

《食品酶学》

第 1 章 绪论



刘娜丽

山西药科职业学院食品工程系

E-Mail : liunl2003@163.com

主要内容



1.1 酶学研究简史

1.2 酶的一般特征

1.3 酶的分类和命名

1.4 酶学对食品科学的重要性

什么是酶？



酶是生物体产生的一类具有生物催化活性的生物大分子。

1.1 酶学研究简史



酶的研究处于生物学和化学的衔接点，是一门内容广泛、发展迅速的科学。它的分支遍及很多领域，并与许多学科紧密联系，特别同生物化学、物理化学、微生物学、遗传学、植物学、农学、药理学、毒理学、生理学、医学以及生物工程的关系更为密切。由于酶独特的催化功能，近年来已在食品、轻工、化工、医药、环保、能源和科学研究等各个领域得以广泛应用。

1.1.1 酶的早期研究

4000 多年前，人们就已经在酿酒、制饴、制酱等过程中不自觉地利用了酶的催化作用。

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，就必须使用麴和蘖。麴是指长了微生物的谷物，蘖是指发了芽的谷物，它们都含有丰富的酶。这些都说明了酶的应用首先是从食品生产开始的。

西方各国在 **17** 世纪也有了关于酶的记载。

A Stone relic showing a whole brewing process
in Eastern Han Dynasty (25 A.D. -- 220 A.D.)



然而，人们真正认识酶的存在和作用，是从 19 世纪开始的。1833 年法国化学家 Payen 和 Persoz 从麦芽汁提取物中首次发现了淀粉酶，他们将这种由酒精沉淀后得到的可使淀粉水解成可溶性糖的物质命名为淀粉糖化酵素，并指出了它的热不稳定性，初步触及了酶的一些本质问题。

到 19 世纪中期，科学家们已陆续发现了胃蛋白酶、多酚氧化酶、过氧化物酶和转化酶等。



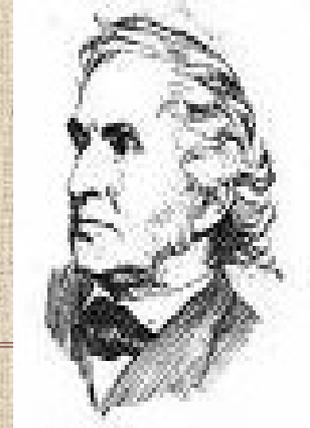
1855年，Schoenbein 在植物体内发现了过氧化物酶，由此解决了愈创树脂变色的难题。随后在1856年，Schoenbein 又在蘑菇中发现了另外一种酶——多酚氧化酶，能够在氧存在的条件下催化反应生成有色氧化物。

另外，在这个时期，许多科学家发现酶的催化作用与酵母在发酵期间的作用相似，因而微生物学家巴斯德（Pasteur）和化学家李比希（Liebig）提出了两种不同观点。



巴斯德
(1822-1895)
微生物学的奠基人

李比希
(1803—1873)
德国化学家
化学教育改革家
有机化学创始人
农业化学之父



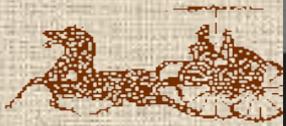
- 提出分子不对称性理论，开创了立体化学研究的途径。
- 创立了发酵的生物学理论，
- 低温消毒技术（巴氏杀菌）
- 免疫学 -- 预防接种，研制出狂犬疫苗

从1901年到1910年最早的十次诺贝尔化学奖获得者中，李比希的学生就有七位。

关于发酵本质的长期论战

巴斯德主张：发酵和活细胞有关，酒精发酵是酵母细胞生活的结果。

李比希认为：发酵及其他类似过程，是由于化学物质的作用，纯粹是化学过程。



Eduard Buchner
(1860-1917)

1907年诺贝尔化学奖

通常以 Buchner(布氏)漏斗而留名



Hans Buchner
(1850-1902)

