

技术进展

米根霉发酵生产 $L(+)$ -乳酸研究进展

白冬梅^{1,2} 赵学明¹ 李鑫钢² 徐世民²

(1. 天津大学化工学院, 天津 300072; 2. 精馏技术国家工程研究中心, 天津 300072)

摘要:米根霉是生产绿色平台生物化学品 $L(+)$ -乳酸的理想菌种, 目前集中在发酵工艺的优化、新型生物反应器的设计以及细胞固定化等方面的研究, 通过控制米根霉菌体形态使之自聚集成成为一定大小的球体进行乳酸发酵, 操作简便、费用低。建议今后从应用代谢工程技术定向选育米根霉 $L(+)$ -乳酸高产菌, 改进发酵设备、改良提取工艺, 合理控制乳酸产品的构型等几个方面着手进行进一步研究, 从而降低乳酸生产原料的成本, 扩大 $L(+)$ -乳酸的应用领域。

关键词:米根霉; $L(+)$ -乳酸; 发酵

中图分类号: TQ921.3

文献标识码: A

Advances in fermentation of green platform biochemical $L(+)$ -lactic acid by *Rhizopus oryzae*

BAI Dong-mei^{1,2}, ZHAO Xue-ming¹, LI Xin-gang², XU Shi-min²

(1. School of Chemical Engineering & Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. National Engineering Research Center for Distillation Technology, Tianjin 300072, China)

Abstract: *Rhizopus oryzae* is a preferable species for its outstanding ability to directly produce almost optically pure $L(+)$ -lactic acid (a green platform biochemical) from starch with low nutritional requirement. Studies on $L(+)$ -lactic acid fermentation are focused on the optimization of fermentation technology, the design of new bioreactor and cell immobilization, etc. The production of $L(+)$ -lactic acid using the pellet form of *Rhizopus oryzae* has gotten more attention because it can be easily operated and has better performance. Breeding $L(+)$ -lactic acid over-production strain by metabolic engineering technology, improving the fermentation and separation equipment and technology, controlling the configuration of lactic acid rationally, will greatly reduce the cost and extend the use of $L(+)$ -lactic acid.

Key words: *Rhizopus oryzae*; $L(+)$ -lactic acid; fermentation

乳酸又名 2-羟基丙酸, 具有 D -型和 L -型两种构型^[1]。乳酸是一种常见的有机酸, 广泛存在于人体、动植物及微生物体内。乳酸及其盐类和衍生物可用于食品、酿造、医药、皮革、卷烟、化工和印染等工业。由于人体只能利用 $L(+)$ -乳酸, 因此世界卫生组织提倡在食品及医药行业使用 $L(+)$ -乳酸取代目前普遍使用的 DL -乳酸。聚 L -乳酸因其有生物降解性和生物相容性而被广泛用于生产可生物降解塑料、绿色包装材料、农用薄膜以及用于制备抗癌药物、缓释胶囊制剂、生物植片和手术缝合线等。乳酸是一个有巨大潜力的产品, 其未来的发展机会在于其作

为原料大规模地应用于如下 4 个方面^[2]: 可生物降解塑料、氧化化学品、绿色化学品和溶剂以及植物生长调节剂等。

乳酸不仅有多个功能基团, 而且这些基团有很好的相互协同作用。乳酸是具有光学活性的最小分子之一, 人们不仅可以生产 $L(+)$ -乳酸、 $D(-)$ -乳酸或 DL -乳酸, 而且这些构型不同的乳酸又可以形成化学及物理性质很不相同的聚合物及其他衍生物。乳酸不仅可用化学法合成制得, 更重要的是能用可再生资源(葡萄糖、淀粉、粮食、纤维素、工农业及民用废物等)由发酵法进行大规模生产, 而且微生

收稿日期: 2002-01-17

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(20036010)

