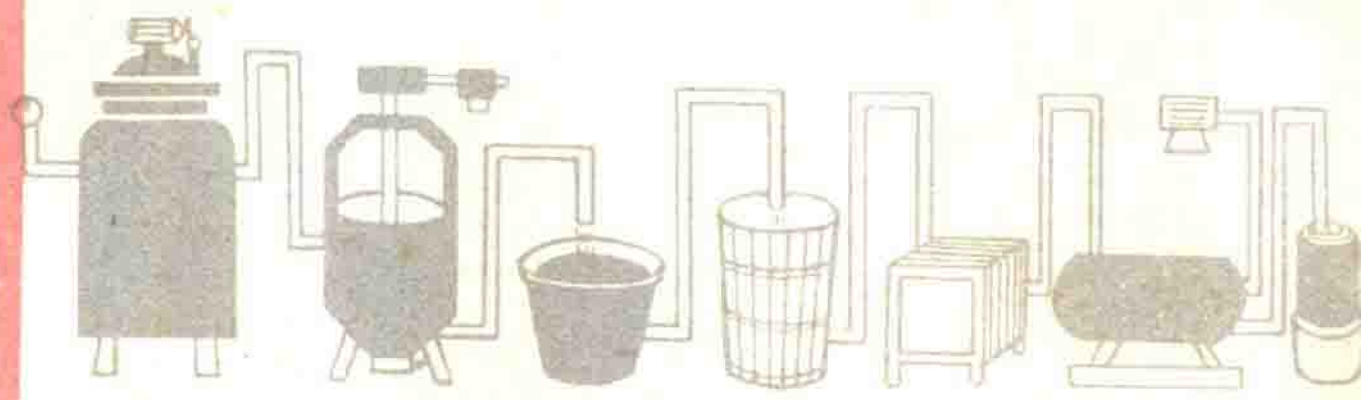
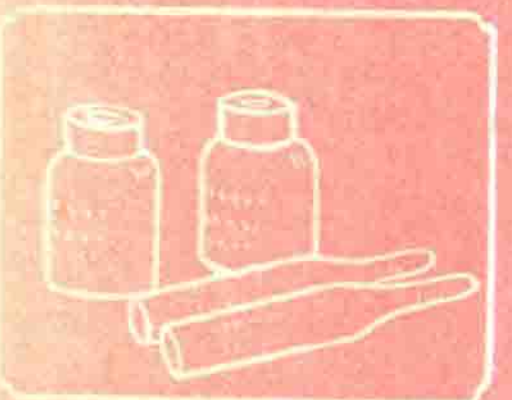
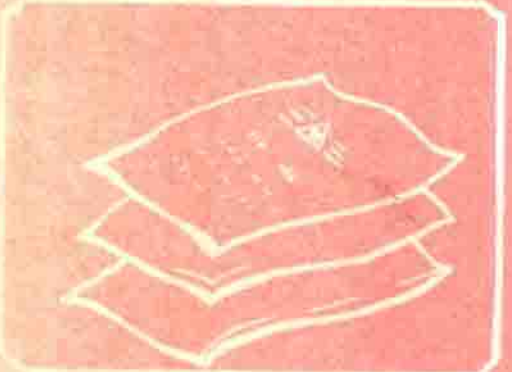




微生物酶及其应用

山东人民出版社

T0925
2236

16

(3)

微生物酶及其应用

郑寿亭 编写

谢朝铮 绘图

山东人民出版社

微生物酶及其应用

郑寿亭 编著 谢朝铨 绘图

山东人民出版社出版

山东新华印刷厂德州厂印刷

山东省新华书店发行

1973年4月第1版 1973年4月第1次印刷

印数：1——27,000

统一书号：15099·5 定价：0.45 元

只限国内发行

前 言

我国劳动人民对酶学知识的认识已有悠久历史，在酶的应用方面积累了丰富的丰富经验。建国以后，尤其是无产阶级文化大革命以来，广大工农兵、革命干部和科学技术人员，以毛主席的光辉哲学思想为武器，紧密结合三大革命斗争的实践，大搞群众性的科学实验活动，使微生物酶的研究、生产和应用得到迅速发展。许多酶制剂品种已成批生产；酶的应用范围，已由传统的酿造、食品行业，进入纺织、皮革、医药、化工等部门。实践证明，微生物酶的应用，在提高生产效率、增加产品品种、提高产品质量、精简设备、简化工艺、提高原料利用率、大搞综合利用、节约人力、物力和改善劳动条件等方面，都取得了显著的效果。

为了便于广大工农兵和革命干部学习酶的基础知识，了解微生物酶的生产和应用情况，更好地为社会主义建设事业服务，作者以国内生产技术和推广应用的经验为主，并参考其他有关酶学资料，写成这本“微生物酶及其应用”的小册子。

由于实践经验不多，理论水平不高，掌握资料有限，书中的缺点和错误之处，在所难免，诚恳希望读者批评和指正。

作 者

一九七二.九.