德国细菌学家

1897年，布希纳两兄弟 (Eduard Buchner & Hans Buchner) 成功的从酵母细胞分离出具有发酵作用的物质，能使糖发酵。他们当时的兴趣是制备用于治疗疾病的酵母无细胞提取物，这些提取物的保存必须不加防腐剂，例如不能加酚。于是他们决定试用蔗糖，这是在烹调化学中常用的防腐剂。他们得到了惊人的结果：酵母汁液迅速将蔗糖发酵产生了酒精。

这说明巴斯德和李比希的两种观点实质上是一致的。生物化学就是在解决发酵本质的著名论战中产生的。

Enzyme 的词源



而“酶”（**Enzyme**）的概念，是由德国科学家**Kuhne**在1878年首先提出用以表示未统一名称的已知的各种酵素。这个词（**enzyme**）本身的意思是“在酵母中”，起源于希腊语，其中**en**表示“在之内”，**zyme**表示酵母或酵素。

1.1.2 酶催化的专一性



在大量实验研究的基础上，**Fischer** 于 1894 年提出了“锁和钥匙”模型，成功解释了酶的催化反应机制。酶催化专一性理论研究的另一重要成就是 1959 年 **Koshland** 提出的“诱导契合”理论，以解释酶的催化理论和专一性，同时也搞清了某些酶的催化活性与生理条件变化有关。

1.1.3 酶学的理论研究



20 世纪初期，定量描述酶作用的方法得到了很大发展。1902 年 Henri 和 Brown 各自独立地提出了以下观点：在固定酶浓度的条件下，逐步增加底物浓度而得到的反应速度—底物浓度的饱和类型曲线是由于形成酶—底物中间络合物的结果。

1913 年，Michaelis 和 Menten 提出中间产物学说，推导出酶促反应动力学方程，即著名的米氏方程，定量地描述酶的上述性质：

$$V=V_{\max}[S]/K_m+[S]$$



而 20 世纪 50 年代起酶学理论方面的研究也十分活跃，在蛋白质（或酶）的生物合成理论方面获得了许多突破性进展。1955 年，Sanger 等报道了胰岛素中氨基酸排列的次序以及荷尔蒙的分子量为 6000，这是在测定蛋白质一级结构上的第一次突破。1957 年 Kornberg 等人发现 DNA 聚合酶并进行 DNA 复制的系列研究。



20 世纪 50 年代开始，由于分子生物学和生物化学的发展，对生物细胞核中存在的脱氧核糖核酸（DNA）的结构与功能有了比较清晰的阐述。70 年代初实现了 DNA 重组技术或称克隆技术，极大地推动着食品科学与工程的发展，也促使酶学研究进入新的发展阶段。



另外，近 20 年来的研究发现，除蛋白质以外，**核糖核酸 (RNA) 也有催化活性。**例如，1982 年 Cech 等人在四膜虫的 RNA 分子中发现一个具有自身切接功能的片段，称之为“内含子”，它可以从前体 RNA 中特异地把与它本身相同的片段（413 个核苷酸）切下来，然后把剩余的 RNA 部分重新接起来。切下的片段环化成为具有催化活性的 RNA，称之为核酸类酶或催化活性 RNA。这个结果使酶的传统概念受到了挑战，提出酶并不一定是蛋白质的问题。我们究竟是否把 RNA 看作酶，或是酶是蛋白质的概念应该改变，随着科学研究的发展，相信在不久的将来会得到解决。

1.1.4 酶的纯化和固定化



酶的纯化在 1920 年后取得了重大的突破。1926 年美国人 **Sumner** 首先从刀豆中获得了不负载任何其他催化剂的脲酶蛋白质结晶，从此确立了酶的化学本质是蛋白质的观点，为酶的理化特性研究奠定了基础。

20 世纪 30 年代掀起了酶结晶研究的热潮。最有代表性的成果是 1930 年至 1936 年间 **Northrop** 等人制取了胃蛋白酶、胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶和羧肽酶 A 的结晶。至此人们已经获取了上百种酶的结晶，另外还有超过 600 种酶被提取纯化。

酶的纯化和固定化



从 20 世纪 50 年代开始，酶及产酶细胞的固定化技术从酶学理论到生产实践得到了迅速的发展。

1953 年，德国科学家 Grubhofer 和 Schleith 首先将聚氨基苯乙烯树脂重氮化，将淀粉酶、胃蛋白酶、羧肽酶和核糖核酸酶结合，制成固定化酶，有效地进行了酶的固定化研究。

