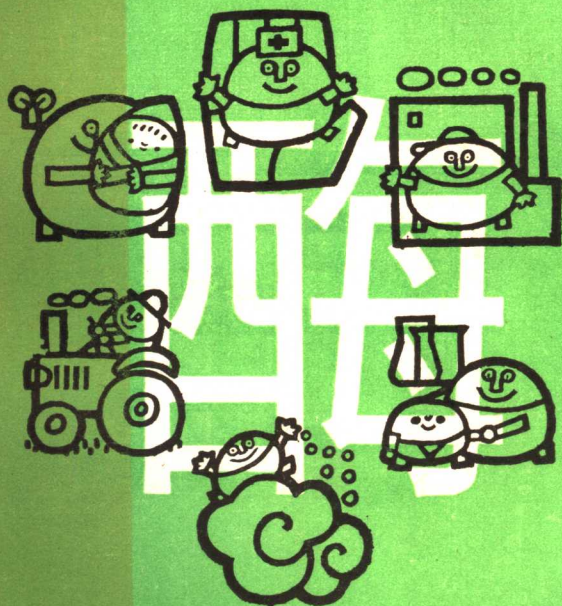


神通广大的酶

中学生文库

LENG WENKU



上海教育出版社

中学生文库



ZHONGXUESHENG WENKU

神通广大的酶

陆佩洪 编著

上海教育出版社

责任编辑 邵 弘

封面设计 范一辛

中学生文库 神通广大的酶

陆佩洪 编著

上海教育出版社出版 发行

(上海永福路 123 号)

各地新华书店经销 上海市崇明印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.75 插页 2 字数 67,000

1987 年 3 月第 1 版 1987 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—8,200 本

统一书号: 7150·3892 定价: 0.54 元

编者的话

人们常吃的米饭、馒头，多数人说味道是淡的，少数人却说味道是甜的。为什么同样的米饭、馒头，吃出来两种完全不同的味道呢？

如果我们仔细观察每个人吃饭的情景，可以看到：回答米饭、馒头是淡的人，他们吃米饭（馒头）时，常常是一大口接着一大口，几乎没有咀嚼就吞下去了。回答米饭、馒头是甜的人，他们吃的米饭或馒头往往在口里搅来搅去，是经过细嚼慢咽的。为什么不同的进食方式会产生不同的味觉呢？原因很简单，当人们在细嚼慢咽的时候，唾液把米饭或馒头里的淀粉转变成少量的麦芽糖，这样，当然会有甜的感觉。当人们囫囵吞枣般吃的时候，唾液还来不及把淀粉分解，米饭（馒头）已经下肚了，那自然会说米饭（馒头）是淡的了。

唾液是由口腔里的唾液腺和粘膜分泌的混合液体。唾液腺昼夜不停地分泌唾液，一个成年人平均每天分泌的唾液可达1~1.5升。

为了更好地证实唾液的作用，我们不妨来做一个小实验。准备一个干净的小漏斗，在漏斗里放一张折叠成直角的滤纸。把漏斗插在一只10毫升的小量筒里，然后把它拿在手里，口微微张开（口最好用蒸馏水，也可以用自来水漱干净），口角碰在滤纸上，唾液就缓缓地流出来了。



图1 收集唾液示意图

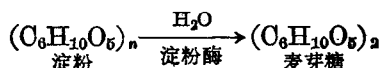
如果你的唾液流得不快，你可以试想你的面前摆着一瓶瓶香喷喷的镇江醋或者一碟碟又甜又酸的话梅。这样，不消多久，你就能收集到足够的唾液了。这是经过很多人实践总结出来的有效方法。成语“望梅止渴”，就是一个有名的例子。据说有一次曹操带领队伍行军，一路上骄阳似火，士兵们一个个唇焦咽干，多么渴望饮点水润润喉啊！曹操见到士兵们士气不佳，就说：“前面不远处有大片梅树林，结了很多梅子，又酸又甜，可以解渴。”士兵们一听说前面有梅子，口水就流了出来，不觉得口渴了。他们振作精神，队伍很快到达目的地。