作者简介: 白冬梅, 女, 1972 年生, 博士后, 从事发酵工程和代谢工程研究; 赵学明, 男, 1946 年生, 教授, 博士生导师, 主要从事化学反应工程和生物化学工程研究。

物发酵法生产乳酸,因其原料来源广泛、生产成本低、产品光学纯度高、安全性高等优点而成为生产乳酸的重要方法。因此乳酸已被国内外公认是一个绿色平台化学品,其需求量在几十万吨乃至几百万吨^[3]。

1 国内外研究现状

自然界中可产生乳酸的微生物很多,但产酸能力强、可以应用到工业上的只有霉菌中的根霉属(*Rhizopus*)和细菌中的乳酸菌类。根霉营养要求简单,根霉菌菌丝体比细菌大,易于分离,有利于制得高质量的乳酸产品。尤其是根霉属发酵可得到光学纯度很高的 *L*(+)-乳酸,这对进一步生产乳酸聚合物极为重要,而乳酸菌发酵乳酸常因消旋作用而得到 *DL*-乳酸。

根霉属中的米根霉是生产 *L*(+)-乳酸的理想菌种。Yu R C 等人^[4]对米根霉直接发酵农产品生产 *L*(+)-乳酸进行了研究,以碳酸钙为中和剂,每千克粗淀粉原料(玉米)可生成 350 g 以上的 *L*(+)-乳酸,并申请了美国专利;Suntornsuk 等人^[5]通过紫外线诱变或亚硝基胍诱变处理,得到 3 种高产 *L*(+)-乳酸的米根霉菌株 1N1、3N4 和 4N6,产酸分别为 17.6、17.6 和 19.8 g/L,至少比原始菌株提高 57%,其中 3N4 菌株所产的糖化酶比原始菌株提高了 54%,为直接利用淀粉发酵生产乳酸奠定了基础。

江苏省微生物研究所曹本昌等人^[6]选育了一种产 *L*(+)-乳酸的根霉菌株 JSMI-R73,并对该菌的性能及影响产酸的条件进行了研究,用 500 L 发酵罐进行扩大实验,当口服葡萄糖质量分数为 10% 时产酸 70 g/L 以上,13% 时产酸 101 g/L。该菌能适应玉米粉作培养基,当玉米粉质量分数为 12% 时产酸 70 g/L 以上,20% 时产酸 105 g/L 以上,其中 *L*(+)-乳酸纯度最高可达 99%。山西省微生物研究所蒋明珠等人^[7]从 56 种根霉菌株中筛选出 10 种产 *L*(+)-乳酸较高的菌株,其中根霉 R-47 产 *L*(+)-乳酸最高,产酸稳定,在摇瓶培养条件下,初始葡萄糖质量浓度为 1.5 g/L,35℃、48 h 产酸 118.4 g/L,对糖的质量转化率达 78.9%。福州大学杨虹等人^[8]利用淀粉-酸性培养基富集培养,并结合高锰酸钾-溴化钾平板检出的方法从土壤中筛选出产乳酸 81 g/L 的根霉 R-2 菌株,以其为出发菌株经紫外线诱变,从琥珀酸平板上获得了变异株 R-2-91,以葡萄糖为碳源,其乳酸产率为 103 g/L,对糖转化率为 68.9%。天津

工业微生物研究所杨子培等人^[9]使用米根霉 *TL*(+)-527-9 菌株以玉米淀粉深层发酵生产 *L*(+)-乳酸,在 3 m³ 发酵罐中,当玉米淀粉投料质量浓度为 130 g/L 时,平均产酸 94.1 g/L,对糖转化率为 79.55%。发酵液经分离、提取和精制,*L*(+)-乳酸纯度达 98% 以上,该研究具有较高的工业应用价值。上海工业微生物研究所虞东胜等人^[10]在 60 t 发酵罐中使用米根霉 Rs928,当总糖平均质量浓度为 174 g/L,平均产 *L*(+)-乳酸 140 g/L,对糖转化率为 80.4%,发酵周期 61 h,*L*(+)-乳酸纯度 97.9%。

