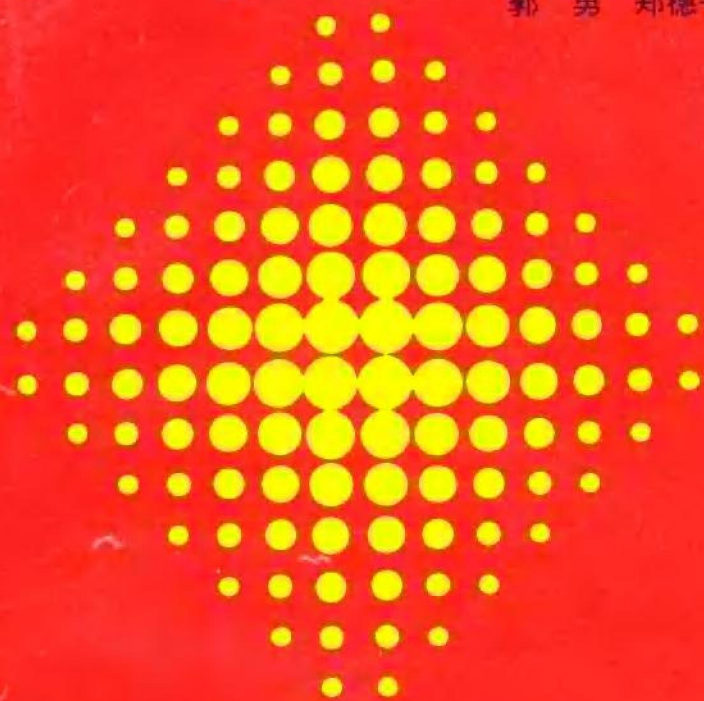


郭 勇 郑穗平 编著



酶在食品 工业中的应用

中国轻工业出版社

酶在食品工业中的应用

郭 勇 郑穗平 编著

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

酶在食品工业中的应用/郭勇, 郑穗平编著. —北京:
中国轻工业出版社, 1996. 11

ISBN 7-5019-1948-8

I. 酶… II. ①郭… ②郑… III. 酶-食品添加剂-应用
IV. TS202

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 13029 号

责任编辑 熊慧珊

*

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街 6 号)

新华出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米 1/32 印张: 5.5 字数: 122 千字

1996 年 12 月 第 1 版第 1 次印刷

印数: 1—3000 定价: 12.00 元

内 容 简 介

本书主要介绍酶在食品保鲜、食品加工和食品添加剂生产方面的应用。全书共分六章：酶的基本知识，酶在食品保鲜方面的应用，酶在淀粉类食品生产方面的应用，酶在蛋白类食品生产方面的应用，酶在果蔬类食品生产方面的应用，酶在食品添加剂生产方面的应用。

本书可供从事食品保鲜、食品工程、食品添加剂生产和酶工程方面的工程技术人员、技术工人和有关院校师生参考使用。

前 言

酶是生物催化剂。它不仅在生物体内,而且在生物体外,只要条件适宜,都可以催化各种生化反应。酶的催化作用具有专一性强、效率高和反应条件温和等显著特点,这就使酶能在食品、医药、轻工、化工、环保、能源等领域得以广泛应用。

酶的应用已有几千年的历史。我国在四千多年前,就已经在酿酒、制酱、制饴的过程中,不自觉地利用了有关酶的催化作用。在我国古书《书经》中有“若作酒醴,尔维麴蘖”的记载,其意为:若要酿酒,就必需使用麴和蘖。麴是指长了微生物的谷物。蘖是指发了芽的谷物。这两种物质都含有丰富的酶。在《六书考》中,有“以米蘖煎才为白饴也”的说法。在《周礼天官篇》中,则有“膳夫掌王馈食酱有百二十瓮”的语句。这些都说明了酶的应用首先是从食品方面开始的。至今,应用酶最广泛的领域还是在食品工业方面。

然而,真正地认识酶的存在和作用,是从 19 世纪开始的。1833 年,佩恩(Payen)和帕索兹(Persoz)从麦芽的水抽提物中,用酒精沉淀得到一种可使淀粉水解成可溶性糖的物质,称之为淀粉酶(diastase),并指出了它的热不稳定性,初步触及了酶的一些本质。19 世纪中叶,巴斯德(Pasteur)等人对酵母的酒精发酵进行了大量研究,指出酵母细胞中存在一种使糖转化为酒精的物质。1878 年库尼(Kunne)把这种物质称之为