收集到1毫升唾液的过滤液后，就可以取两支洁净的试管，标上号码，各加入3毫升0.5%的马铃薯淀粉溶液。在第一支试管里加入10滴唾液，第二支试管里加10滴蒸馏水，摇匀，把两支试管同时放入盛有清水的烧杯里，水温是37℃。半小时后，各加入1毫升碱性硫酸铜溶液（医院里常用来化验小便里有没有葡萄糖的试剂），分别摇匀。这时两支试管的溶液澄清，都呈蓝色。把试管放进盛有沸水的烧杯里煮。不一会，在没有放唾液的试管里的溶液，还跟没有煮时一样透明，呈蓝色。放唾液的试管却已面目全非了，溶液混浊，颜色由蓝色变成黄绿色（有时会变成橙红色）。把它放在离心机里离心，可以看到有黄绿色或橙红色的小颗粒沉积到管底。这支试管怎么会发生这样的变化呢？这是因为唾液把一部分淀粉分解成少量麦芽糖。麦芽糖能使碱性硫酸铜溶液中二价的铜离子（ Cu^{2+} ，蓝色）变成氧化亚铜沉淀（ Cu_2O ，红色或黄色，难溶于水）。

唾液为什么有这种本领？这要从唾液的组成成分说起。化学家早就作过分析，唾液里有水分、无机离子（钠、钾、钙、镁和氯离子等）和淀粉酶等。那么，哪种成分在淀粉分解中起主要作用呢？

我们把钠离子、钾离子等无机离子的溶液代替唾液，重复以上实验，结果试管里的溶液仍然保持透明的蓝色。这就证明，无机离子在淀粉变成麦芽糖时不起关键作用。我们可以再做个实验。把刚收集到的唾液倒在试管里，放入沸水杯中煮沸5分钟，取出。冷却后，加入3毫升0.5%马

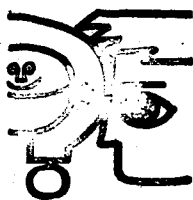
铃薯淀粉溶液，在 37°C 下保温半小时，再加 1 毫升碱性硫酸铜溶液。这时，溶液依然透明呈天蓝色。这就说明：试管里虽然有唾液和淀粉，但是淀粉酶在煮沸后失去使淀粉分解成麦芽糖的能力，所以溶液仍然呈蓝色。



由此可知，我们吃米饭（馒头）时所以感到甜，这是因为米饭（馒头）停留在我们口里的时候，唾液中的淀粉酶把它们的淀粉分解成麦芽糖的缘故。

当然，我们对酶的认识，不止这么一点。生物体每时每刻都在进行新陈代谢。换句话说，每时每刻都在发生难以计数的各种化学反应，而生物体内的各种化学反应几乎全是靠酶的作用来完成的。

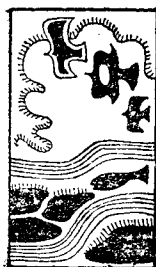
酶除了在生命活动中起重要作用外，还活跃在医院、某些工厂和广大农村中。那么，酶是怎样活跃在各个领域中的？为什么酶那么活跃？人们是怎样认识酶的？又是怎样利用它的呢？这一连串问题就是我们将来在这本小册子里讨论的。



目 录

编者的话

1. 生命离不开酶	1
消化和酶	2
呼吸和酶	6
生长和酶	9
运动和酶	12
繁殖和酶	14
光合作用和酶	20
2. 帮助医生诊治疾病的酶	25
化验单上的酶	25
处方单上的酶	29
3. 活跃在工业上的酶	35
在饴糖厂	35
在水果加工厂	38
在乳品厂	39
在蛋品加工厂	40



在肉类加工厂.....	41
在面包厂.....	42
在酒厂.....	43
在纺织工业中.....	45
在皮革厂.....	46
酶制剂工业的发展.....	47
4. 酶在农业上	52
氮循环和酶.....	52
根瘤和酶.....	55
5. 酶为什么这样神通广大.....	58
从催化剂说起.....	58
酶是特殊的催化剂.....	65
细胞中的酶.....	69
怎样使酶充分施展本领.....	74
6. 酶和维生素	77
7. 人是怎样认识酶的	83

