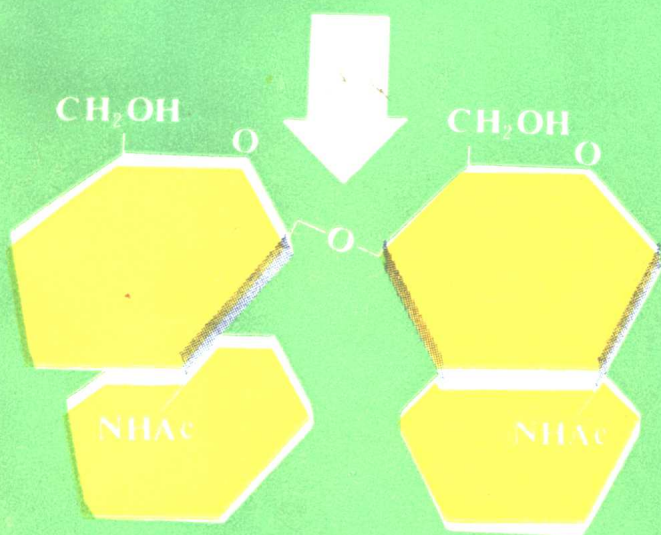


全国“星火计划”丛书

氨基酸及核酸类物质 发酵生产技术

陈驹声 主编

王福源 富英华 乔宾福 编著



化学工业出版社

全国“星火计划”丛书

氨基酸及核酸类物质 发酵生产技术

陈驹声 主编

王福源 富英华 乔宾福 编著

化学工业出版社

(京)新登字039号

全国“星火计划”丛书
氨基酸及核酸类物质发酵生产技术

陈驹声 主编

王福源 富英华 乔宾福 编著

责任编辑：尹建国

封面设计：任 辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本 787×1092¹/₃₂印张12字数276千字

1993年月3第1版 1993年3月北京第1次印刷

印 数 1—2,050

ISBN 7-5025-1055-9/TQ·615

定 价8.60元

内 容 提 要

本书详细叙述了味精、赖氨酸及呈味核苷酸的发酵生产技术。对氨基酸的物化性质、分析方法及各种氨基酸发酵的最新进展亦作了简介。

本书适合于从事食品、轻工、发酵研究和生产工作者参阅。

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识，为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版全国“星火计划”丛书。为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿全国“星火计划”丛书的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对全国“星火计划”丛书的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

全国“星火计划”丛书编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员 (以姓氏笔划为序)

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委员 (以姓氏笔划为序)

王晓方 向华明 米景九 应日珪

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

前 言

自1929年弗莱明发现青霉素以来，发酵工业呈现突飞猛进的现象。50~60年代开辟了氨基酸及核酸类物质的发酵工业，进入了发酵代谢调节的新时代。

我国于60年代初谷氨酸发酵在上海首先投入生产后，发酵法味精工厂遍及全国各乡镇，味精年产量跃居世界首位。其他氨基酸如赖氨酸、天门冬氨酸、谷氨酰胺等亦在发展之中。

核酸类物质中以作为增鲜剂的5'-肌苷酸与5'-鸟苷酸的研究成果最为显著，其他如肌苷、腺三磷等均已投产。

本书特邀请王福源编写谷氨酸发酵，富英华编写赖氨酸发酵，乔宾福编写核酸类物质。至于氨基酸发酵通论及80年代的氨基酸发酵，则由笔者编写。

本书承天厨味精厂俞儒钧同志，提供参考资料，并由王福源同志审读，特此志谢！

陈驹声

1989年5月

目 录

第一章 氨基酸发酵生产技术通论	1
第一节 氨基酸的种类及物化性质	1
第二节 氨基酸的命名法	1
第三节 氨基酸发酵原料	6
第四节 氨基酸发酵的进展	20
第五节 氨基酸的制备方法	23
第六节 氨基酸的用途	31
第七节 氨基酸的分析方法	33
参考文献	34
第二章 谷氨酸发酵	35
第一节 概论	35
第二节 培养基的配制、灭菌和空气净化	44
第三节 种子扩大培养和发酵	56
第四节 糖质原料的谷氨酸其他发酵方法	78
第五节 谷氨酸的提取	87
第六节 由谷氨酸制味精	132
第七节 药用谷氨酸的制造方法	160
第八节 主要技术经济指标及生产计算	162
第九节 生产过程的检验方法	166
参考文献	214
第三章 L-赖氨酸发酵	216
第一节 L-赖氨酸的性质与用途	216
第二节 L-赖氨酸的发酵机制及赖氨酸产生菌的选育	226
第三节 L-赖氨酸发酵工艺	257