目 录

第一章 新兴的酶制剂工业.....	(1)
第一节 蓬勃发展的酶制剂工业.....	(2)
第二节 酶制剂在生产实践中的作用.....	(3)
第二章 酶——生物催化剂.....	(8)
第一节 酶的催化能力.....	(8)
第二节 酶的化学本质.....	(13)
第三节 酶的种类与作用方式.....	(30)
第三章 酶的生产	(62)
第一节 酶制剂生产常用菌种及其所属的微生物类群...	(62)
第二节 微生物的基本营养与培养基.....	(82)
第三节 发酵条件及影响发酵的因素.....	(90)
第四节 发酵的基本过程.....	(95)
第五节 酶的提炼.....	(100)
第六节 酶活力的测定.....	(108)
第四章 酶制剂的应用	(114)
第一节 使用酶制剂应控制的条件.....	(114)
第二节 主要酶制剂的应用.....	(128)

附录:	(157)
-----------	-------

一、常用缓冲液配制法.....	(157)
-----------------	-------

二、比重糖度换算表.....	(161)
----------------	-------

三、饱和水汽压力与温度.....	(162)
------------------	-------

四、指示剂.....	(164)
------------	-------

五、生产上常用培养基.....	(164)
-----------------	-------

六、酶活力测定的几种主要方法.....	(172)
---------------------	-------

第一章 新兴的酶制剂工业

伟大领袖毛主席教导我们：“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律。依事物本身的性质和条件，经过不同的飞跃形式，一事物转化为他事物，就是新陈代谢的过程。”对生物体来说，吸收养料、排出废物的过程，就是新陈代谢的过程。它是生命活动的基础，没有新陈代谢、没有“吐故纳新”就没有生命。

新陈代谢是无数个复杂化学反应的过程，这种化学反应总是有条不紊地按顺序进行着的。在日常生活中，人们口中咀嚼着馒头或米饭时，为什么有甜的感觉？牛吃了草为什么能转化成牛奶？种子给予适当的水分和温度又为什么能发芽、生长和开花结果呢？

根据现代科学的研究证明，生物新陈代谢的化学反应都是由一种叫“酶”的物质控制完成的。馒头和米饭在嘴里多咀嚼一会有甜的感觉，是因为唾液里有一种淀粉酶将淀粉转化为葡萄糖的结果；吃下的蛋白质到胃里，被分解成氨基酸，是由蛋白酶帮助分解完成的；同样，牛吃了草，在胃里由纤维素酶协助分解成糖类等物质，继而由其他酶转化成蛋白质、脂肪等物质；植物种子发芽时，也是由相应的酶参加分解与合成，转化成代谢活动所需要的各种营养成分。所

以，生物的全部代谢活动都与酶的活动密切相关。从这个意义上说，没有酶就没有生命。

酶之所以在物质转化过程中有如此重要的作用，是由于它的特殊催化能力所决定。一种酶只能引发特定的一种物质或一类物质进行反应，代谢过程中每一个反应都是由特定的酶控制着的，一环扣一环，有条不紊。同时，其催化速度之快，催化效率之高（较普通催化剂高成千上万倍，乃至千万倍）是其他有机或无机催化剂不能与之媲美的。所以，酶就是催化剂，只是由于目前酶都来源于生物体，因而又称酶为生物催化剂。

酶，从生物体提取后，加工制成酶的制品，仍具有催化能力。这种酶制品就是通常说的酶制剂。酶的催化能力反映到工业生产上，却有着了不起的作用，它能使某些产品的生产过程避免高温、高压、强酸、强碱的繁杂处理，是达到高产、优质、低消耗的重要技术措施之一。