1971 年，出现了固定化菌体技术，70 年代后期人们开始运用固定化细胞技术生产胞外酶。

酶的纯化和固定化



到了 80 年代中期，固定化原生质体技术则被用于生产胞内酶，以去除细胞壁扩散的障碍。酶固定化技术的发展也引起了食品、发酵工业一场大变革。

美国在 20 世纪 70 年代初开始采用这一新技术，使玉米淀粉经酶法液化、糖化、异构化和固定化后，成功地工业化生产第一代、第二代和第三代高果糖浆，代替蔗糖作为可口可乐和百事可乐等饮料食品的甜味剂，提高了饮料质量，是一项非常成功的技术创新。

酶的纯化和固定化



目前为止，已发现自然界存在的酶有 3000 多种，但真正形成工业规模生产的只有几十种。因此，当今食品酶学的研究开发具有广阔的发展前景。

随着酶生产的发展，酶的应用越来越广泛。在生产应用过程中，人们逐渐发现酶的稳定性较差、不能重复使用等不足之处。于是，为了更好地发挥酶的催化功能，人们开始尝试对酶进行分子修饰，即通过各种方法，使酶分子结构发生某些改变，从而使酶的某些特性和功能发生改变，以满足人们对酶应用的要求。其方法之一就是固定化酶的研究。

1.1.5 酶工程的发展



自 1969 年日本的千畑一郎首次在工业上应用固定化氨基酰化酶从 DL-氨基酸生产 L-氨基酸后，学者们开始用“酶工程”这个新名词来代表有效地利用酶的科学技术领域。而近 20 多年来，在酶和细胞固定化技术发展的同时，其他酶分子修饰技术也在不断发展进步。此外，酶的化学合成、人工模拟，以及各种酶的应用技术研究，使酶工程不断向广度和深度发展，显示出广阔而诱人的前景。

1.2 酶的一般特征



酶既然是生物催化剂，它就具有催化剂一般的特征。酶和一般催化剂一样，只能催化热力学上允许进行的反应，因为在反应中其本身不被消耗，因此有极少量就可大大加速化学反应的进行。它对化学反应正逆两个方向的催化作用是相同的。所以它可以缩短平衡到达的时间，而不改变反应的平衡点。

但酶和一般催化剂比较，又有其不同之处。

1.2.1 酶的催化效率高



酶的一个突出的特点是催化效率极高。同一反应，酶催化反应的速度比一般催化剂催化的反应速度要大 $10^6 \sim 10^{13}$ 倍。有极少量酶就可催化大量反应物发生转变。



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 $6 \times 10^4\text{mol}$ 双氧水分解。

在相同条件下， 1mol 过氧化氢酶却可催化 $5 \times 10^6\text{mol}$ 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。

1.2.2 酶作用的专一性



酶的另外一个特点是它具有高度的专一性。酶对其所作用的物质（称为底物）有着严格的选择性。一种酶仅能作用于一种物质，或一类分子结构相似的物质，促其进行一定的化学反应，产生一定的反应产物，这种选择性作用称为酶的专一性。酶的专一性是酶的特性之一。