在乳酸发酵过程中,不断生成的乳酸使发酵液 pH 值逐渐降低,导致对菌体生长和乳酸的形成产生抑制作用,为此不得不加入碳酸钙等中和剂进行中和,这不仅增加分离提取的困难,而且影响产品质量,并造成严重的污染。为了提高乳酸产率,改进分离过程,近年来围绕乳酸生产各个单元过程发展了许多技术,如采用半间歇或连续操作提高生产率,采用固定化技术或细胞循环反应器得到高浓度细胞提高产量,采用发酵-分离耦合的萃取发酵技术等。

林建平等人^[11]对转盘反应器固定化米根霉的 *L*(+)-乳酸发酵进行了研究,结果表明:此法进行乳酸发酵具有发酵速度快、*L*(+)-乳酸得率高及既能用于连续发酵又能用于间歇发酵等优点,同时他们利用发酵与离子交换分离耦合技术进行乳酸发酵研究,简化了后续分离步骤。天津大学孙彦等人^[12]采用聚氨酯泡沫法固定化米根霉发酵生产 *L*-乳酸,速率比游离菌提高了 3 倍,固定化方法简单易行,所制得的细胞稳定性强,容易扩大生产。Yin 等人^[3]采用气升式发酵罐接种米根霉发酵,由玉米淀粉直接生产 *L*-乳酸,所得乳酸的质量浓度为 102 g/L,得率为 85%。Hang^[13]和 Hamamci^[14]等人分别对海藻酸钙和海藻酸钠固定化米根霉生产乳酸进行了研究。Tamada 等人^[15]将米根霉细胞固定化到以聚二甲基丙烯酸乙二醇酯为单体用 γ 射线诱导得到的高分子载体上,固定化后的乳酸得率大于 65%,产酸速率比游离菌高 1.8 倍。

像其他丝状真菌属微生物一样,米根霉表现出复杂的生长形态,主要有菌丝、菌球和大块聚集物。其生长形态主要受以下因素的影响:菌种本身的特性,营养供应情况,培养基的 pH 值,搅拌,通气,接种量和基质浓度等。Kosakai 等人^[16]在米根霉培养液中加入无机载体和聚乙烯氧化物形成的菌丝絮凝体,增加了 *L*(+)-乳酸的产量,*L*(+)-乳酸的质量浓度为 103.6 g/L,得率 86%;此种絮状体在气升式

反应器中产L(+)-乳酸的质量浓度为104.6 g/L,得率87%^[17]。Yang等人^[18]发现米根霉NRRL395以木糖为惟一碳源生长时,会生长成直径为1 mm左右的小球体,反复利用菌球发酵22天,根据培养基的不同共产1 742 g/L或2 001 g/L的乳酸。Yin等人^[19]研究了不同接种量对菌体形态及产酸的影响,发现当种子培养基中孢子浓度为 2×10^6 个/ml时,菌丝在发酵培养基中会生长成直径约2.6 mm的小球体,且产酸量最高,产L(+)-乳酸98.2 g/L,得率为81.8%。Du等人^[20]通过控制CaCO₃的添加时间使米根霉呈直径为1~2 mm的小球体形态,与菌丝体形态的米根霉乳酸发酵相比,得率由80%提高至86%,乳酸生成速率由1.46 g/(g·h)提高为1.53 g/(g·h)。随后,Zhou等人^[21]研究了此种小球体形态的米根霉在泡罩塔反应器中的发酵特性,在最优营养条件下,对糖的得率为88%,乳酸的最大生成速率为2.58 g/(L·h)。现将国内外米根霉发酵生产L(+)-乳酸的研究结果总结于表1。