第一节 蓬勃发展的酶制剂工业

早在四千年前，我国古代劳动人民，就会酿酒；制造饴糖，也是在三千多年前开始的；用曲治疗消化障碍症，也是我国人民最早发现的。这些过程都是由微生物酶参加完成的。尽管当时对微生物活动和酶的作用并不了解，但聪明智慧的我国劳动人民，却在实践中已经利用了这些现象，并积累了许多有关酶学的知识和使用酶的经验。

但是，由于封建主义的长期统治和帝国主义列强的侵略，阻碍了我国科学工业的发展，使我国近代酶学长期处于落后状态。

中华人民共和国诞生以来，酶学研究在我国获得了新生。特别是经过无产阶级文化大革命，广大工人群众和革命技术人员，认真学习马列著作和毛主席著作，提高了思想觉悟，树立了雄心壮志，批判了修正主义的“专家路线”、“专家治厂”、“科研神秘论”，组成了浩浩荡荡的科学实验大军，向酶制剂工业的深度和广度进军。现在，许多省、市已经建立了或正在建立酶制剂工厂或车间，淀粉酶、蛋白酶、果胶酶、脂肪酶和葡萄糖氧化酶等许多酶制剂品种已经成批生产，酶制剂已成为我国的一种新兴工业，整个酶学领域呈现出一派欣欣向荣的大好形势。

第二节 酶制剂在生产实践中的作用

现在，我国酶制剂许多品种已能成批生产，应用范围也越来越广。酶制剂的应用已经跨出传统的食品、酿造行业，迈进了纺织、皮革、医药、化工等部门，在工业技术革新和技术革命中起着积极的推动作用。

1、节粮、代粮 轻工、医药部门的发酵行业应用酶制剂在节粮、代粮方面取得了较好的效果。如酒精生产打破了百余年来用高压蒸煮原料的老工艺，采用细菌淀粉酶常压液化新工艺以后，淀粉出酒率由原来平均51%提高到54%，每

生产一吨酒精可节约0.17吨粮食；饴糖生产以酶制剂代替麦芽新工艺，出糖率提高5~10%，平均每用一吨细菌淀粉酶能节约26,700斤粮食；酱油生产添加蛋白酶，使原料得到充分地利用，出油率提高30%。

酶制剂的应用，在代替粮食方面也是很有希望的。目前，利用纤维素酶水解糠醛渣（糠醛生产的下脚料，其中含有大量纤维素）得到葡萄糖液，足以取代粮食培养酵母；纤维素酶用于白酒生产，出酒率能提高3.53%，有的提高到6%，甚至更高。白酒是面大量广的产品，每年耗用大量粮食。随着今后纤维素酶研究工作的深入开展，一定能为节约工业用粮作出新贡献。

2、简化工艺、提高效率 淀粉酶用于纺织工业代替碱法退浆，效率提高15%左右，周期缩短80~90%，工艺大大简化，便于连续化生产；蛋白片生产采用酶制剂后，使发酵周期缩短90%左右，而且产品质量更加稳定；酶法制革新工艺，彻底改变了素以“脏、臭、累”闻名的灰—碱法制革的落后面貌，使制革准备工序由三进三出转鼓改为一进一出，实现了生产连续化；明胶生产周期，过去长达一个月，采用酶法制明胶只需7~8天。

3、简化设备、节约原材料 酶制剂用于生产，几乎每一次都与设备的简化、原料的节约紧密相关。酶法生产葡萄糖、酶法皮革脱毛、酶法纺织退浆、酶法绢纺脱脂等都因为甩掉了旧的高温、高压、强酸、强碱的工艺过程，不需采用耐酸、耐压的庞大设备和昂贵稀缺材料，从而对于煤、水、

电的节约也卓有成效。例如，酶水解淀粉代替酸水解生产葡萄糖，不需采用耐酸的特殊钢材设备，只用普通钢板罐和木桶就可以了。酸水解要用精淀粉，而酶水解用粗淀粉（地瓜干粉）即可，这就可以整整砍掉提取淀粉的车间。酶法退浆，每生产一百万米棉布，节约烧碱5吨、水1,000吨；细菌淀粉酶常压液化代替高压蒸煮进行酒精浓醪发酵，每生产1吨酒精节约0.1吨煤炭；酶法脱胶处理电影废胶片，银的回收率比原焚烧法提高64%。