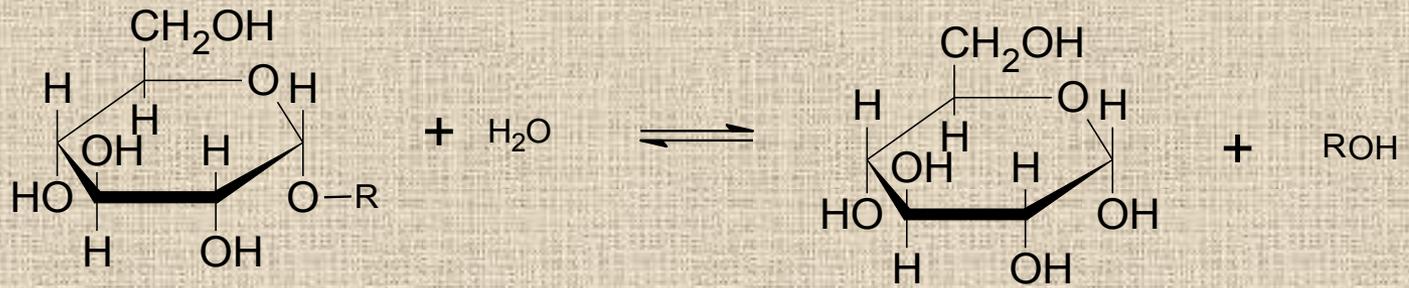
例如，蛋白酶只能催化蛋白质的水解，酯酶只催化酯类的水解，而淀粉酶只能催化淀粉的水解。若用一般催化剂，对作用物的要求就不那么严格，以上三类物质都可以在酸或碱的催化下水解。



1.2.2.1 键专一性

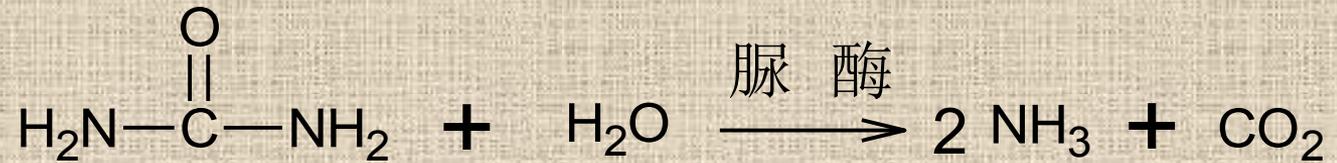
- ◆ 这种酶只对底物分子中其所作用的键要求严格，而不管键两端所连基团的性质。例如，酯酶可以水解任何酸与醇所形成的酯，它不受酯键两端基团 **R** 和 **R'** 的限制。





1.2.2.2 基团专一性

- ◆ 有些酶对底物的要求较高，它们不但要求底物具有一定的化学键，而且对键的某一端所连的基团也有一定的要求。例如， α -葡萄糖苷酶能催化任何 α -葡萄糖苷的水解：此酶要求底物必须是D-葡萄糖通过 α -糖苷键所形成的糖苷，但并不要求R基团的性质。胰蛋白酶能够催化水解碱性氨基酸，如精氨酸或赖氨酸的羧基所形成的肽键，而对此肽键氨基端的氨基酸残基没有什么要求。



1.2.2.3 绝对专一性

- ◆ 这类酶具有高度的专一性。它们对底物的要求很严格，甚至有时只能催化一种底物，进行一种化学反应。
- ◆ 例如脲酶只能作用于尿素，催化其水解产生氨及二氧化碳。而对尿素的各种衍生物，一般均不起作用。



此外，过氧化氢酶只能催化过氧化氢的分解，琥珀酸脱氢酶只能催化琥珀酸脱氢生成延胡索酸。凝血酶只能水解蛋白质分子中精氨酸残基的羧基与甘氨酸残基的氨基所形成的肽键，因而这些酶对于其所作用的底物都具有高度的专一性。



1.2.2.4 立体异构专一性

- ◆ 几乎所有的酶对于立体异构体都具有高度的专一性。即酶只能催化一种立体异构体发生某种化学反应，而对另一种立体异构体则无作用。例如乳酸脱氢酶能催化 L- 乳酸脱氢变为丙酮酸，对 D- 乳酸则无作用。
- ◆ D- 氨基酸氧化酶能作用于各种 D- 氨基酸，催化其氧化脱氢，但对 L- 氨基酸则毫无作用。



1.2.3 大多数酶的化学本质是蛋白质

酶是由生物活细胞产生的有催化能力的蛋白质，只要不是处于变性状态，无论是在细胞内还是细胞外都可发挥催化作用。目前在食品工业应用的酶也都是蛋白质。

紫外线、热、表面活性剂、重金属盐以及酸碱变性剂等能使蛋白质变性的因素，往往也能使酶失效。酶本身能被水解蛋白质的蛋白质水解酶分解而丧失活性。



酶在生活细胞中产生，但有些酶被分泌到细胞外发挥作用。如人和动物消化管中以及某些细菌所分泌的水解淀粉，脂肪和蛋白质的酶，这类酶称**胞外酶**。

其他大部分酶在细胞内起催化作用，称为**胞内酶**。这些酶在细胞内常与颗粒体结合，并有着一定的分布。如线粒体上分布着三羧酸循环酶系和氧化磷酸化酶系，而蛋白质生物合成的酶系则分布在内质网的核糖体上。