第四节	淀粉外其他原料发酵生产L-赖氨酸	273
第五节	L-赖氨酸的提取	278
第六节	发酵过程的中间分析与成品质量分析	286
参考文献		292
第四章	80年代氨基酸发酵研究的进展	294
第一节	L-谷氨酸发酵	294
第二节	L-谷氨酰胺与L-脯氨酸的发酵	297
第三节	L-精氨酸发酵	300
第四节	L-天门冬氨酸发酵	300
第五节	L-赖氨酸发酵	302
第六节	L-苏氨酸发酵	303
第七节	L-蛋氨酸发酵	304
第八节	L-色氨酸、L-苯丙氨酸、L-酪氨酸的发酵	305
第九节	L-丝氨酸发酵	309
第十节	L-半胱氨酸发酵	311
第十一节	L-丙氨酸发酵	312
第十二节	L-缬氨酸与L-亮氨酸的发酵	312
第十三节	L-组氨酸发酵	314
参考文献		314
第五章	核酸类物质	317
第一节	分解法生产核酸类物质	317
第二节	化学法生产核酸类物质	340
第三节	发酵法生产核酸类物质	348
参考文献		362
附录		363

第一章 氨基酸发酵生产技术通论

第一节 氨基酸的种类及物化性质

一、氨基酸的种类^[1]

氨基酸有蛋白质氨基酸和非蛋白质氨基酸两大类。前一种的主要氨基酸有20种，后一种的氨基酸有几百种，其中，有许多是次级代谢的最终产物，本书是以蛋白质氨基酸为主要内容。

蛋白质氨基酸的名称和结构式如表1-1。

二、氨基酸的物化性质^[1]

蛋白质氨基酸的物化性质如表1-2。

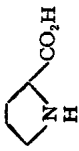
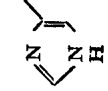
第二节 氨基酸的命名法^[2]

氨基酸及其衍生物的种类繁多，命名方法亦颇复杂。当有机酸分子中 α 位置的碳原子的H被 NH_2 取代后，就为 α -氨基酸， β 、 γ 等氨基酸也是如此。例如：

丁酸	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$
	$\gamma \quad \beta \quad \alpha$
α -氨基丁酸	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$
β -氨基丁酸	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$
γ -氨基丁酸	$\text{CH}_2(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$

蛋白质是由 α -氨基酸所组成的。例如：谷氨酸又称为 α -

表 1-1 主要的蛋白质氨基酸

名 称	结 构 式	名 称	结 构 式
丙氨酸	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array}$	脯氨酸	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CO}_2\text{H} \end{array}$
天门冬氨酸(R=OH)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{R}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{CO}_2\text{H} \end{array}$	蛋氨酸	$\text{CH}_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \backslash \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array}$
天门冬酰胺(R=NH ₂)		脯氨酸	
谷氨酸(R=OH)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{R}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{CO}_2\text{H} \end{array}$	苏氨酸	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{CH}-\text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CO}_2\text{H} \end{array}$
谷氨酰胺(R=NH ₂)		酪氨酸	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH} \begin{array}{l} \text{NH}_2 \\ \backslash \\ \text{CO}_2\text{H} \end{array}$
组氨酸			

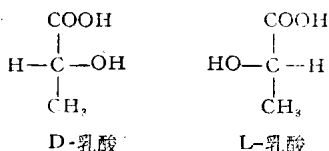
精氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HN}=\text{C}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} $	苯丙氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array} $
半胱氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \end{array} $	丝氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}_2- \end{array} $
甘氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} \end{array} $	色氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2-\text{Indole} \end{array} $
异亮氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	缬氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
赖氨酸	$ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}-\text{CO}_2\text{H} \end{array} $		