目前,在米根霉发酵生产L(+)-乳酸的研究中,通过控制菌体形态使之自聚集成为一定大小的球体进行乳酸发酵,因其操作简便、费用低而成为研究热点。但影响菌体形态的因素较多,各研究单位只是研究了单一因素对菌体生长形态和产酸的影响,而各种因素对菌体形态的协同影响还未进行过研究。为了真正了解米根霉球体的形成条件,使之能够稳定地应用于工业生产中,这方面的工作还应该进一步深入下去。

关于米根霉乳酸发酵的代谢通量模型及代谢工程的文献报道很少。Wright等人^[24]应用¹⁴C放射性同位素标记的方法确定了米根霉体内的代谢网络,研究表明米根霉体内存在两个丙酮酸代谢库:一个存在于原生质内,丙酮酸分别转化为乙醇、乳酸、草酰乙酸、苹果酸和富马酸;另一个存在于线粒体内,丙酮酸转化为乙酰辅酶A进入三羧酸循环(TCA),产生富马酸和苹果酸,并可被进一步氧化成CO₂。因此,胞内同时存在两个富马酸和苹果酸代谢库,Wright等人经过实验证明胞外累积的苹果酸和富马酸由第一个丙酮酸代谢库产生。Longacre等人^[25]考察了不同浓度(0、10、20、30 mmol/L)的Na₂CO₃对胞内通量分布和乳酸生产的影响,结果表明:当培养基中Na₂CO₃浓度为10 mmol/L,乳酸产率最高;当Na₂CO₃浓度为20和30 mmol/L时,副产物苹果酸和富马酸的浓度明显高于Na₂CO₃浓度为10 mmol/L的情况。

表1 米根霉发酵生产L(+)-乳酸的研究近况

发酵方式	碳源	产量/ g·L ⁻¹	生产速率/ g·L ⁻¹ ·h ⁻¹	得率/ %	文献
固态发酵	葡萄糖	137	1.43	77	[22]
液体深层发酵	大米	440 g/kg	4.6 g/(kg·h)	56	[4]
	木薯	320 g/kg	3.3 g/(kg·h)	74	[4]
	葡萄糖	65.2	1.1	54	[16]
	玉米粉	100.2	1.39	77	[23]
气升式反应器	葡萄糖	43.2	0.7	57	[17]
气升式反应器	玉米淀粉	102	1.42	85	[3]
	玉米粉	88.4	1.23	75.6	[6]
	葡萄糖	118.4	2.47	78.9	[7]
	葡萄糖	103	1.72	68.9	[8]
3 000 L发酵罐	玉米淀粉	94.1	2.86	79.6	[9]
60 t发酵罐	玉米水	140	2.30	80.4	[10]
解糖					
固定化细胞					
海藻酸钙固定化	葡萄糖	62.4	2.60	72	[13]
海藻酸钠固定化	葡萄糖	73	1.6	64.8	[14]
PVP高分子载体固定化	葡萄糖	50	0.7	71	[15]
聚氨酯泡沫固定化	葡萄糖	37.3	4.72	77.7	[12]
絮状体细胞					
(罐式反应器)	葡萄糖	103.6	1.7	86	[16]
(气升式反应器)	葡萄糖	104.6	1.8	87	[17]
球形细胞					
1mm(摇瓶)	葡萄糖	58	1.2	75	[18]
1~2 mm(泡罩塔反应器)	葡萄糖	66	1.53 g/(g·h)	86	[20]
1~2 mm(泡罩塔反应器)	葡萄糖	83	2.58	88	[21]
1.1~4.8 mm(摇瓶)	玉米淀粉	98.2	2.05	81.8	[19]
(气升式反应器)	玉米淀粉	96.5	1.07	80.4	[19]
(气升式反应器)	玉米淀粉	91	2.02	75.8	[19]
2.6~3.4 mm	玉米淀粉	106.5	2.66	73.4 ^①	
(搅拌式发酵罐)	葡萄糖	76.2	3.53	76.8 ^②	