1.3 酶的分类和命名



1833年 Payen 和 Persoz 发现麦芽提取液的酒精沉淀物中包含一种热敏性物质可将淀粉水解变为糖，由于其能从不可溶的淀粉颗粒中分离出可溶性的糊精，他们将此物质命名为“**diastase**”意思是“分离”（中文现译为“淀粉酶”），这样随意的方式成为酶命名的开端，后来命名一种酶时常加词尾“**ase**”。



在随后的很长一段时间里，出现了各种各样的命名方式。

有根据纯化后酶的**颜色**来命名的，如老黄酶（**old yellow enzyme**）；

有根据酶的**来源**命名的，如无花果蛋白酶（**ficin**），胃蛋白酶（**pepsin**）；

有根据酶**作用的底物**来命名的，如果胶酶（**pectase**）。



1955 年，为避免酶的命名混乱，当时的国际生物化学协会（现发展为国际生物化学和分子生物学联合会，**IUBMB**）决定成立了国际酶学委员会（**Enzyme Commission**）以规范酶的命名。

<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>

IUBMB Nomenclature Home Page - Microsoft Internet Explorer

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏(A) 工具(T) 帮助(H)

地址(Q) <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/> 输入中文, 直接搜索 转到 链接

Google 古代酿酒 开始 已拦截 807 个 拼写检查 发送至 古代酿酒 设置



INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY

Recommendations on Biochemical & Organic Nomenclature, Symbols & Terminology etc.

<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>
World Wide Web material prepared by G. P. Moss
[Department of Chemistry, Queen Mary, University of London,](#)
Mile End Road, London, E1 4NS, UK
g.p.moss@qmul.ac.uk

To search the database [click here](#).

If the table below is unusable check this button for an alternative presentation

What's Here and What's New	Changes to Published Documents for World Wide Web Presentation	Home page for IUBMB
--	--	-------------------------------------

Full text of [IUBMB Nomenclature Committee](#) Recommendations

Enzyme Nomenclature	EC 1 Oxidoreductases	EC 2 Transferases
EC 3 Hydrolases	EC 4 Lyases	EC 5 Isomerases
EC 6 Ligases	Supplements	Proposed New Enzymes New
Enzymes Kinetics	Multiple Forms of Enzymes (Isoenzymes)	Multienzymes

完毕 Internet

酶学委员会提出的命名规则



酶学委员会提出以酶所催化的化学反应性质作为酶的分类和命名规则的主要依据，每一种酶都给以三个名称：系统名，惯用名和一个数字编号。

系统名要求能确切地表明底物的化学本质及酶的催化性质，它包括两部分，底物名称及反应类型。若酶催化的反应中有两种底物起反应，则这两种底物均需表明，当中用“：”隔开，例如多酚氧化酶其系统名称为：1,2-苯二酚：氧 氧化还原酶。

惯用名



惯用名不需要非常的精确，要求比较简短，使用方便，一般根据酶所作用的底物名称、催化的反应性质、酶的来源或其他特点来进行命名。许多酶的惯用名是沿用系统命名之前就使用的名称。

酶的数字编号系统



酶的数字编号系统根据酶所催化反应的类型将酶分为 6 大类，并以 4 个阿拉伯数字来对每一种酶进行编号。例如乙醇脱氢酶，编号为 EC 1.1.1.1。EC 是指酶学委员会（Enzyme Commission）。第一个数字代表酶的 6 个大分类，以 1，2，3，4，5，6 来分别代表如下 6 大酶类：