酿酒、制酱	83
猎隼的实验	85
巴斯德和李比希	86
比希纳兄弟	88
第一个酶蛋白晶体	90
8. 酶的家谱	93
氧化还原酶类	94
转移酶类	95
水解酶类	97
裂解酶类	98
异构酶类	100
合成酶类	100
9. 生物工程和酶	102
10. 环境保护和酶	108

1. 生命离不开酶

可以说,酶是生命活动中最重要的因素。酶决定体内一切生理过程的进行方向和速度,它是所有生理变化的催化剂。

凡是生物,不论单细胞的细菌,还是绿色开花植物,或是脊椎动物,包括我们人类在内,体内都有各种各样的酶。消化、呼吸、运动、生长等生命现象,都离不开酶的积极活动。

大肠杆菌可算得上人们最熟悉的细菌。它们一代又一代地栖息在人的肠道里,通常跟人和睦相处,互通有无,吸取人体营养,同时供给人体所需要的维生素B和维生素K等。当人抵抗力下降时,大肠杆菌会引起肠炎、尿路感染等疾病。大肠杆菌很小,一个大肠杆菌身长2微米,一千个大肠杆菌总长度只有2毫米。一个大肠杆菌体重约 1×10^{-12} 克,一万亿个大肠杆菌总重量不过1克。大肠杆菌虽然小,但是它也进行新陈代谢和生长、繁殖。这跟它体内存在的多种酶密切相关。有些酶合成菌体所需要的蛋

白质、脂肪、核酸,有些酶能制造维生素。

高等生物的形态结构比大肠杆菌复杂得多,新陈代谢的过程也比较复杂,体内酶的种类比大肠杆菌的多,它的作用范围更广。就生物体所产生的酶的种类来说,到目前为止,科学家已经发现了 1500 种以上。这些酶在生命过程中起很重要的作用。

消 化 和 酶

正常人每天都要吃东西。我们的主食一般是米饭或面食(馒头、面条),副食品有鸡、鸭、鱼、肉、蔬菜,还有各类豆制品。从化学成分看,食品主要有糖类(以淀粉为主)、蛋白质和脂类三大类。一个人一生平均要吃多少食物?如以寿命为 60 年来计算,一生中大约要从食物里得到 12000 千克糖类(淀粉为主)、2200 千克蛋白质和 1000 千克油脂,它们的总量大约是人体重量(以 60 千克计算)的 250 倍。这些食物供给生命活动需要的能量,维持人的生长、发育。人们要利用食物,必须将食物先在消化道里消化。从化学的观点看,消化无非是使食物中不溶于水的大分子化合物(淀粉、蛋白质等)分解成容易溶解在水里的小分子化合物。我们一生中吃下这么多食物是怎样消化的呢?靠身体里很多很多“小化学家”——酶对食物加工的结果。如果没有这些酶,蛋白质、淀粉和脂类都不会发生变化。在我们身体内,淀粉、蛋白质、油脂能很快被消化,就是因为消化液里有消化