4、提高产品质量 酶法制革，使许多产品具有灰一碱法不可比拟的优点：革身柔韧而富有弹性、正面革的粒面细致、绒面革的绒毛均匀一致，革身坚牢度显著提高，革的身骨丰满。

脂肪酶代替皂一碱洗呢，不仅解决了产品长期不能解决的丰厚度问题，而且光泽好、弹性大、手感滑挺，深受国际市场的欢迎。

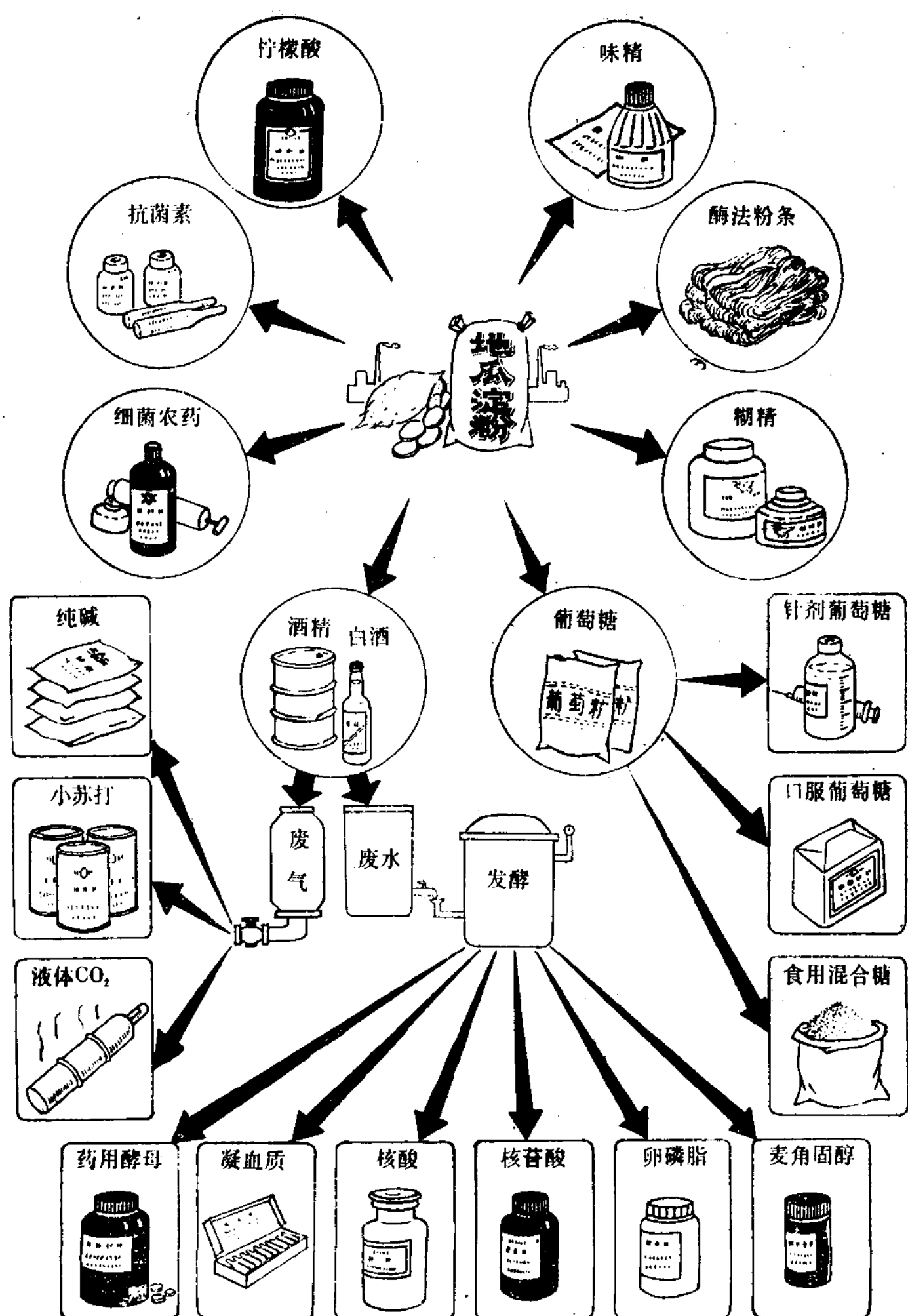
酶法生产的蛋白片是淡黄色，克服了自然发酵生产的成品是深棕色和带异味的缺点，酶法较自然发酵法还减少了产品被病菌感染的可能性，提高了我国商品的国际声誉。