- (1) 氧化还原酶 (**Oxidoreductases**) 催化氧化还原反应 ;
- (2) 转移酶 (**Transferases**) 催化分子间基团转移的反应 ;
- (3) 水解酶 (**Hydrolases**) 催化水解反应 ;
- (4) 裂合酶 (**Lyases**) 催化非水解地除去底物分子中的基团及其逆反应 ;
- (5) 异构酶 (**Isomerases**) 催化分子的异构反应 ;
- (6) 连接酶 (**Ligases**) (也称为合成酶) 催化两分子连接的反应, 反应中酶与 **ATP** 的一个焦磷酸键相偶联。

同工酶的命名：



同工酶是指在生物体内或组织中催化相同反应而具有不同分子形式（包括不同的氨基酸序列、空间结构等）的酶，这种分子形式差异是由于酶蛋白的编码基因不同，或者虽然基因相同，但基因转录产物 mRNA 或者其翻译产物是经过不同的加工过程产生的。国际生化协会同工酶分委员会建议同工酶的名称根据他们在电泳中分离的位置确定，从电泳中向着阳极移动最远的酶开始依次编号。

酶名称的使用建议:



系统名一般都比较长，使用起来不方便，在许多场合下仍采用惯用名。但在科技文献中，当一种酶作为主要研究对象时，应在文中第一次出现时标明其系统名、数字编号以及酶的来源。

例如乙醇脱氢酶在文中**第一次**出现时应标明“乙醇： NAD^+ 氧化还原酶（**EC1.1.1.1**），来源于酵母”，其后则可以使用惯用名“乙醇脱氢酶”。如果酶不是文献中的主要研究对象（例如只是作为试剂使用），则只需在第一次出现时在惯用名后的括号中标明酶的数字编号如“乙醇脱氢酶

（**EC1.1.1.1**）”。

1.4 酶学对食品科学的重要性



酶的应用已有几千年的历史，尽管那时人们并没有任何有关催化剂和化学反应本质方面的知识，但在这些食品的制作加工过程中，人们已经开始不自觉地利用微生物细胞产生的各种酶的催化作用。例如：在酿造中利用发芽的大麦转化淀粉，用破碎的木瓜树叶包裹肉以使肉嫩化，都是古代食品制备中应用酶的例子。而这些利用酶进行食品生产的古老技术也已代代相传至今。



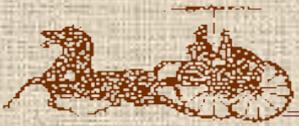
酶学和食品科学的关系是十分密切的。早在科学家们最初开始研究消化、发酵和水解反应中的酶时就都涉及到了食品。很长时间以来，食品科学家们对酶在食品中的各种作用，尤其是导致食品变质败坏的酶作用进行了细致研究，而近几十年来随着酶研究的不断深入和酶生产的快速发展，酶在食品科学的重要性日益凸现。

1.4.1 酶对食品加工和保藏的重要性



- (1) 控制动植物原料中的酶
- (2) 利用酶的催化活性进行生产活动

(1) 控制动植物原料中的酶



动植物和微生物生长发育的过程中，伴随着许多重要的酶催化反应的发生和作用。

植物采摘或动物屠宰后，体内的酶催化作用仍然在继续进行，直至酶系的底物耗尽或 pH 不再适合反应进行时才终止。

因此利用酶的这一性质，人们即可以通过控制食品原料中的酶活力有效改善食品原料的风味和质地结构。

控制方法



控制酶活力的方法主要是热处理法和冷冻法。

在不损害食品原料品质的前提下，适当地对其进行热处理，能够在一定程度上降低原料中微生物产生的酶的活力。

进行热处理加工时可将过氧化物酶残留量作为指标以确定果蔬产品最适热处理条件。通过冷冻法使食品处于低温环境下，也能够降低酶活力延长食品保藏期，但在冷冻前必须预先将原料热处理，否则解冻后酶活将会显著回升。

(2) 利用酶的催化活性



另外，酶作为一种反应的催化剂，在食品加工及保藏的应用中，有着其他物理或化学手段无法比拟的优越性。首先，它不会有任何有害残留物质；其次，由于酶催化反应有着高度的专一性和高效性，酶制剂用量小，经济合算；第三，酶催化反应条件温和，食品营养成分损失少，易于操作且能耗较低。因此，酶制剂在食品工业中的应用开始得很早，且成效显著，研究也相当活跃。



