

高等学校轻工专业试用教材

氨基酸发酵工艺学

张克旭 主编

中国轻工业出版社

高等学校轻工专业试用教材

氨基酸发酵工艺学

张克旭 主编

中国轻工业出版社

(京)新登字034号

内 容 简 介

本书以谷氨酸、赖氨酸发酵为重点,较系统地介绍了氨基酸发酵的工艺理论和味精、赖氨酸生产技术,内容较丰富,叙述也较详细、具体、由浅入深,利于自学。

本书可供高等院校发酵工程专业、生物化工专业《氨基酸发酵工艺学》课程教学用,也可供从事味精、赖氨酸和其它氨基酸发酵生产、应用及研究的有关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

氨基酸发酵工艺学/张克旭主编. —北京:中国轻工业出版社,1992.4

(1995重印)

高等学校轻工专业试用教材

ISBN 7-5019-1163-0

I. 氨… II. 张 III. 氨基酸-发酵-工艺-中等专业学校-教材

IV. TQ922

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第01610号

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

三河市宏达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米1/32印张: 23.375字数: 600千字

1992年4月第1版第1次印刷

1995年5月第1版第3次印刷

印数: 9001—15000 定价: 15.80元

ISBN7-5019-1163-0/TS·0780

编者说明

本书是根据大连轻工业学院、无锡轻工业学院、华南理工大学和天津轻工业学院共同制定的编写大纲编写的。参加编写工作的有张克旭、云逢霖、林瑾琳、王选良、张凤珊、张永志、陈宁等同志。具体分工如下：张克旭编绪言、第五、十三章及第二、三、十四章的部分内容；云逢霖编第四、十、十一、十二章；林瑾琳编第一、六、七章；王选良编第八、十六、十七、十八、十九章；张凤珊编第九章；张永志编第十五章及第二、三章部分内容；陈宁编第三及十四章部分内容。由天津轻工业学院张克旭教授主编，经上海市工业微生物研究所所长、教授级高级工程师冯客保主审，并经轻工业部组织的发酵工程专业教材编审委员会审定出版。

新编《氨基酸发酵工艺学》，在广泛听取了各院校师生对原《氨基酸工艺学》（1983年版）教材的反映后，对原教材内容进行了重新组织、重新编写、增加了赖氨酸和其它氨基酸发酵的比重，并删掉了生化工程等与其它教材相重复的内容。为了提高编写质量，参加编写的教师深入工厂、科研和设计单位，收集资料，总结生产实践经验，力求做到理论联系实际；同时参阅了国内外有关书籍、文献资料，力求反映国内外先进水平。

在编写过程中，我们得到了轻工业部食品工业司、各轻工业高等院校领导的关怀和支持，很多味精厂和科研所对我们的编写工作提出了宝贵意见，保证了编写工作的顺利进行。在此谨示谢忱。

编 者

目 录

绪 论	1
第一节 学习氨基酸发酵工艺学的目的、研究对 象、任务及其内容	1
第二节 氨基酸发酵的历史与发展动向	2
第三节 氨基酸的技术评价	5

第一篇 味精工艺学

第一章 淀粉水解糖的制备	13
第一节 淀粉的组成及其特性	13
第二节 淀粉水解糖的制备方法	19
第三节 淀粉酸水解原理	24
第四节 淀粉酸解法制糖工艺	32
第五节 酶酸法制糖工艺	41
第六节 以大米为原料的酶酸法制糖工艺	51
第七节 双酶法制糖工艺	54
第八节 固定化酶在淀粉糖制备中的应用	59
第二章 谷氨酸发酵机制	68
第一节 谷氨酸的生物合成途径	68
第二节 谷氨酸生物合成的调节机制	72
第三节 在谷氨酸发酵中怎样控制细胞膜的渗透性	79
第三章 谷氨酸生产菌的特征、育种及扩大培养	88
第一节 谷氨酸生产菌的主要特征与菌学性质	88
第二节 国内谷氨酸生产菌及其比较	92
第三节 谷氨酸生产菌在发酵过程中的形态变化	103
第四节 谷氨酸发酵的代谢控制育种	106

