升级，改变了原先产品较单一的格局，为食品、医药、化工等相关行业提供了品质优良的原料，已逐步形成以味精、赖氨酸、柠檬酸、结晶葡萄糖、麦芽糖浆、果葡糖浆等大宗产品为主体，以小品种氨基酸、功能糖醇、低聚糖、微生物多糖等高附加值产品为补充的多产品协调发展的产业格局。

（四）自主创新能力增强，生产技术水平显著提高

“十二五”以来，随着国家对生物产业的政策支持力度不断加大，企业在技术研发、

技术改造等方面的投入也越来越多,较好地实现了创新带动行业技术水平的提升,生产技术指标不断提高,生产工艺得到明显改进,产品质量和产率达到较高水平。柠檬酸、味精、山梨醇、酵母等产品生产技术工艺业已达到国际先进水平,从而大大提高了产品市场竞争力。柠檬酸行业 2014 年的平均产酸率达到 15.73%,较 2011 年的行业平均产酸率 14.19% 提高了 1.54 个百分点;2014 年行业平均总收率为 89.79%,较 2011 年行业平均总收率 88.71% 提高了 1.08 个百分点。

在研发基地建设方面,截至 2014 年年底生物发酵领域已有 3 家国家工程研究中心、4 家国家工程技术研究中心、21 家国家级企业技术中心。此外,建立了 15 家行业技术研发、检测中心。

(五) 产业集中度进一步提升

“十二五”期间,生物发酵产业经过激烈的市场竞争,兼并、重组越发活跃,从而进一步提升了产业集中度。目前年产值达到 100 亿元以上的大型企业集团 4 家。各行业集中度情况见表 1-1。

表 1-1 我国生物发酵产业集中度情况

行业	企业个数	集中度	产能占比/%
味精	10	前 3	80
柠檬酸	8	前 6	97
赖氨酸	10	前 6	85
淀粉糖	35	前 9	63
酵母	13	前 3	73

酶制剂行业虽然以小企业居多,但在“十二五”期间也得到了迅速发展,销售收入亿元以上的企业达到 8 家,产品品种增多,产品大类超过 20 种。同时国内市场份额由原来的不足 10% 提升到现在的近 30%,产品市场竞争力大大提高,改变了以往国外产品占绝对主导地位的局面。

“十二五”期间生物发酵产业特色基地得到快速发展,以山东禹城功能糖特色产业基地、山东昌乐柠檬酸特色产业基地为代表的生物发酵产业集群对产业发展的带动效应显著,成为产业发展新的增长点。

(六) 产品质量及安全水平不断提高, 产品标准与国际接轨

“十二五”以来,生物发酵行业的绝大部分企业通过了 ISO9000 质量认证,ISO14000、ISO22000 (含 HACCP) 认证, GMP 认证,产品品质从整体上接近国际先进水平,部分产品已达到国际先进水平。企业的主体资格和生产经营行为得到有效规范,生产条件和经营环境符合食品安全和卫生要求。生产企业高度重视制标工作,骨干企业积极参与制(修)订行业标准和国家标准,完成 30 余项国家标准和行业标准的报批。标准

建设,对于提高企业科技人员素质,掌握先进前沿性技术和检测设备、检测方法,提升产品质量,规范行业发展都具有重要意义。

(七) 资源综合利用水平逐步提升, 节能减排取得显著成效

行业企业已经深刻地认识到节能减排的重要性和必要性,通过清洁生产技术的应用,加强源头和过程控制,采用先进的节能环保技术工艺和设备,有效地提高了原料的利用率和转化率,降低了能耗和水耗,减少了污染物的产生和排放。以柠檬酸为例,行业平均成品粮耗从2011年的1.86t/t降低到2014年的1.78t/t;平均汽耗从2011年的4.29t/t减少到2014年的3.15t/t,下降幅度明显;平均耗电从2011年的930.0度/t下降到2014年的763.0度/t;平均水耗从2011年的22.46t/t下降到2014年的17.88t/t。味精的吨产品综合能耗也从2011年的1.2t标煤/t下降到2014年的1t标煤/t,而目前水耗大部分可以达到20t/t以下。

此外,生物发酵行业企业在COD减排等方面取得了显著成效。在过去的四年里,行业协会分别组织了对味精、柠檬酸、酵母、木糖(木糖醇)生产企业的环保核查工作,促进了固废、危废、废水、废气、噪声等的达标排放,同时引进了一批新的环保技术、设备,推动了生物发酵产业的绿色制造。