例如葡萄糖氧化酶作为除氧剂普遍应用于食品保鲜及包装中，延长食品保质期。除氧是食品保藏中的必要手段，葡萄糖氧化酶是一种对氧非常专一理想的除氧剂，能够有效防止食品变质，而对于已经发生的氧化变质作用，它也可以阻止其进一步发展。另外，葡萄糖氧化酶又具有酶的催化专一性，在除氧的同时不会与食品中其他物质发生作用。



溶菌酶能够水解细菌细胞壁肽聚糖的 β -1, 4 糖苷键，导致细菌自溶死亡，并且溶菌酶在食盐、蔗糖等溶液中稳定，耐酸耐热性强，因此非常适宜用于各种食品的防腐。它对多种细菌有抗菌作用，还能杀死肠道腐败球菌增加抗感染力，同时还能促进婴儿肠道双歧乳酸杆菌增殖，促进乳酪蛋白凝乳利于消化。溶菌酶对人体完全无毒副作用，是天然安全的食品防腐剂。

1.4.2 酶对食品安全的重要性



食品是人类赖以生存和发展的物质基础，而食品安全问题则是关系到人民健康和国计民生的重大问题。

近几年来，酶制剂工业迅速不断地发展。特别是随着生物科技的日新月异，人们已经能够通过基因工程手段改造部分微生物基因，从而改变酶蛋白的基本结构，达到强化酶在某方面功能特性的目的。然而，这种做法也给食品酶的应用带来很大的安全隐患。



所有新鲜食品当中都富含各种酶类，相当数量的酶会随人们食用食品而摄入人体内。在摄入的酶中，不仅有动物和植物来源的，而且还有微生物来源的。作为微生物来源的食品酶制剂，通常除了包括酶蛋白本身以外，还含有微生物的代谢产物，以及添加的保存剂和稳定剂。如果将加入食品中的酶看作为食品添加剂，那么就应该考虑到卫生和安全方面的问题。



酶作用会使食品品质特性发生改变，甚至会产生毒素和其他不利于健康的有害物质。由于在生物材料中，酶和底物处在细胞的不同部位，故仅当生物材料破碎时，酶和底物的相互作用才有可能发生，此外酶与底物作用也受到环境条件的影响。

有时本身无毒的底物会在酶催化降解下转变成有害物质。例如，木薯含有生氰糖苷，虽然它本身并无毒，但是在内源糖苷酶的作用下，产生氢氰酸。十字花科植物的种子以及皮和根含有葡萄糖芥苷，葡萄糖芥苷属于硫糖苷，在芥苷酶作用下会产生对人和动物体有害的甲状腺肿素。



虽然一些酶的作用会产生毒素和有害物质，但是我们也可以利用酶的作用去除食品中的毒素。例如，利用乳糖酶预先处理乳制品，可以有效缓解或消除人体因消化乳糖困难而引起的胃胀气、腹痛、呕吐或拉肚子等症状。另外，由于人体内缺乏 α -D- 半乳糖苷酶和 β -D- 果糖苷酶，不能水解豆类中的一些寡糖，这不但减少了人体对一些单糖的吸收，而且这些寡糖在肠道中发酵所产生的气体还会引起人体不适，利用植酸酶作用即可显著改善这种情况。



另有研究发现， α -葡萄糖基转移酶用于甜叶菊加工，可以脱苦涩味，黄曲霉毒素 B1 经黄曲霉毒素脱毒酶处理后毒性、致畸性将极大降低。所有这些都证明酶法解毒是一种安全、高效的解毒方法，对食品无污染、有高度的选择性，且不影响食品的营养物质。

1.4.3 酶对食品营养的重要性



酶作用有可能导致食品中营养组分的损失。虽然在食品加工中营养组分的损失是由于非酶作用所引起的，但是食品材料中一些酶的作用也是不能忽视的。例如，脂肪氧合酶催化胡萝卜素降解使面粉漂白，在其他食品如一些蔬菜的加工过程中脂肪氧合酶也参与了胡萝卜素的破坏过程。