第五节	应用生物工程新技术选育谷氨酸生产菌·····	112
第六节	菌种的扩大培养和种子的质量要求·····	122
第四章	谷氨酸发酵控制·····	127
第一节	发酵培养基·····	129
第二节	温度对谷氨酸发酵的影响·····	137
第三节	pH 值对谷氨酸发酵的影响·····	141
第四节	供氧对谷氨酸发酵的影响·····	143
第五节	泡沫的消除·····	157
第六节	发酵过程主要变化及中间代谢控制·····	163
第七节	异常发酵现象及其处理·····	167
第八节	提高发酵产率的主要措施·····	167
第五章	噬菌体与杂菌的防治·····	174
第一节	谷氨酸发酵中噬菌体的污染与防治·····	174
第二节	谷氨酸发酵中杂菌的检查及防治·····	183
第六章	谷氨酸的提取·····	200
第一节	概述·····	200
第二节	谷氨酸发酵液的性质和发酵废液的综合利用·····	202
第三节	等电点法提取谷氨酸·····	205
第四节	离子交换法提取谷氨酸·····	228
第五节	等电点-离子交换法提取谷氨酸·····	250
第六节	锌盐法提取谷氨酸·····	252
第七节	电渗析法提取谷氨酸·····	271
第七章	谷氨酸制味精·····	275
第一节	味精的性质·····	275
第二节	谷氨酸制味精的工艺流程·····	280
第三节	谷氨酸的中和、除铁(锌)·····	281
第四节	谷氨酸中和液的脱色·····	295
第五节	中和液的浓缩和结晶·····	306
第六节	味精的分离、干燥、包装和成品质量标准·····	329

第七节	味精生产中常见的几个质量问题·····	335
第八节	强力味精·····	341
第八章	糖蜜原料发酵生产谷氨酸·····	346
第一节	糖蜜原料·····	346
第二节	糖蜜的预处理·····	349
第三节	添加青霉素的谷氨酸发酵法·····	352
第四节	添加表面活性剂法·····	354
第五节	追加糖蜜法·····	361
第六节	采用非生物素缺陷型突变菌株法·····	362
第七节	糖蜜原料谷氨酸发酵工艺的改进·····	364
第九章	味精生产过程的自动检测与自动控制·····	377
第一节	生产过程参数的自动检测·····	377
第二节	发酵过程参数的自动调节·····	394
第三节	微型计算机在味精生产过程中的应用·····	405
第四节	生物传感器及其在发酵过程控制中的应用·····	416

第二篇 赖氨酸生产工艺

第十章	赖氨酸发酵的代谢调节与育种途径·····	427
第一节	赖氨酸的生物合成途径及调节机制·····	427
第二节	赖氨酸生产菌的育种途径·····	437
第三节	赖氨酸生产菌的育种实例·····	454
第十一章	赖氨酸发酵工艺·····	459
第一节	赖氨酸产生菌及扩大培养·····	459
第二节	发酵培养基·····	461
第三节	赖氨酸发酵工艺条件·····	465
第十二章	赖氨酸的提取和精制·····	473
第一节	赖氨酸及发酵液的性质、赖氨酸提取方法 及工艺流程·····	473
第二节	离子交换法提取赖氨酸·····	478

第三节	赖氨酸的精制·····	487
第四节	发酵赖氨酸浓缩饲料的制造·····	488

第三篇 其他氨基酸发酵

第十三章	氨基酸发酵机制·····	496
第一节	氨基酸产生菌、酶合成和活性的控制、氨基酸结构类似物与关键酶·····	497
第二节	酶活力的调控·····	511
第三节	分解代谢物阻遏·····	519
第四节	氨基酸生物合成的调节机制·····	524
第十四章	氨基酸生产菌的选育与发酵技术·····	532
第一节	氨基酸生产菌的选育与定向育种途径·····	532
第二节	用细胞内基因重组手段选育氨基酸生产菌·····	550
第三节	用重组DNA 技术选育氨基酸生产菌·····	564
第四节	氨基酸生产菌株的稳定化·····	577
第五节	通风搅拌对氨基酸发酵的影响·····	583
第六节	分离精制上应考虑氨基酸的理化性质·····	587
第七节	从发酵液中分离精制氨基酸的一般方法·····	605
第十五章	天冬氨酸族氨基酸发酵·····	615
第一节	天冬氨酸族氨基酸的生物合成途径及代谢调节机制·····	615
第二节	天冬氨酸族氨基酸生产菌的选育及发酵机制·····	618
第三节	影响天冬氨酸族氨基酸发酵的主要因素·····	631
第十六章	鸟氨酸、瓜氨酸、精氨酸发酵·····	634
第一节	生物合成途径和代谢调节机制·····	634
第二节	鸟氨酸和瓜氨酸发酵·····	639
第三节	精氨酸发酵·····	643
第十七章	异亮氨酸、亮氨酸与缬氨酸发酵·····	651