二、 产业面临的问题

我国生物发酵产业得到了快速发展,取得了很多喜人的成绩,但存在着一些突出的问题和制约因素。

(一) 市场需求和产能矛盾突出, 产业结构仍需完善

一方面大宗生物发酵产品所占比重依然偏高,产能结构性过剩,产业链单一;与之相反,高附加值产品数量少、品质低,产品应用技术发展相对缓慢,产品应用推广力度不够,未形成完整的生物发酵产业链条,缺乏国际竞争力。随着原辅材料、能源价格的逐年上涨,加之产品市场竞争激烈,以大宗发酵产品为主的生产企业效益滑坡,严重影响了产业的发展。针对产业发展的困境,如何调整产业结构,延伸产业链,提升产品附加值是生物发酵产业亟待解决的难题。

(二) 核心技术水平亟待提升

影响我国发酵工业整体快速、稳定发展的重要因素之一是一些共性技术、工艺和装备上的制约,虽然我国发酵技术已经取得了显著进展,少数大宗发酵产品已经达到国际先进水平,但影响产业发展的核心技术水平与国外仍具有一定的差距。尽管近年来研究开发投入比例明显增加,但与国外企业相比仍显不足,即使是我国的龙头企业也无法与国际跨国公司比肩,导致我国的关键技术和装备创新力度相对较弱,新兴产品比例相对较低。企业缺乏对新兴产品创新的动力,新产品产业化能力也相对较弱,新产品市场和品牌培育不足。

（三）原材料、环保等生产要素变化，加大企业发展压力

生物发酵产品生产的主要原料玉米受国家政策影响价格一直居高不下，导致企业生产成本持续增加，利润空间不断被挤压。而随着国家对环境保护、资源能源消耗的要求越来越严格，环保投入持续增加。这些生产要素的双重作用，使得企业发展压力不断增加，特别是规模较小的企业压力尤甚，从而在一定程度上延缓了企业的发展速度。但另一方面，环保政策的升级，将加速行业洗牌进程，对淘汰落后产能、缓解产能过剩矛盾、优化产业结构、促进行业健康发展将起到积极的推动作用。

（四）资本和产业融合度不足问题突出

管理机制不完善，缺乏配套的税收与市场扶持政策，融资渠道不畅，缺乏资金。虽然目前新兴资本市场对生物发酵产业关注度持续增加，投资公司和资本市场希望能够进入到行业中来，促进产业发展，但在投资方向选择上与产业创新之间存在较大的信息不对等，资本市场对产业缺乏有效的认识和深度了解，而生产企业在资本市场的显现度不够，从而影响产业在资本市场的融资力度。因此融资主体和投资主体的科技-金融互动意识、运行机制亟待加强。

三、机遇与挑战

（一）发展机遇

随着生物科技的进步及其向工业领域的快速渗透，一个全球性的产业革命正在朝着生物经济发展。世界各主要经济强国都把生物制造作为保障经济发展、能源安全和环境友好的国家战略，促进形成与环境协调的战略产业体系，抢占未来生物经济的竞争制高点。

作为我国战略性新兴产业，生物发酵产业将在“十三五”发展过程中面临许多机遇：

1. 国家政策的持续支持，为产业发展创造良好的外部环境

“十二五”期间生物发酵产业得益于国家密集出台的一系列相关产业政策的大力支持，得以快速发展。虽然后两年产业发展速度放缓，很大一部分原因在于国家整体经济进入发展的新常态，生物发酵产业也随之进入发展的调整期。从大的发展形势和趋势分析，国家依然对生物发酵产业充满信心。作为国家战略性新兴产业之一的生物产业必然继续引领我国产业结构调整及技术创新，同时由于生物发酵又归属于玉米深加工产业范畴，其在保护农民利益和在发展农村经济中的地位决定了其发展的可持续性。因此，可以预见，“十三五”期间国家必将继续从政策上对生物产业发展给予鼓励和支持。

2. 资本市场对生物发酵产业的高度关注，增强了可持续发展的动力

随着我国经济社会的不断发展，资本市场日趋成熟，基本形成了包括上海证券交易所主板、深圳证券交易所中小企业板、创业板，以及“新三板”市场等在内的多层次资本市场。此外，香港和海外证券交易市场也进一步拓宽了中国企业的融资渠道。在我国

医疗制度改革稳步推进、国家对发展包括生物产业在内的战略新兴产业扶植政策不断推出等有利因素推动下,创业风险投资、资本市场投融资等将持续火热,我国生物技术产业投融资发展趋势和投融资规模呈现高增长态势。未来的生物技术产业投融资渠道更加多样,在新技术不断突破和转变经济发展方式的背景下,生物医药、生物农业、生物制造、生物能源等各个领域在资本市场面临更大的发展机遇。

3. 消费市场需求变化给生物发酵产业发展带来生机

随着经济总量的增长及收入水平的提高,人们的消费观念正在悄然发生变化,对个性化、多样化、高档化、绿色化的消费需求催生出新的应用市场。生物技术产品的多样性正好迎合了这一消费趋势,为产品结构调整、发展高附加值产品提供了良好的市场需求保障。