酶(Enzyme)。这个词来自希腊文,其意思是“在酵母中”。1896年,巴克纳(Buchner)兄弟发现酵母的无细胞抽提物也能将糖发酵成酒精。这就表明,酶不仅在细胞内,而且在细胞外也可在一定的条件下催化生物化学反应。这个发现对酶的广泛应用起了很大的推动作用。其后,对酶的催化作用理论和酶的本质进行了广泛的研究。1913年,米彻利斯(Michaelis)和曼吞(Menten)提出了中间产物学说,推导出酶催化反应的基本方程——米氏方程。随后,人们进行了酶分离纯化的一系列研究。1926年,萨姆纳(Sumner)首次从刀豆的提取液中分离得到脲酶结晶,并证明它具有蛋白质的性质。1949年日本成功地进行 α -淀粉酶的液体深层发酵,促进了酶的大规模工业化生产的发展,酶的应用也越来越广泛。1969年,日本的千畑一郎首次在工业生产规模应用固定化酶生产L-氨基酸,实现了酶在应用方面的一大变革。现在已有几十种酶(包括固定化酶)广泛应用在食品 and 食品添加剂的生产方面。

已经发现的酶约有3000种,现在得以应用的只有几百种,因此,酶的应用大有潜力,加上固定化酶和酶分子修饰技术的发展,可使酶的特性和功能更加符合人们的应用需要,使酶的应用更显示其优越性。

酶在人类的生产和生活的各个领域的应用方兴未艾,尤其是在食品和食品添加剂生产方面的应用具有十分广阔而诱人的前景。

本书主要介绍酶在食品保鲜、食品加工和食品添加剂生产方面的应用,错漏之处,诚请读者批评指正。

编著者

1995年12月

目 录

第一章 酶的基本知识	(1)
第一节 酶的催化特性	(1)
一、酶的催化效率高	(2)
二、酶的催化专一性强	(2)
三、酶的作用条件温和	(3)
第二节 影响酶催化作用的主要因素	(4)
一、底物浓度的影响	(4)
二、酶浓度的影响	(4)
三、温度的影响	(5)
四、pH 值的影响	(5)
五、抑制剂的影响	(6)
六、激活剂的影响	(7)
第三节 酶的分类与命名	(7)
第四节 酶的活力测定	(9)
一、酶活力的测定方法	(9)
二、酶活力单位	(11)
第五节 酶的固定化	(12)
一、固定化酶的制备	(12)
二、固定化酶的性质	(15)
三、固定化酶的活力测定	(16)
四、固定化酶在食品工业中的应用	(19)
第二章 酶在食品保鲜方面的应用	(22)

第一节 葡萄糖氧化酶在食品保鲜方面的应用	… (23)
一、葡萄糖氧化酶的基本性质	… (23)
二、葡萄糖氧化酶的活力测定	… (24)
三、葡萄糖氧化酶的应用	… (26)
第二节 溶菌酶在食品保鲜方面的应用	… (28)
一、溶菌酶的基本性质	… (28)
二、溶菌酶的活力测定	… (29)
三、溶菌酶的应用	… (29)
第三章 酶在淀粉类食品生产中的应用	… (32)
第一节 淀粉类食品的生产用酶	… (32)
一、 α -淀粉酶	… (32)
二、糖化酶	… (38)
三、 β -淀粉酶	… (42)
四、支链淀粉酶	… (43)
五、葡萄糖异构酶	… (45)
六、环状糊精葡萄糖基转移酶	… (49)
第二节 酶在淀粉类食品生产中的应用	… (52)
一、葡萄糖的生产	… (53)
二、果葡糖浆的生产	… (55)
三、饴糖、高麦芽糖浆、麦芽糖和麦芽糖醇的 生产	… (57)
四、糊精和麦芽糊精的生产	… (59)
五、环状糊精的生产	… (60)
第四章 酶在蛋白类食品生产中的应用	… (62)
第一节 蛋白类食品生产用酶	… (62)
一、蛋白酶	… (62)
二、乳糖酶	… (67)
第二节 酶在蛋白类食品生产中的应用	… (69)
一、蛋白质水解物的生产	… (69)