第一节	生物合成途径.....	651
第二节	代谢调节机制.....	654
第三节	代谢调节的解除.....	658
第四节	异亮氨酸发酵生产菌株的育成.....	665
第五节	异亮氨酸的发酵生产.....	673
第六节	缬氨酸的发酵生产.....	676
第七节	亮氨酸的发酵生产.....	681
第十八章	苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸发酵.....	686
第一节	生物合成途径.....	686
第二节	生物合成调节机制.....	688
第三节	代谢调节的解除和直接发酵.....	692
第四节	其它利用微生物的制造法.....	699
第五节	应用重组 DNA 技术 育 种.....	701
第六节	苯丙氨酸发酵.....	705
第七节	酪氨酸发酵.....	710
第八节	色氨酸的直接发酵.....	712
第九节	色氨酸的酶法生产.....	720
第十九章	丙氨酸、脯氨酸、谷酰胺和组氨酸发酵.....	723
第一节	丙氨酸发酵.....	723
第二节	脯氨酸发酵.....	726
第三节	谷酰胺发酵.....	729
第四节	组氨酸发酵.....	735
	参考文献.....	740

绪 论

第一节 学习氨基酸发酵工艺学的 目的、研究对象、任务及其内容

氨基酸发酵工业是利用微生物的生长和代谢活动生产各种氨基酸的现代工业。氨基酸发酵是典型的代谢控制发酵。由发酵所生成的产物——氨基酸，都是微生物的中间代谢产物，它的积累是建立于对微生物正常代谢的抑制。也就是说，氨基酸发酵的关键，取决于其控制机制是否能够被解除、能否打破微生物正常的代谢调节，人为地控制微生物的代谢。氨基酸发酵的成功，把代谢控制发酵技术引入微生物工业，使微生物工业能够在脱氧核糖核酸（DNA）的分子水平上改变、控制微生物的代谢，使有用产物大量生成、积累。

氨基酸发酵工艺学是一门新型发酵的技术科学，以探讨氨基酸发酵工厂的生产技术为主要目的。氨基酸发酵为好气性发酵，固体产品。在氨基酸发酵中，要发生一系列的复杂的生物化学变化，全部生产程序应符合客观规律。代谢控制理论是氨基酸发酵的理论基础。虽然氨基酸发酵生产以发酵为主，发酵的好坏是整个生产的关键，但后处理提纯操作和提纯设备选用当否，也会大大影响总的得率。所以，氨基酸发酵工艺学研究的对象应该包括从投入原料到最终产品获得的整个过程，其中有微生物生化问题，生化工程问题，也有分析与设备问题。

学习氨基酸发酵工艺学的任务是使学生能运用已学过的微生物学、生物化学、化工原理和分析化学等基础知识，进一步深化与提高，来认识与解决氨基酸发酵工业生产中的具体问题；掌握

选育氨基酸生产菌的基本原理，懂得氨基酸代谢与代谢控制的基本理论、发酵控制的关键及分离精制氨基酸的一般原理与方法，从而使学生初步具有选育新菌种、探求新工艺、新设备和从事氨基酸发酵研究的能力。

本书分三篇，第一篇味精工艺学，用九章的篇幅。从制糖、机制、育种、发酵、防治染菌、提取、精制、仪表自控等各方面讲解了具有代表性的味精工艺，目的是使学生先学习和掌握好氨基酸发酵的一般知识。第二篇赖氨酸发酵生产工艺，用三章的篇幅，较系统地介绍了赖氨酸发酵机制、代谢控制育种的思路 and 措施、发酵工艺及提取方法等，重点阐述赖氨酸发酵不同于谷氨酸发酵的特点，并为进一步学习其它氨基酸发酵打好基础。第三篇其它氨基酸发酵，先用二章篇幅阐述氨基酸发酵成立的机制、生产菌的选育、发酵技术及分离精制的一般方法，然后在此基础上用五章篇幅分别讲解各种氨基酸的生产菌种、调节机制与发酵工艺。