注:①、②数据为本课题组试验数据。

本课题组围绕米根霉的L(+)-乳酸发酵进行了一系列的研究,建立了一套完整的米根霉乳酸发

醇液的高效液相色谱测定方法^[26,27],为 $L(+)$ -乳酸高产菌株的分离、筛选以及建立完善的米根霉代谢网络并进行代谢通量分析奠定了坚实的基础;对米根霉的分离筛选方法进行了研究^[28],从土壤中分离并选育出了一种 $L(+)$ -乳酸生产菌株,并对其发酵条件和以玉米粉为原料的无蒸煮乳酸发酵工艺进行了研究;探讨了影响米根霉菌体形态的因素以及不同菌体形态对发酵液流变学特性和产酸的影响,确定了有利于产酸的菌体形态及其控制条件^[29];建立了米根霉完善的代谢网络模型,应用代谢通量分析法从代谢机理的角度分析了米根霉发酵生产 $L(+)$ -乳酸的合成途径和调节机制^[30]。这一方面可为用代谢工程方法提高菌种水平提供理论指导,同时也为最佳发酵工艺条件的选择提供了依据,从而为乳酸的代谢控制发酵奠定了一定的基础。

2 研究展望

乳酸的独特优点本应使乳酸作为大宗化学品而广泛应用,自从 1780 年首次发现乳酸到现在,乳酸生产已有很长的历史,但直到 1997 年,全世界乳酸年产量仅 7 万 t,只是作为专用化学品用于食品及其他工业。其原因主要有以下两个方面:①发酵水平尚不够高,产品分离提取困难,导致乳酸价格高;②在乳酸转化成乳酸聚合物、丙烯酸类聚合物以及丙二醇、乙醇等小分子化合物方面存在着许多技术上的困难,从而限制了乳酸的应用。总体上,我国乳酸生产技术与国外先进水平仍有较大差距,乳酸生产规模较小,发酵罐仅 30~60 t/台,产酸率较低;产品品种仍以 DL -乳酸为主;产品质量规格方面,我国多为 DL 型,占 80%,产品色度不高,在后提取方面更有较大差距,总体上生产成本较高。因此,笔者建议今后应从以下几个方面入手进一步开展研究工作,以降低乳酸的生产成本,扩大乳酸的应用范围:

(1)应用代谢工程技术定向选育米根霉 $L(+)$ -乳酸高产菌株

目前,为开发一种米根霉的 $L(+)$ -乳酸高产菌株,通常需要连续一代又一代的诱变和筛选,这个程序常需要花费几年的时间,而且由于诱变剂作用的非特异性,使得人们无法知晓经诱变后通过筛选乳酸高产菌株所获得的目的突变株所发生的分子水平的变化,因而也就无法了解其乳酸产量提高的机制。然而,通过建立米根霉完整的代谢网络并进行必要的代谢通量分析,同时利用可获得的基因组序列信息及相应的基因工程技术,就可以达到获得高产

$L(+)$ -乳酸的基因工程菌株的目的。

(2)改进发酵设备,改良提取工艺

设计新型、高效的原位分离反应器,以适应连续发酵或半连续发酵过程,同时可通过反应过程的设计和操作参数的优化,实现高葡萄糖浓度、高稀释率下的连续操作,达到提高乳酸生产率的目的。综合运用及优化集成分子蒸馏及膜技术等改良提取工艺,以降低成本。

(3)合理控制乳酸产品的构型

乳酸构型的不同导致乳酸用途的差异,而乳酸消旋体的拆分是很困难的,尤其是 $L(+)$ -乳酸在食品、医药等行业以及 $D(-)$ -乳酸作为药物中间体的重要应用使得对乳酸发酵产品构型进行控制显得尤为重要。通过对乳酸构型影响因素的详细研究,可以达到控制产品构型的目的。