二、氨基酸的生产	(70)
三、明胶的生产	(70)
四、干酪的生产	(71)
五、肉类的嫩化	(73)
六、低乳糖奶的生产	(75)
第五章 酶在果蔬类食品生产中的应用	(77)
第一节 果蔬类食品生产用酶	(77)
一、果胶酶	(77)
二、柚苷酶	(83)
三、橙皮苷酶	(83)
四、花青素酶	(84)
第二节 酶在果蔬类食品生产中的应用	(85)
一、果汁的生产	(85)
二、低糖果冻的生产	(87)
三、果酒的生产	(88)
四、柑桔制品去除苦味	(89)
五、柑桔罐头防止产生白色混浊	(89)
六、果蔬制品的脱色	(90)
第六章 酶在食品添加剂生产中的应用	(91)
第一节 酶在食品乳化剂生产中的应用	(92)
第二节 酶在食品增稠剂生产中的应用	(98)
一、以分支糊精为底物生产歧化环状糊精	(100)
二、利用支链淀粉酶的缩聚反应生产歧化 环状糊精	(100)
三、利用支链淀粉酶的转移功能生产歧化 环状糊精	(101)
四、固定化酶法连续生产	(101)
第三节 酶在食品酸味剂生产中的应用	(102)
一、酶法生产乳酸	(103)

二、酶法生产苹果酸	(108)
第四节 酶在食品鲜味剂生产中的应用.....	(111)
一、酶法生产味精	(112)
二、酶法生产呈味核苷酸	(114)
第五节 酶在食品甜味剂生产中的应用.....	(119)
一、酶法生产肽甜味剂——天苯肽	(120)
二、酶法生产新型低聚糖	(122)
第六节 酶在食品强化剂生产中的应用.....	(129)
一、应用水解酶合成氨基酸	(131)
二、应用解氨酶合成氨基酸	(138)
三、应用吡哆醛酶合成氨基酸	(142)
四、应用其他酶类合成氨基酸	(145)
附录 酶的分类.....	(146)
主要参考文献	(166)

第一章 酶的基本知识

酶是生物催化剂。

所有的生物体在一定的条件下都可以合成多种多样的酶。生物体内的各种生化反应，几乎都是在酶的催化作用下进行的。在生物体外，只要条件适宜，酶亦可催化各种生化反应。而且酶的催化作用具有专一性强、催化效率高、作用条件温和等显著特点，因此，酶在食品、轻工、医药、化工、环保、能源和科学研究等领域得以广泛应用。

为了更好地发挥酶的催化功能，首先必需了解并掌握酶的有关基本知识。本章简明地介绍酶的催化特性、影响酶催化的主要因素、酶的分类与命名、酶的活力测定等基本知识。

第一节 酶的催化特性

酶是一种催化剂，具有催化剂的共同性质，即：可加快化学反应的速度，但不改变反应的平衡点，在反应前后本身的结构和性质不改变。

酶是生物催化剂，与非酶催化剂相比，具有以下催化特性。

一、酶的催化效率高

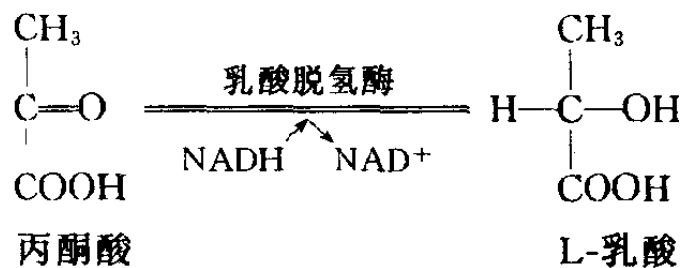
酶的催化效率比一般催化剂高得多，有的可高达几百亿倍。例如，铁离子和过氧化氢酶都可以催化双氧水 (H_2O_2) 分解成为水和氧气。在一定条件下， 1mol 铁离子可催化 10^{-5}mol 双氧水分解。在相同的条件下， 1mol 过氧化氢酶却可催化 10^5mol 的双氧水分解。过氧化氢酶的催化效率达到铁离子的 10^{10} 倍。

二、酶的催化专一性强

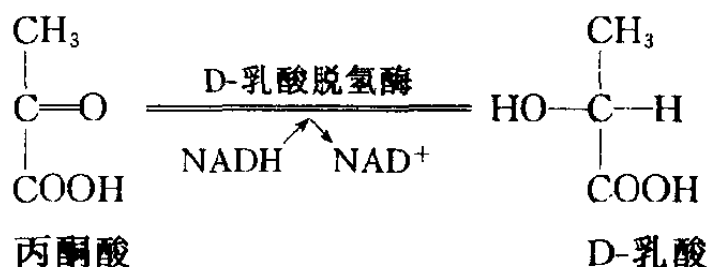
酶的专一性是指一种酶只能催化一种或一类结构类似的底物进行某种类型的反应。根据其严格程度的不同，酶的专一性可分为绝对专一性和相对专一性。