第二节 氨基酸发酵的历史与发展动向

氨基酸的制造是从1820年水解蛋白质开始的。1850年在实验室内用化学法也合成了氨基酸。

1866年德国的 H. Ritthausen 博士利用硫酸水解小麦面筋，分离到一种酸性氨基酸，依据原料的取材，将此氨基酸命名为谷氨酸。1872年 Hlasiwitz and Haberman 用酪蛋白也制取了谷氨酸。日本池田菊苗教授在探讨海带汁的鲜味时，提取了谷氨酸，并在1908年开始制造商品味之素。1910年日本味之素公司用水解法生产谷氨酸。1936年美国从甜菜废液（司蒂芬废液）中提取谷氨酸。

利用微生物发酵法制造氨基酸的最初产品是 L-谷氨酸。第二次世界大战后不久，美国农业部研究所的 L. B. Lockwood 发

现在葡萄糖培养基中，好气性培养萤光杆菌时能积累 α -酮戊二酸，并发表了用酶法或化学法将此酮酸转换为 L-谷氨酸的研究报告。日本从1948年起由坂口、朝井、片桐、增尾、相田等教授进行了积极的研究，发现了对糖转化率50~60%的 α -酮戊二酸产生菌，暗示了用发酵法生产 L-谷氨酸为期不远。1954年多田、中山两博士报告了直接发酵谷氨酸的研究。1956年日本协和发酵公司木下视郎分离选育出一种新的细菌——谷氨酸棒杆菌，同化利用100g 葡萄糖，可在发酵液中直接积累 L-谷氨酸40g 以上。随后进行了工业化研究，自1957年起发酵法味精正式商业性生产。日本味之素、三乐、旭化成工业公司等也相继投产。谷氨酸发酵各方面的研究飞速发展，从而进入繁盛的时代。伴随 L-谷氨酸发酵的扩大，产生了利用糖蜜、醋酸等原料发酵法生产谷氨酸，进而又有利用正烷烃、醇类的研究。发酵法生产谷氨酸的成功，是现代发酵工业的重大创举，也是氨基酸生产中的重大革新，同时大大推动了其它氨基酸发酵研究和生产的发展，逐步形成了用发酵法制造氨基酸的新型发酵工业部门。

协和公司的木下博士等为了改良谷氨酸棒杆菌的性能，引入遗传生化学的知识与技术，培养了许多人工诱发突变株，发现能生产颇为多量的 L-赖氨酸、L-鸟氨酸、L-缬氨酸等，从而使 L-赖氨酸发酵、L-鸟氨酸发酵、L-缬氨酸发酵等的生产得以实现。三乐、味之素公司的研究小组，在从自然界筛选 L-谷氨酸产生菌时，发现了丙氨酸产生菌。

嗣后，对各种氨基酸发酵及其工业化的研究，颇为活跃。1958年志村、植村两教授研究苏氨酸、异亮氨酸发酵时，提出了添加前体的发酵法。1959年北原等报道了通过酶转化法由反丁烯二酸铵生产 L-天冬氨酸的发酵，转化率接近100%，产率为25~40g/100mL。1960年至1961年，协和公司先后发表了 L-高丝氨酸、L-苯丙氨酸、L-酪氨酸发酵的研究结果。1962年以后，进行了大量的石油氨基酸发酵研究，发现了能够以石油为原料生产

谷氨酸、缬氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、丙氨酸、甘氨酸等。其中石油发酵谷氨酸、赖氨酸等均已达到糖质原料的水平，但因安全与成本等问题而未能工业化。1965年报道了 L-瓜氨酸发酵、L-脯氨酸发酵的研究。1966年日本大规模地转为以醋酸为原料发酵法生产谷氨酸。1967年三乐公司研究小组发表了以乙醇为原料的 L-谷氨酸发酵，发酵成绩超过了葡萄糖。

目前日本因世界石油价格上涨及人们对石油制品的怀疑，合成法及醋酸作原料的谷氨酸制造都已停产，改用甘蔗或甜菜糖蜜作原料，通过添加青霉素发酵法生产谷氨酸。

我国从1958年开始筛选谷氨酸产生菌，同时进行了大量的谷氨酸发酵基础性研究。1964年首先在上海投入工业化生产试验之后在北京，分离选育出北京棒杆菌 As1.299 和钝齿棒杆菌 As1.542 两株谷氨酸产生菌。随后，各地先后采用了发酵法生产谷氨酸。接着又进行了其它氨基酸的研究，陆续发表了赖氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、色氨酸、天冬氨酸、脯氨酸、谷氨酰胺、苏氨酸、丙氨酸发酵等研究报告，初步建立了我国自己的氨基酸发酵工业。