(4)扩大 $L(+)$ -乳酸的应用领域

加强乳酸在转化成乳酸聚合物、丙烯酸类聚合物以及丙二醇、乙醇等小分子化合物方面的研究,以进一步扩大乳酸的应用范围。

(5)降低乳酸生产原料的成本

综合利用玉米等可再生资源,提高副产品的经济效益,来相应地降低玉米淀粉等乳酸生产原料的成本。

参考文献

- [1] 金其荣,张继民,徐勤.有机酸发酵工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1989.339~406
- [2] Rathin D. The technology and economy potential of poly (lactic acid) and its ramification[J]. FEMS Microbiology Reviews, 1995, 16: 221~231
- [3] Yin P, Nishina N, Kosakai Y, et al. Enhanced production of $L(+)$ -lactic acid from corn starch in a culture of *Rhizopus oryzae* using an air-lift bioreactor[J]. J Ferment Bioeng, 1997, 84: 249~253
- [4] Yu R C, Hang Y D. Kinetics of direct fermentation of agricultural commodities to $L(+)$ -lactic acid by *Rhizopus oryzae*[J]. Biotechnol Lett, 1989, 11(8): 597~600
- [5] Suntornsuk W, Hang Y D. Strain improvement of *Rhizopus oryzae* for production of $L(+)$ -lactic acid and glucoamylase[J]. Lett Appl Micro, 1994, 19: 249~252
- [6] 曹本昌,徐建林,匡群.根霉发酵 L -乳酸[J].食品与发酵工业, 1991(1): 37~40
- [7] 蒋明珠,吴芷萍,许孟琴,等. L -乳酸发酵的研究[J].微生物学报, 1991, 31(1): 41~47
- [8] 杨虹,林宇野,史美榕.产 L -乳酸的丝状真菌的研究[J].微生物学通报, 1994, 21(6): 339~342
- [9] 杨子培,成燧如,袁东波,等.玉米淀粉深层发酵生产 L -乳酸[J].食品与发酵工业, 1994(5): 18~23