1. 绝对专一性

一种酶只能催化一种底物进行一种反应，这种高度的专一性称为绝对专一性。当酶作用的底物或生成的产物含有不对称碳原子时，酶只能作用于异构体的一种，这种绝对专一性称为立体异构专一性。例如，乳酸脱氢酶 [EC. 1. 1. 1. 27] 只催化丙酮酸生成 L-乳酸：

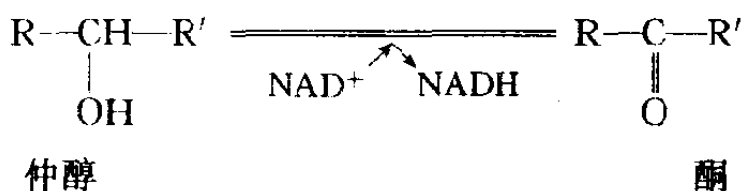
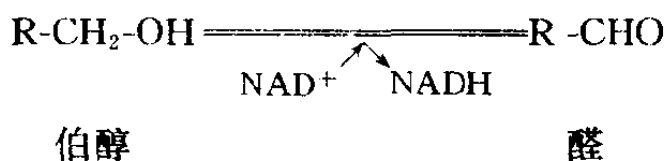


而 D-乳酸脱氢酶 [EC1. 1. 1. 28] 却只催化丙酮酸生成 D-乳酸：



2. 相对专一性

一种酶能够催化一类结构类似的底物进行某种类型的反应，这种专一性称为相对专一性。例如，醇脱氢酶〔EC1.1.1.1〕可作用于伯醇和仲醇，进行脱氢反应，分别生成醛和酮。



在食品加工中广泛应用的 α -淀粉酶、糖化酶、蛋白酶都属于相对专一性的酶。

三、酶的作用条件温和

酶催化作用一般都在常温、常压及 pH 近乎中性的温和条件下进行。所以，用酶作催化剂，可以节省能源和设备投资。

第二节 影响酶催化作用的主要因素

在应用酶的过程中，一定要控制好外界条件，以充分发挥酶的催化功能。酶的催化作用主要受到下列因素的影响。

一、底物浓度的影响

底物浓度是决定酶催化反应速度的主要因素。在其他条件相同的情况下，酶促反应速度与底物浓度的关系如图 1-1 所示。

从图 1-1 中可以看到，在底物浓度较低的情况下，反应速度与底物浓度成正比，随着底物浓度的增加而加快，当底物达到一定浓度时，反应速度的上升不再与底物浓度成正比，而逐步趋向平衡。

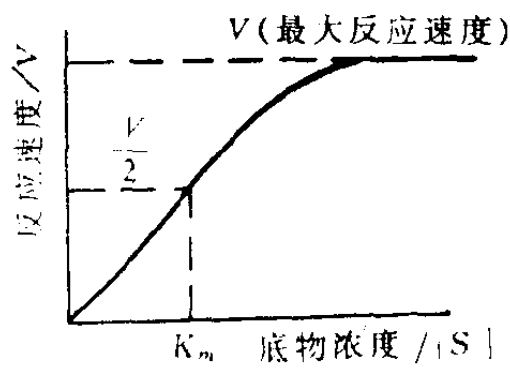


图 1-1 底物浓度与反应速度的关系

当底物浓度过高时，反应速度反而降低，这是由于高浓度底物引起的抑制作用。

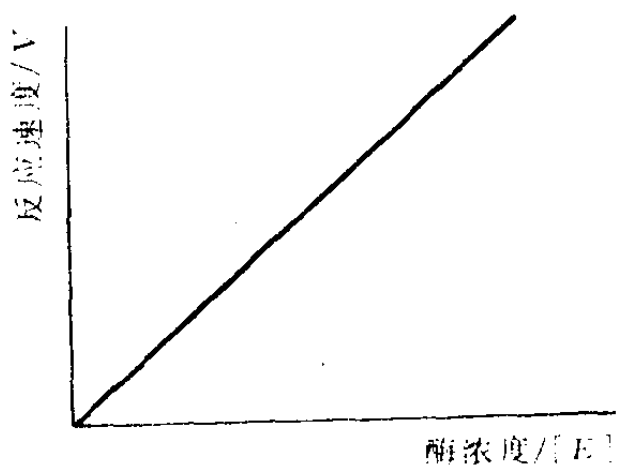


图 1-2 酶浓度与反应速度的关系

二、酶浓度的影响

在底物浓度足够高的条件下，酶催化反应速度与酶浓度成正比，如图 1-2 所示。

其数学式为：

$$V = -\frac{d[S]}{dt} = k[E]$$

三、温度的影响

每一种酶都有其各自的有效温度和最适温度。在酶的有效温度范围内，酶才可能进行催化作用。而在酶的最适温度条件下，酶的催化反应速度达到最大。

在其他条件相同的情况下，温度每升高 10°C ，化学反应的速度增加 $1\sim 2$ 倍。然而，酶是蛋白质，当温度过高时，酶的活性会受到影响，甚至引起变性而丧失其催化活性。一般酶在 60°C 以上都会变性失活，但也有一些酶的热稳定性较高，可耐受 90°C 甚至更高的温度。 α -淀粉酶就是一个例子。