表 1-2 蛋白质氨基酸的物化性质

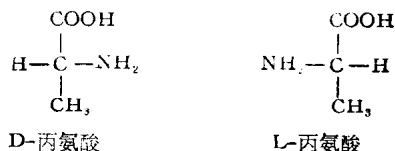
IUPAC-IUB 简 号	MW	降解温度 ℃	水溶解度 g/100g 25℃	等电点 pH	[α] ²⁵ _D		
					H ₂ O	5mol/l 盐酸	
1. 丙氨酸	Ala	A	89.10	297	16.5	+1.6	+13.0
2. 精氨酸	Arg	R	174.21	238	15.01	+21.8	+48.1
3. 天门冬酰胺	Asn	N	132.12	236	3.1	-7.4	+37.8
4. 天门冬氨酸	Asp	D	133.11	270	0.5	+6.7	+33.8
5. 半胱氨酸	Cys	C	121.16	178	v. sol	-20.0	+7.9
6. 谷氨酸	Glu	E	147.14	249	0.84	+17.7	+46.8
7. 谷氨酰胺	Gln	Q	146.15	185	3.6	+9.2	+46.5
8. 甘氨酸	Gly	G	75.07	292	25	—	—
9. 组氨酸	His	H	155.16	277	7.59	-59.8	+18.3
10. 异亮氨酸	Ile	I	131.18	284	4.12	+16.3	+51.8
11. 亮氨酸	Leu	L	131.18	337	2.3	-14.4	+21.0
12. 赖氨酸	Lys	K	146.19	224	v. sol	+19.7	+37.9
13. 蛋氨酸	Met	M	149.22	283	3.5	-14.9	+34.6
14. 苯丙氨酸	Phe	F	165.20	284	2.97	-57.0	-7.4
15. 脯氨酸	Pro	P	115.14	222	162.3	-99.2	-69.5
16. 丝氨酸	Ser	S	105.10	228	5.0	-7.9	+15.9
17. 苏氨酸	Thr	T	119.12	253	20.5	-33.9	-17.9
18. 色氨酸	Trp	W	204.23	282	1.14	-68.8	-5.7
19. 酪氨酸	Tyr	Y	181.20	344	0.05	N.S.	-18.1
20. 缬氨酸	Val	V	117.15	315	8.85	+66	+33.1

氨基戊二酸 $[\text{COOH}(\text{CH}_2) \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}]$ 。

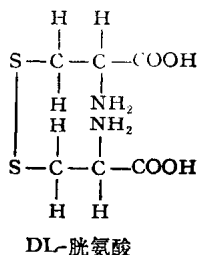
物质分子如果含有不对称碳原子（不对称碳原子所连接的四个原子或基团都是不相同的），就有旋光性。根据 α -碳原子上某基团的位置有D和L-型两种旋光异构体。例如，乳酸 $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ 存在两个光学异构体，OH基在不对称碳原子的右方的，称为D-型；OH基在不对称碳原子的左方的，称为L-型。



氨基酸是以乳酸为依据而命名的：



组成蛋白质的氨基酸和由发酵生产的氨基酸，都属于L-型。分子内具有相同的不对称碳原子，则为消旋氨基酸，如下列的DL-胱氨酸：



用酸或酶水解蛋白质所得的氨基酸，一般有旋光性，而用碱水解蛋白质所得的氨基酸和用化学合成法合成的氨基酸均为

光学消旋体，即DL-型。上述D-型、L-型和DL-型都是表示光学异构体，而左旋及右旋则用(-)与(+)来表示。例如L-型丝氨酸，在水溶液中，具有左旋性，可用L(-)来表示；在酸液中，具有右旋性，可用L(+)来表示。

第三节 氨基酸发酵原料

氨基酸发酵原料以糖蜜和淀粉水解糖为最主要，分述如下：

一、糖 蜜^[3]