5、为综合利用广开门路 酶制剂用于综合利用领域也大有可为。例如，蛋白酶水解蛋白注射液的生产，从前用酸水解法要用价格较高的酪蛋白为原料，采用酶水解法则可用猪毛、猪血蛋白等下脚料来代替。另外酸水解的产品色氨酸被破坏，还要另外补加价值高达2,000元/公斤的色氨酸，酶法生产可以避免这种弊病。

皂素（合成考的松、黄体酮、避孕药等甾体激素的重要原料）的生产，过去是采用酸水解薯芋（一种野生植物）获得。这个工艺使薯芋中含有20~50%的淀粉变成废酸水流失。目前，探索出酶法提皂素的新方法，不仅能节约70%用酸量，而且水解液中的淀粉可以发酵生产酒精，每百斤薯芋能出57%的酒精24斤。若每年使用的薯芋以12,000吨计算，可从水解液中回收57%酒精2,880吨。

通过微生物对淀粉厂、豆腐坊、酒精厂、造纸厂的废水开展综合利用，能培养出药用酵母或饲料酵母，继而提取核酸或核苷酸。尤其是核苷酸类物质，对治疗肝炎、肝昏迷、心脏病、血液病有较好疗效，也是重要的战备药物。

再如，地瓜淀粉通过微生物和酶制剂进行综合利用，据不完全统计能生产出有价值的轻工、化工和医药产品20余种（图一）。



图一 微生物和酶制剂对地瓜淀粉的综合利用

第二章 酶——生物催化剂

第一节 酶的催化能力

酶是一种很好的催化剂。由淀粉或纤维素生产葡萄糖，由蛋白质生产蛋白胨和氨基酸等过程，往往需要高温、高压、强酸、强碱等设备条件。但是，生物体正常新陈代谢过程是由酶控制着，这些物质的转化，是在常温、常压、缓和的酸碱条件下进行的。我们吃的牛肉，在胃、肠经过2~3小时的消化，便转化为身体需要的氨基酸和其他成份。如果用化学方法水解，那就不是这么容易了，例如盐酸水解，需要牛肉四倍的20%的盐酸，在100℃以上，经过20多个小时的反应才能分解成氨基酸。这是为什么呢？原来生物体存在着生物催化剂——酶这种物质，它在体内的数量并不多，但具有非凡的催化能力。代谢过程的化学反应之所以高效、快速进行，是由酶的特殊催化本领所决定的。

（一）酶的催化效率极高。 一个化学反应的进行，必须使反应物分子达到一定能量水平，由一般状态转变为活化状态，这个能量称为活化能。反应性质不同，所需要的活化能也不同。同一化学反应，若循不同途径进行，其活化能的数值也不同。当化学反应有催化剂存在，则会降低活化能，因

而反应就容易进行。由以下公式

$$K = A e^{-\frac{E}{RT}}$$

(其中K是反应速度常数、R是气体常数、T是绝对温度、E是活化能、A是频率因子)可以看出,在一定温度下,A越大反应速度越大,E越小反应速度也越大。

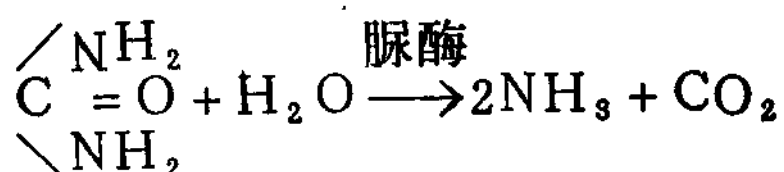
酶在化学反应中,就是起降低活化能(E)、增加频率因子(A、即反应分子间的碰撞率)的作用,从而增加化学反应的速度。例如,过氧化氢酶的分解,没有催化剂时,每克分子需要活化能18,000卡;用钨作催化剂时,需要活化能11,700卡;而用生物催化剂——过氧化氢酶作催化剂时,其活化能仅为1,700卡,从以上三种方法看出,以过氧化氢酶作催化剂时,反应需要的活化能(E)最低。另一方面,一般酶与底物(酶所催化的反应物)的亲合力较大,并以一定的和有利于反应的位置相结合,使频率因子A值增大,如1分子过氧化氢酶在1分钟内能催化500万过氧化氢分子的分解。因此,由于过氧化氢酶降低活化能和增加频率因子的能力都远远超过钨的能力,所以过氧化氢酶催化过氧化氢分解的速度较无机催化剂——钨催化的速度大100亿倍。