淀粉的淀粉酶、消化蛋白质的蛋白酶、消化脂类的脂肪酶等。

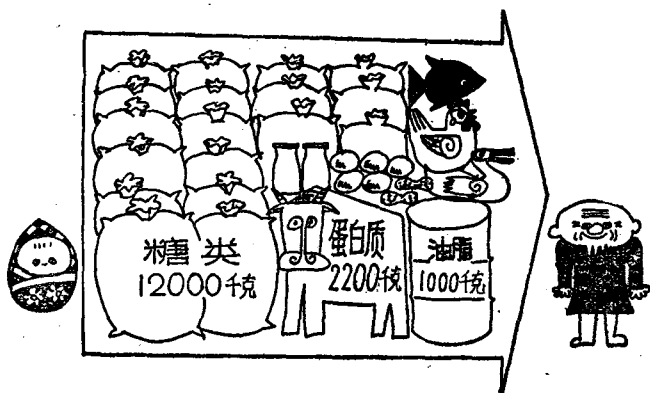


图 2 人一生所需基本营养示意图

前面已经做了唾液淀粉酶消化淀粉的实验，现在来做蛋白酶消化蛋白质和脂肪酶消化脂肪的实验。

做蛋白酶消化蛋白质实验最简便的方法可以用胰酶（含有蛋白酶）和血浆纤维蛋白做实验材料。胰酶可以买点胰酶片（多酶片也行）；血浆纤维蛋白可以自己动手加工，如果方便的话，可以准备一只杯子，去宰猪场买一杯鲜猪血。用竹筷不停地搅猪血，并不断用水冲洗，血水冲走后，一团白颜色的纤维缠绕在竹筷上。这就是我们需要的血浆纤维蛋白。为了使实验效果良好，可以用洋红染料把它染成鲜红色，保存在盛放甘油的瓶子里。把胰酶片放在试管里，加 10 毫升蒸馏水使它溶解，溶液无色透明。分一半溶液，

倒在另外一支试管里。取其中任一试管，放在沸水里煮 5 分钟，让它冷却。用镊子取少量血浆纤维蛋白，分别放在两支试管里，在 35~40°C 温度下保温。不久，没有煮沸的胰酶试管中，血浆纤维蛋白逐渐消失，溶液变成红色。在另一支试管里，红色的血浆纤维蛋白却仍然清晰可见，管中的溶液还是那样无色透明。这是因为没有煮沸的那支试管，它里面的蛋白酶使血浆纤维蛋白分解，吸附在蛋白质上的洋红染料就均匀地分布到溶液中，所以水呈红色。但是，高温会破坏酶，因此经过沸水加热的另一支试管中血浆纤维蛋白原封不动。

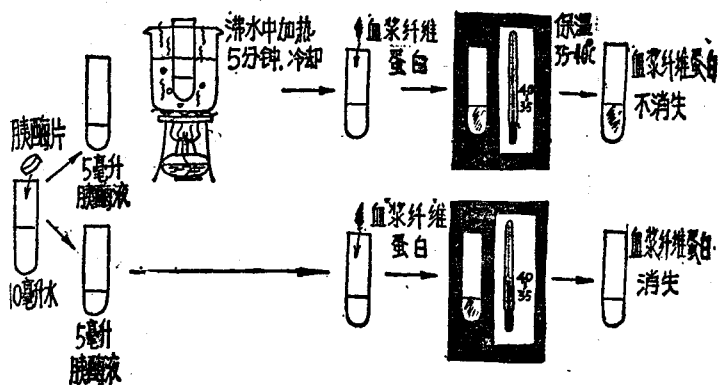
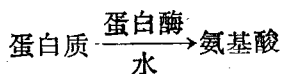
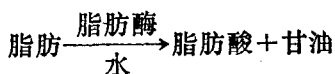


图 3 蛋白酶消化蛋白质的实验

脂肪酶消化脂肪的实验可以用胰酶片和牛奶来做。胰酶里含有脂肪酶，牛奶里含有奶油——脂肪。取少量胰酶

片，分别加在两支含有 2 毫升水的试管里。把其中一支放在沸水里煮 5 分钟，让它冷却。分别在两管里加入 5 毫升鲜牛奶和一滴酚酞（一种酸碱指示剂，酸性时没有颜色，碱性时呈粉红色），再加入几滴 1% 的纯碱（ Na_2CO_3 ）溶液，使两支试管里的溶液都变成粉红色。然后把两支试管放在 $35\sim 40^\circ\text{C}$ 的温度下保温，经常震摇试管。没有经沸水中煮的胰酶试管里溶液的粉红色渐渐退去，煮沸过的那支试管里的溶液仍然保持粉红色。这是因为脂肪酶把牛奶的奶油分解成甘油和脂肪酸，脂肪酸是酸性的，它把开始时试管里的弱碱性溶液中和了，酚酞就变成无色。煮沸的那支试管里的酶被破坏了，脂肪不能分解，溶液还是弱碱性的，粉红颜色不变。