酶的最适温度与反应时间的长短有关。反应时间延长，最适温度会适当降低。添加酶的底物和某些稳定剂，也可适当提高酶的耐热性。

四、pH 值的影响

酶的催化作用与反应液的 pH 值有很大关系。每一种酶都有其各自的有效 pH 和最适 pH。

只有在有效 pH 范围内，酶才显示其催化活性。在最适 pH 条件下，酶催化反应的速度达到最大。pH 过高或过低，都可能引起酶的变性失活。因此，在酶促反应过程中，必需控制好反应液的 pH 条件。

pH 值之所以影响酶的催化作用，主要是由于 pH 值改变了酶分子和底物分子的解离状态。

五、抑制剂的影晌

凡能够使酶的活性降低或丧失的物质称为酶的抑制剂。在酶的应用和酶活力测定过程中都应该尽可能地避免抑制剂的存在。

抑制剂有可逆性抑制剂和不可逆性抑制剂之分。

不可逆性抑制剂与酶分子结合后,酶的活性不能恢复,如汞、银、铅等重金属离子和氰化物、硫化氢。

可逆性抑制剂与酶的结合是可逆的,只要将抑制剂除去,酶活性即可恢复。

根据抑制作用的机理不同,酶的抑制作用可分为竞争性抑制、非竞争性抑制和反竞争性抑制三种。

1. 竞争性抑制

抑制剂和底物竞争与酶分子结合而引起的抑制作用称为竞争性抑制。这种抑制的特点是酶促反应的最大反应速度 V_m 不变,而米氏常数 K_m 增大。当底物浓度增加时,酶的抑制作用减弱。

2. 非竞争性抑制

抑制剂不用与底物竞争,可分别与酶分子上的不同位点结合,而引起的抑制作用称为非竞争性抑制。非竞争性抑制的特点是 V_m 减小, K_m 不变。不能通过增加底物浓度而使抑制作用逆转。

3. 反竞争性抑制

在底物与酶分子结合生成中间复合物后,抑制剂再与中间复合物结合而引起的抑制作用称为反竞争性抑制。其特点是 V_m 和 K_m 同时减小。这种抑制亦不能通过增加底物浓度而逆转。

六、激活剂的影响

能够增加酶的催化活性的物质称为激活剂。常见的激活剂有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Co^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 等金属离子和 Cl^- 等无机负离子。在酶的应用和活力测定时，应添加适当的激活剂。

第三节 酶的分类与命名

现在已知的酶约有 3000 种。为了准确地识别某一种酶，以免发生混乱和误解。在酶学研究、酶的生产和酶的应用等领域。要求对每一种酶都要有准确的名称和明确的分类。为此，国际酶学委员会（International Commission of Enzymes）做了大量的工作。

国际酶学委员会于 1956 年成立后的第一件事，就是着手研究当时混乱的酶的名称问题。在当时，酶的命名没有一个准则，往往根据酶的发现者或其他研究者个人的意见给酶定名，无可避免地引起混乱。有时，同一种酶有两个或多个不同的名称，例如，催化淀粉水解生成糊精的酶，就有淀粉酶（Diastase）、液化淀粉酶（Lique-facient Amylase）、糊精淀粉酶（Dextrine Amylase）和 α -淀粉酶（ α -Amylase）等多个名称。相反，有时同一个名称却用于两种或多种不同的酶。例如，琥珀酸氧化酶（Succinate Oxidase）这一名称，就曾经用于琥珀酸脱氢酶（Succinate Dehydrogenase）、琥珀酸半醛脱氢酶（Succinate Semialdehyde Dehydrogenase），以及 $\text{NAD}(\text{P})^+$ 琥珀酸半醛脱氢酶（Succinate = Semialdehyde Dehydrogenase $[\text{NAD}(\text{P})^+]$ 等几种酶。而高峰淀粉酶（Taka-diastase）这一名称，则来自日本学者高峰让吉的姓氏（高峰，