迄今，日本已有22种氨基酸能用发酵法生产（胱氨酸、半胱氨酸尚不能用发酵法生产），其中18种系直接发酵，4种酶法转化。近年来，积累了氨基酸生物合成和调节的知识，并利用这些知识作为理论依据，定向选育所需氨基酸产生菌，育种的主流已转向选育抗类似物突变株；反过来，从突变中所得到的知识与分子生物学、分子遗传学研究的进展又促进了进一步揭示和阐明氨基酸生物合成的机制。

今后的发展是采用诱变、细胞工程、基因工程的手段选育出从遗传角度解除了反馈调节和遗传性稳定的更理想菌种，提高产酸；采用过程控制（监测、调节与自控），逐步使用现代化的电子仪表、电子计算机控制，加强科学管理，完善受控参数，进行最佳化控制，连续化、自动化，稳产高产，在工艺设备上，进一

步探求新工艺、新设备，以提高产率和收得率；继续研究微生物生理、生化、遗传变异和发酵机制等问题，以便能更好地控制氨基酸这样微生物中间代谢产物的发酵。

第三节 氨基酸的技术评价

目前氨基酸的生产方法有四种，即发酵法、化学合成法、酶法和抽提法见绪表 1。1985年，世界氨基酸产量约为56.3万吨，产值约15亿美元，其中谷氨酸40万吨，赖氨酸 7 万吨，其它氨基酸10万吨左右。从消费构成上看，食品行业的用量占66%，饲料

绪表1 各种氨基酸的制法

氨 基 酸	制 法	备 注
谷 氨 酸	发 酵	必需氨基酸
赖 氨 酸	发酵、酶法	
蛋 氨 酸	合 成	
甘 氨 酸	合 成	
丙 氨 酸	酶 法	
丝 氨 酸	合 成	必需的
高丝氨酸	发 酵	
苏 氨 酸	发 酵	
缬 氨 酸	合成、发酵	
亮 氨 酸	发酵、抽提	
异亮氨酸	发酵、抽提	必需的
天门冬氨酸	酶 法	
精 氨 酸	发酵、抽提	
鸟 氨 酸	发酵、合成	
胱 氨 酸	抽 提	
半胱氨酸	抽 提	必需的
苯丙氨酸	发酵、合成	
酪 氨 酸	抽 提	
组 氨 酸	发酵、抽提	
色 氨 酸	酶法、合成法	
脯 氨 酸	发 酵	

占30%，其它占4%。从产值上看，用于食品方面的氨基酸占氨基酸总产值的37.5%，饲料占36.6%，其它占26%。日本在氨基酸的产量和技术水平上都居世界领先地位，总产量超过18万吨，占世界总产量的32%，总产值的42%，生产的品种达26个，其中18种几乎为日本所独有，占领了世界特殊用途氨基酸的全部市场。

我国已有氨基酸企业200余家，1987年总产量达130,700t，其中谷氨酸（味精）为130,000t，赖氨酸约400t，其它氨基酸300余吨。总产值约为15亿元。已能工业生产的氨基酸有谷氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸、精氨酸、天门冬氨酸等。但除谷氨酸外，其余的生产规模均较少。

一、谷 氨 酸

1. 现状和存在的问题

谷氨酸是目前世界氨基酸市场上销售量最大的一种氨基酸，1987年世界年产量45万吨。其中中国13万吨，日本10万吨，美国、中国台湾、南朝鲜、意大利、泰国、法国、印尼、巴西、菲律宾年产量均在2万吨以上。1987年中国年人均消费130g，日本约800g，法国700g，英国127g。

目前，国内谷氨酸（味精）生产已全部采用发酵法，且多以淀粉为原料，仅少数厂用糖蜜。从技术水平上看，与国外的差距主要表现在以下几方面：①菌种性能，我国平均产酸水平在5~6%之间，日本10~12%，日本糖酸转化率在55%左右，我国45%左右；②工艺和过程控制，我国普遍采用的是低糖或中糖发酵工艺，而日本已采用高糖发酵并实行流加糖工艺，同时提高罐压，保证溶氧的供给从而大大提高了生产率。在控制方面，日本已较普遍地对温度、压力、空气流量、pH、溶解氧等采用了计算机控制；消耗定额，我国谷氨酸发酵粮耗（以淀粉计）平均在3t左右，国外一般在2t左右，其它如水、电、汽方面的消耗也