(二) 面临的挑战

产业发展存在巨大的机遇的同时也面临诸多挑战:

1. 受国内外经济环境影响,生物发酵产业增长陷入前所未有的低谷

自2008年国际金融危机以来,世界经济发展放缓。受国外市场影响,近几年出口量受到较大影响,出口增长一直处于低位徘徊。同时,国内下游市场需求疲软,在产能过剩和生产成本升高的双重压力下,企业间出现盲目压价,大宗发酵产品价格一路走低,企业收益大幅下滑,部分企业亏损经营,特别是单品种生产企业更是生存艰难,产业面临重新洗牌。

2. 产品应用领域开发不足,缺乏相关配套服务体系

虽然我国大宗发酵产品中的味精、赖氨酸、柠檬酸等产品的产量和贸易量已居世界前列,淀粉糖的产量在美国之后,居世界第二位,高附加值氨基酸、核苷、葡萄糖酸钠、山梨醇、木糖醇、酵母、酶制剂等产品也得到快速发展。但是产品新的应用领域开发不足,市场开拓力度不够,一味在现有应用领域进行残酷的价格战,损害行业利益,不利于产业的健康发展。目前,发酵行业大部分生产企业对产品的应用开发投入不足,服务保障跟不上,缺乏为客户提供应用配方及相关技术支持的服务体系,从而潜在的市场竞争力严重不足,影响企业迅速发展。

3. 生物制造产业全球化竞争格局加剧

知名国外生物制造企业纷纷在我国建立研发中心和生产基地,如帝斯曼、杜邦、嘉吉、诺维信、味之素和希杰等,不仅与国内企业在产品市场上竞争,也在人才和技术创新等诸多方面展开竞争。行业发展中面临着诸多的压力和困难,大部分企业仍需积极调整发展策略应对挑战。

四、指导思想、基本原则和目标

“十三五”时期是我国生物发酵产业发展的调整期,也是发展的关键时期,需要认清发展形势,理顺发展思路,明确发展目标,持续提升产业内在发展动力,加快产业结构优化升级,夯实产业综合实力,从而提高国际竞争力,掌握产业发展的主动权。

（一）指导思想

深入贯彻落实科学发展观，积极适应经济发展新常态，依法规范行业。以市场需求为导向，以技术和管理创新为动力，以绿色化、个性化、高端化为突破口，进一步调整产业结构，强化并完善产业链条，发展具有核心竞争力的大宗和新兴生物发酵产品；大力发展具有自主知识产权的产品，打造世界级知名品牌；推动行业内兼并重组，积极培育抗风险能力强的大型企业集团；加快集聚效应突出的生物发酵产业基地建设；实施走出去战略，全面提升企业和产品的国际竞争能力，努力实现生物发酵产业的中国梦。

（二）基本原则

（1）市场导向 坚持从市场需求出发的基本原则，采取差异化发展战略，选择重点发展的领域、产品和技术，避免一哄而上、重复建设，以市场竞争引导行业发展。

（2）创新驱动 坚持技术创新和管理创新并举的基本原则，实现单纯模仿向自主创新、粗放管理向精细化管理质的飞跃，走质量效益型发展道路。

（3）绿色发展 坚持产业和环境协同发展的基本原则，提升环境保护在产业发展中的重要地位，发展循环经济，全面推广清洁生产技术和先进环保治理技术，实现生物发酵产业的绿色制造。

（4）标准保障 坚持以标准规范市场的基本原则，有效实施标准化战略，使产业发展实现产品—技术—标准层层递进，营造有序的市场竞争环境。

（三）发展目标

1. 总体目标

在生物发酵产业“十二五”发展的基础上，产业结构调整取得明显成效，产能结构性过剩得到有效缓解；完善创新支撑体系，大幅提升自主创新能力、开发高附加值产品；原料转化和综合利用率显著提高，实现资源利用最大化；大幅度减少污染物的产生和排放，降低能耗和水耗；建立起较为完善的标准化支撑体系；形成一批具有较强国际竞争力的骨干企业；增加海外投资，进一步开拓国际市场。

2. 具体目标

（1）产业规模 到2020年力争实现总产量达3800万t，年均增长率达8%左右，总产值达4500亿元以上。

（2）骨干企业 推动企业兼并、重组，实现资源向优势企业集中，形成一批具有国际竞争力的大企业、大集团。到2020年，培育10家以上总资产超过100亿的骨干企业。

（3）自主创新能力 建立以企业为主体、以市场为导向、产学研相结合的协同创新体系，大幅度提高我国生物发酵产业整体生产技术和自主创新能力，取得工业微生物菌种改造、发酵过程智能控制、分离提取、清洁生产等核心技术和装备突破，建设一批水平高、机制新的工程技术中心和工程实验室。研究开发投入占销售收入的比