糖蜜是制糖工厂的副产物，分为甘蔗糖蜜和甜菜糖蜜两大类。

(一) 甘蔗糖蜜

甘蔗糖蜜是以甘蔗为原料的制糖工厂副产物。每百吨甘蔗，可得甘蔗糖蜜3 t，或生产每百吨蔗糖可得副产物甘蔗糖蜜20~30 t，其一般成分如下：

	在糖蜜中 %	在灰分中 %		在糖蜜中 %	在灰分中 %
水分	20.0		氮	0.1~0.5	
有机物 {	蔗糖	84.0	灰分~ 10% {	K ₂ O	3.0~4.6
	还原糖	22.0		P ₂ O ₅	0.1~0.2
	非糖物	15.5		CaO	0.5~1.5
					35.0~52.0
					1.2~2.4
					6.2~18.0

(二) 甜菜糖蜜

甜菜糖蜜是以甜菜为原料的制糖工厂副产物，其一般成分如下：

	在糖蜜中 %	在灰分中 %		在糖蜜中 %	在灰分中 %
水分	18.0		氮	2.0	
蔗糖	50.0		灰分	3.7~5.0	46~57
还原糖	甚少		8.0~10.0% { K_2O	0.1	1.0
非糖物	15.0		{ P_2O_5	0.5	5.0
			{ CaO		

从上述两种糖蜜的成分，可以看出①甘蔗糖蜜的还原糖含量较甜菜糖蜜多得多；②甘蔗糖蜜的含氮量比甜菜糖蜜少得多。在利用糖蜜生产酒精、氨基酸等发酵产物时，对此应十分注意。

二、淀粉水解糖

将淀粉用酸水解后，所得的葡萄糖液，称为淀粉水解糖。
淀粉的来源如表1-3，淀粉的规格如表1-4。

表 1-3 几种农产品的成分

品种	淀粉 %	水分 %	脂肪 %	灰分 %	蛋白质 %	纤维素 %
小麦	66~72	11~14	1~2	0.4~1	8~5	1~2
玉米	60~72	12~25	2~4	1.0	9~10	2
木薯	20~30	50~70	0	0.2	0	2~3
木薯干	77.36	15.48	—	1.68	0.26	—
马铃薯	15~20	75~80	0.1	1.0~1.5	2~3	0.5~1.0
甘薯	16.2	81.6	0.1	0.5	1.3	0.3
甘薯干	77.8	13.2	0.4	2.9	2.2	3.0

因为商品淀粉并不是纯淀粉，它还含有蛋白质、灰分等成分，另外，在淀粉水解过程中，由于葡萄糖发生复合反应和分

表 1-4 淀粉原料规格

成 分	干玉米 淀 粉	湿玉米 淀 粉	干小麦 淀 粉	湿小麦 淀 粉	甘 薯 淀 粉
酸值	20	20	30	30	35
蛋白质, %	0.5以下	0.5以下	0.6以下	0.6以下	0.5以下
灰分, %	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
淀粉, %	>83	>56	>83	>57	>78
水分, %	<14	<40	>14	<40	<16
色泽	洁白	洁白	洁白	洁白	白色
味	无异味	无异味	无异味	无异味	无异味

解反应而产生了一些其他有机物质, 所以水解糖液中除葡萄糖外, 还含有其他杂质。水解糖液中所含杂质的多少, 与原料质量及淀粉的糖化条件有密切关系。

(一) 淀粉

淀粉是以颗粒存在的。根据分子结构, 颗粒内的淀粉可以分成直链淀粉和支链淀粉两种。根据淀粉原料品种不同, 直链淀粉和支链淀粉的含量是不一样的, 谷类和薯类淀粉的颗粒中, 直链淀粉约占17~27%, 其余为支链淀粉, 而糯米淀粉颗粒则全部由支链淀粉组成。

直链淀粉是由100~1000个脱水葡萄糖以 α -1,4葡萄糖苷键缩合而生成的不分支的直链分子。支链淀粉是由1000~3000个脱水葡萄糖以 α -1,4和 α -1,6两种葡萄糖苷键缩合而成的带分支的支链分子。在支链淀粉分子中, 每隔8~9个葡萄糖单位就有一个分支, 每个分支平均由20~30个葡萄糖单位组成, 一个支链淀粉分子的分支数在几十个至几百个之间。支链淀粉各直链中葡萄糖间是以 α -1,4键相连接的, 而连接两条直链的分支点却是通过 α -1,6键将两个葡萄糖缩合起来, 从而形成分支的。