较国外为高；④生产规模，日本年产10万吨，生产企业仅六家，我国年产13万吨，厂家多达200余个。日本最大单罐体积达500 m³，我国仅200 m³，多数厂为50 m³，小的只有20 m³；⑤每立方米发酵罐年产量，日本20 t，我国5～8 t；⑥污染，国外已较普遍地对味精废液进行了综合利用（如配合肥料），我国在培养单细胞蛋白（SCP）方面虽已取得成功，但还未普遍推广。

2. 技术评价

首先菌种方面，我国谷氨酸发酵所用的菌种产酸能力几乎比日本的低一倍，且菌种单纯，不能有效地对付噬菌体的污染。据估计，日本用于谷氨酸发酵的有十多个不同种属的上千株菌，生产中经常轮换使用，有效地防止了噬菌体的污染。目前日本、美国等已开始谷氨酸菌基因工程的研究，并已取得了一定成果，我国在采用常规育种的同时，还应开展细胞工程、基因工程的研究，以提高现有菌种的转化能力、发酵速度和发酵浓度，并注意谷氨酸棒杆菌之外的其他种属菌的选育工作。

其次是工艺方面，日本对发酵过程中的pH、溶解氧、温度、搅拌、消泡等采用了计算机控制后使产酸水平提高了10～20%。此外是实行高糖发酵和采用流加糖工艺，此技术可有效地提高产酸水平和设备利用率。国内在谷氨酸一次高糖发酵和后期流加糖发酵方面已取得中试成果，应加速在生产中的推广和应用。除此之外，发酵罐的大型化和控制自动化也是提高劳动生产率减少原料，能源和人力浪费的重要措施。

再者是原料方面，在粮食短缺的现状下，对非粮食原料如糖蜜、醋酸、正构烷烃、甲醇生产氨基酸的研究开发是非常重要的。

二、赖氨酸

1. 现状和存在的问题

赖氨酸是植物性饲料（除豆饼外）中最缺乏的一种氨基酸。饲料中添加赖氨酸可有效地提高猪禽的增重，并有可能使用蛋白

质含量较低的粮食和较廉价的饲料来改善猪的胴体品质（即提高瘦肉量）。赖氨酸主要用于猪，其次是家禽和犍牛。

国外使用赖氨酸已有20年历史，但目前用量仍在增加，其饲料级产品的价格在3～4美元/kg之间。全世界1985年赖氨酸的产量为7万吨，其中90%以上用于饲料。

国内科研单位曾对赖氨酸的发酵法和酶法生产技术进行了研究，其中发酵法赖氨酸相继在北京、上海、广西、广东、福建等地投产。但生产发展较慢。1983年年产精品不足100t，1985年产量为400t，其中大部分用于食品，饲用赖氨酸国内几乎还是空白，每年从国外进口约300吨，耗外汇75万美元。其原因是国内赖氨酸发酵水平与国外差距较大，①粮耗：国外生产1t赖氨酸耗粮为5t左右，而国内高达8～12t；②菌种性能：国外产酸率8～10%，转化率40～45%，国内产酸率4～5%，转化率25～30%；③提取收率：国外85～90%，国内55～60%；④成本，国外生产成本为2,000美元/t左右，而国内成本1.8万元/t。因此使得售价过高，饲料行业难以接受。

2. 技术评价

目前生产赖氨酸的方法主要是发酵法和酶法。发酵法是以糖蜜、淀粉等为原料经微生物直接发酵而制得赖氨酸。酶法则是以某些化工产品（目前主要是环己烯）为原料经酶转化而制得赖氨酸，如条件适合，转化率几乎为100%，收率可达99%。

近年来由于菌种的不断改良，工艺的不断改进，直接发酵法赖氨酸的产率、收率也都有了较大的提高，日本味之素公司采用亚硝基胍诱变乳糖发酵短杆菌获得氟丙酮酸敏感型的突变株AJ 11204，可由葡萄糖积累70g/L赖氨酸，转化率为50%。中科院选育的P₁₋₃₋₂菌，平均产酸为4.4～4.8%，上海工微所选育的Au-111-2菌株，产酸5.21%，转化率31.56%。

酶法生产L-赖氨酸的工作国内只有北京营养源研究所做过水解酶的研究，但消旋过程使用溶剂，而此溶剂不仅价格高