一般纯酶的催化效率比无机催化剂高10万倍到1亿倍,工业用酶制剂(酶的工业品大都含有杂质和填料)催化效率,一般也比无机催化剂高10~1,000万倍。例如,1克结晶(高度纯化)的 α -淀粉酶,在65℃下15分钟,可使2吨淀粉转

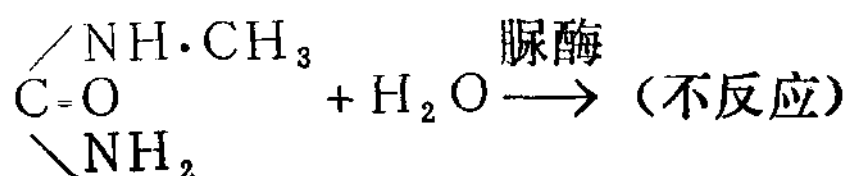
化为糊精。3~5公斤 α -淀粉酶也能转化1吨淀粉成糊精。若用酸作催化剂，其转化能力将大大下降。因此，工业生产采用酶制剂作催化反应，可以加速反应过程，缩短反应周期，提高工作效率，避免强酸、强碱的复杂处理。再如，纺织工业用碱分解淀粉达到退浆要求，一般需要10~12小时，而用细菌产生的 α -淀粉酶，只要20~30分钟即可完成退浆过程。

(二) 酶作用的高度专一性。 酶作用的专一性，就是酶对作用底物有严格的选择性。一种酶只能催化特定的一类或一种物质进行反应。例如，糖甙键、酯键、肽键的化合物都能因酸碱的催化而水解，但酶催化却各自需要一定的专一酶才能水解。淀粉酶只能催化淀粉的水解反应，蛋白酶只能催化蛋白质的水解反应，而淀粉酶不能催化蛋白质水解，同样蛋白酶也决不能催化淀粉水解。酶对底物这种专一性要求有以下几种情况：

1. 绝对专一性 某些酶只能催化一种底物起反应，若底物分子作任何细微的改变就不能被催化。例如脲酶只专一催化脲素，分解成氨和二氧化碳：



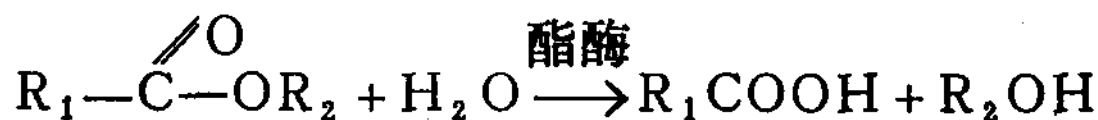
假若脲素分子上氨基的氢被甲基所取代，则不能被脲酶催化：



2. 相对专一性 某些酶对底物的专一性较低，能作用于同一类化合物或化学键，按其专一性程度的要求又分为：

①族专一性： 某些酶虽能作用于同一类化合物，但对其所作用的化学键两端的基团，其中之一具有高度的甚至是绝对的专一性，而对另一基团则仅有相对的专一性。例如胰蛋白酶只作用于蛋白质的肽键，但要求肽键的羧基必须是碱性氨基酸、精氨酸或赖氨酸所组成，而肽键的氨基端则可换以不同的氨基酸。

②键专一性： 另一些酶对于所作用的键的两端，都仅有相对的专一性，如酯酶能催化酯类的水解，但对于 R_1 和 R_2 都没有绝对的专一性要求，只要是酯键就能水解：



3. 立体专一性 几乎所有的酶对于底物的立体异构物都具有高度选择性，当底物含有一不对称碳原子时，酶仅能作用于旋光异构体的一种，而对其对映体则全无作用。例如 L-氨基酸氧化酶只作用于 L-氨基酸，对 D-氨基酸无作用。反之，D-氨基酸氧化酶只作用于 D-氨基酸。同样，对于顺反异构物，酶也仅能作用于其中之一，而对其他异构体全无作用。如反丁烯二酸酶仅对异构体的反式有作用：