另外，在食品加工过程中，酶也参与了维生素 **B** 的破坏过程，例如，在一些用发酵方法加工的鱼制品中，由于鱼和细菌中的硫胺素酶的作用，使这些食品缺少维生素 **B**。抗坏血酸是最不稳定的维生素，在食品加工和保藏中，**Vc** 常由于酶或非酶的因素而被氧化。



同样的，我们也可以利用酶作用去除食品中的抗营养素，提高食品的营养价值，使食品中的营养素更利于人体的吸收利用。例如，由于植酸以钙、镁、和钾盐的形式存在于豆类和谷类中，易于同膳食中的铁、锌和其他金属离子形成难溶的络合物，因而使人体吸收这些元素变得困难。



此外，植酸还能同蛋白质形成稳定的复合物，从而降低豆类蛋白质的生理价值。植酸酶能催化植酸水解成磷酸和肌醇，如果在加热处理豆类食物之前，先将其粉碎并调成糊状，然后在 55°C 和 $\text{pH}5.2$ 条件下利用豆中内源的植酸酶和 $\alpha\text{-D-}$ 半乳糖苷酶分解，这样处理可以显著降低这些酶的含量。



由于豆类和谷类中植酸酶的活力通常是较低的，因此，可以外加植酸酶或富含植酸酶的小麦芽，以促进植酸的分解。近几年植酸酶还用于酿造，以改善原料中磷的利用，以及用于去钾大豆蛋白食物的生产，成为肾脏病人蛋白质的来源。

1.4.4 酶对食品分析的重要性



酶在食品分析中也有相当重要的应用。酶在定量分析中的应用可以追溯到 19 世纪中期。当时科学家们曾采用麦芽提取作为过氧化物酶源，以愈创木酚作为共底物或指示剂测定过氧化氢。然而，酶法分析真正的发展应归于它在临床实验室中的广泛应用。

淀粉的测定



早在 1914 年临床上就开始采用脲酶测定尿中的尿素，但是在临床实验室中酶分析的真正突破要推迟到 1958 年，当时转氨酶分析发展成为诊断肝病和心脏病的一个有效手段。到了 20 世纪 50 年代前已有 60 种物质能借助于酶法分析。这以后，酶法分析的进展主要取决于能否以合理的价格提供纯酶、底物和辅助因子。



酶法分析具有准确、快速、专一性和灵敏性强等特点，其中最大优点就是酶的催化专一性强。当待测样品中含有结构和性质与待测物十分相似（如同分异构体）的共存物时，要发现待测物特性或要分离纯化待测物往往十分困难。而利用仅作用于待测物的酶，不需要分离就能辨识待测组分，即可对待测物质进行定性和定量分析。所以酶法分析的样品一般不需要进行很复杂的预处理，尤其适合食品这一复杂体系。



此外，由于酶催化的高效性，酶法分析的分析速度大多比较快。目前酶在食品分析中的应用涉及食品组分的酶法测定、食品质量的酶法评价及食品卫生与安全检测等多个方面。近年来，食品酶法分析由于其的方便快捷和技术的不断发展进步，已逐渐成为食品分析检测中的一个重要分支和一种非常有效的分析手段。

1.4.5 酶与食品生物技术



食品生物技术是生物技术的重要分支学科，主要研究基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程在食品工业上的应用。酶工程的主要研究内容是把游离酶固定化，或者把经过培养发酵产生目的酶活力高峰时的整个微生物细胞再固定化，然后直接应用于食品生产过程中物质的转化。



酶不仅作为一类重要的研究对象，同时也作为重要的研究工具。例如以内切酶和连接酶作为工具酶将外源 **DNA** 或目的基因连接到载体上，获得 **DNA** 重组体，以欲改造的动植物作为受体，使重组 **DNA** 进入受体细胞，实现外源 **DNA** 的转化，从而生产出具有特定优良性状的转基因食品。



- 1、酶的一般特性有哪些？
- 2、国际酶学委员会推荐的分类和命名规则的主要依据是什么？

谢谢！