在食物消化时，消化液里的淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶起重要作用。这三种主要酶的来源大体上是这样的：淀粉酶来自唾液和胰液，蛋白酶来自胃液、胰液和肠液，脂肪酶来自胃液和胰液。除了我们接触到的这三种主要的酶以外，还有许多酶，如分解麦芽糖的麦芽糖酶，分解蔗糖的蔗糖酶等等。

食物在消化道中接受多种酶的作用，淀粉分解成葡萄糖，蛋白质分解成氨基酸，脂肪分解成甘油和脂肪酸。这些消化产物被小肠绒毛吸收，通过血液循环输送到全身各处。

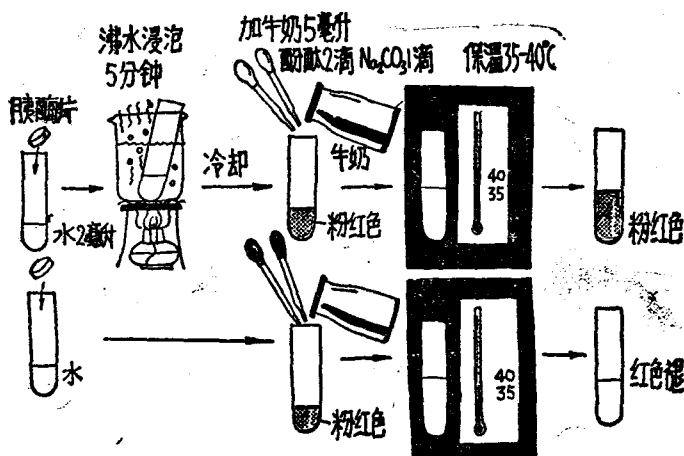


图 4 脂肪酶消化脂肪的实验

呼 吸 和 酶

人可以几周不吃饭，几天不喝水，却不能几分钟不呼吸。每个人都在呼吸，并且都在持续不断地呼吸。呼吸时，把空气里的氧气吸进体内，二氧化碳排出体外。据说，一个人一天大约要吸入1万升以上的空气。呼吸，英文中是 *breath*，这个词的另一个意义是“活着”，可见呼吸在生命活动中占有多么重要的地位。消化所以重要，因为它为我们提供了生命活动必要的燃料，而呼吸却是让这些燃料燃烧，使生命放出光芒。

这些燃料是不能自燃的，必须在氧气的协助下才能燃烧。这里的燃烧就是指氧化。有机物在体内外都可以燃

烧。例如葡萄糖和脂肪,不论在体内还是体外,燃烧后得到的产物都是二氧化碳和水。蛋白质也能燃烧,体外燃烧的产物除二氧化碳和水外,还有氨气和氮气。它在体内燃烧的产物除二氧化碳和水外,还有尿素(哺乳动物)或尿酸(鸟类)。体内外燃烧明显的区别是方式不同。体外燃烧反应剧烈,一下子就可以完成。体内燃烧则比体外温和缓慢得多。另外,燃烧时产生的能量从形式上看也不同,体外燃烧产生的能量全部是热能。体内燃烧产生的能量除热能外还有化学能。热能只能维持一定的温度,化学能则是生物生存、生长和发育所必需的能量。

生物体内有机物的燃烧是在细胞内进行的。从化学上看,也是吸收氧气放出二氧化碳,因此叫做细胞呼吸(或组织呼吸)。细胞呼吸跟我们平时讲的呼吸关系很密切,细胞呼吸中消耗的氧气是吸气时进入肺部通过血液循环运输来的,细胞呼吸中产生的二氧化碳是经过血液循环进入肺部,再由呼吸道排出体外的。

氧气是活泼的气体,它能使铁生锈,使铜披上铜绿。然而,即使使用纯氧,在体外也难氧化葡萄糖。那么,氧气进入细胞后是怎样氧化有机物的呢?原来,在细胞里有一种酶,叫做细胞色素氧化酶,它能使氧分子变得更活泼。细胞里还有另一种酶,叫做脱氢酶,它能把营养物质里的氢原子脱下来。通常,氧化酶和脱氢酶相互协作,再加其他几个成员的传递帮助,有机物脱下的氢就跟活泼的氧结合生成水。酶怎么不直接把有机物的氢原子交给氧分子?这因为氧分