- [10] 虞东胜,周晓燕,王健,等.米根霉发酵生产 *L*-乳酸[J].工业微生物,2000,30(3):4~7
- [11] 林建平,周凡,岑沛霖.三相流化床 *L*-乳酸发酵及离子交换分离耦合[J].微生物学报,1996,36(4):310~313
- [12] Dong X Y, Bai S, Sun Y. *L*-lactic acid production with immobilized *Rhizopus oryzae*[J]. Biotechnol Lett, 1996, 18(2):225~228
- [13] Hang Y D, Hamamei H, Woodams F E. Production of *L*(+)-lactic acid by *Rhizopus oryzae* immobilized in calcium alginate gels[J]. Biotechnol Lett, 1989, 11:119~120
- [14] Hamamei H, Ryu D D Y. Production of *L*(+)-lactic acid using immobilized *Rhizopus oryzae*[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 1994, 44:125~133
- [15] Tamada M, Begum A A, Sadi S. Production of *L*(+)-Lactic acid by immobilized cells of *Rhizopus oryzae* with polymer supports prepared by γ ray induced polymerization[J]. Biotechnol Bioeng, 1992, 74(6):379~383
- [16] Kosakai Y, Park Y S, Okabe M. Enhancement of *L*(+)-lactic acid production using mycelial flocs of *Rhizopus oryzae*[J]. Biotechnol Bioeng, 1997, 55:461~470
- [17] Park E Y, Kosakai Y, Okabe M. Efficient Production of *L*(+)-lactic acid using mycelial cotton-like flocs of *Rhizopus oryzae* in an air-lift bioreactor[J]. Biotechnol Prog, 1998, 14:699~704
- [18] Yang C W, Lu Z J, George T T. Lactic acid production by pellet-form *Rhizopus oryzae* in a submerged system[J]. Biotechnol Bioeng, 1995, 51/52:57~71
- [19] Yin P, Yahiro K, Ishigaki T. *L*(+)-lactic acid production by repeated batch culture of *Rhizopus oryzae* in air-lift bioreactor[J]. J of Fermentation and Bioengineering, 1998, 85(1):96~100
- [20] Du J X, Cao N J, Gong C S. Production of *L*-lactic acid by *Rhizopus oryzae* in a bubble column fermentor[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 1998, 70/71/72:323~329
- [21] Zhou Y, Dominguez J M, Cao N J. Optimization of *L*(+)-lactic acid production from glucose by *Rhizopus oryzae* ATCC 52311[J]. Applied Biochem Biotech, 1999, 77/78/79:401~407
- [22] Socol C R, Marin B, Raimbault M. Potential of solid state fermentation for production of *L*(+)-lactic acid by *Rhizopus oryzae*[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1994, 41:286~290
- [23] 高年发,樊晓翔,杨枫.玉米粉的 *L* 乳酸发酵[J].中国酿造,1997(2):19~25
- [24] Wright B E, Longacre A, Reimer J M. Models of Metabolism in *Rhizopus oryzae*[J]. J Theor Biol, 1996, 182:453~457
- [25] Longacre A, Reimer J M, Gannon J E, et al. Flux analysis of glucose metabolism in *Rhizopus oryzae* for the purpose of increasing lactate yields[J]. J Theor Biol, 1997, 21:30~39
- [26] 白冬梅,赵学明,胡宗定.高效液相色谱手性流动相添加剂分离乳酸对映体[J].分析化学,2001,29(4):413~415
- [27] 白冬梅,赵学明,胡宗定.反相 HPLC 双检测器法同时测定米根霉乳酸发酵液中的有机酸与葡萄糖[J].食品与发酵工业,2001,27(1):13~17
- [28] 白冬梅,赵学明,胡宗定.从地表土中筛选根霉乳酸生产菌的研究[J].化学工业与工程,2001,18(6):407~410
- [29] Bai D M, Dai H X, Zhao X M, et al. The Effect of Na^+ and K^+ on the Morphology and *L*-Lactic Acid Productivity of *Rhizopus oryzae* SO1106-3[J]. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2000, 51(5):583~585
- [30] 白冬梅. *L*-乳酸高产菌株的诱变选育及其代谢通量分析[D].天津:天津大学,2001■

瑰宝集团靠产品创新成为行业中“瑰宝”

2001年销售额居全国药机行业领先水平

以生产制药机械、化工机械为主营业务的江苏瑰宝集团,2001年又取得骄人业绩,集团销售额突破1.25亿元。

17年前瑰宝集团仅是一个生产水泵年销售额10多万元的村办小厂,目前已发展成以制药机构为主打产品、拥有资产1亿多元的省级集团、国家医药管理局的重点骨干企业、江苏省高新技术企业。

企业的第一次“跳跃”源自1987年第一只新品——振荡筛的问世。当时,该厂从上海施贵宝药厂获悉国内药厂需要的不扬尘、噪音小的振荡筛尚依赖国外进口,于是立即组织科技人员全力攻关,研制生产振荡筛。产品在第二年全国药机春季展销会上一亮相,便成为各地药厂的抢手货,3天会期就订出100多台,以后订单源源而来,当年企业就实现了销售的第一次翻番。在以后的几年里,瑰宝

集团凭借新品优势,销量一路飙升,一年上一个台阶。

尝到甜头,瑰宝集团决策层把产品创新当作企业发展的活力和动力,牢牢抓住不放,不断完善内部的产品开发机制,企业抽调科技骨干,成立了产品开发研究所,并专门辟出一个开发车间与之配套。与此同时,还通过入网——加入中国制药机构网、中国化工网,联姻——与全国6家科研院所联合开发,参展——参加各种国际国内药机和化工机械展销会等方式,了解药机、化工机械、食品机械最新信息,跟踪国际市场动态,加快科技成果转化。10多年来已开发的新品多达20多个系列200多个规格品种,其中10多种产品填补了国内空白,产品先后多次获奖并覆盖全国30多个省市,远销30多个国家和地区。

(周湘基)