

酵素—生命的觸媒劑

徐學崢

(浙江大學醫學院)

從17世紀起到18世紀末這一段時期裏，機械唯物論曾經支配了歐洲的思想界，那時的科學還在比較幼稚的階段，主要的科學就是機械科學。因此，機械唯物論的觀點貫串了整個科學，就是生物科學亦不能例外。譬如17世紀法國的笛卡兒用機械規律來說明動物的生活現象。18世紀法國的拉美特利用機械規律來解釋人體的生理現象，他甚至於寫了一本書，名叫“人就是機械”。這種觀點和說法到今天我們還時常可以聽到。他們得意地把人體比擬成一個機器，食物就是它的燃料，燃料燃燒結果所產生的能量，推動這個機器進行工作。根據這個觀點，以前的生物學家總以為生物個體成長後，它的組織細胞以及所有器官是極少變化的，這個機器的零件除了因工作中隨時受到損耗而需要修補外，其他則為穩定不變的構造。

到今天，生物學家知道了體內實際的狀況絕不是這樣！差不多體內所有組織細胞無時不在變化中。舊的被否定了；新的在生長在發展：我們體內的紅血球每一秒鐘就死去了數百萬個，但在同一秒鐘內也有數百萬個紅血球在新生中。就因為這樣，我們體內循環的紅血球總數才能維持相當的恒定。我們還知道每個紅血球的壽命大約是三個月，換句話說，我們體內的紅血球經三個月後全部換成了新的。

這是種生生死死的變化過程，血漿中的蛋白質分子進行得更快了：舊的在分解，在沒落；新的在合成，在發展。兩者以精密不差的速度進行着，血漿中這些千千萬萬的蛋白質分子，每四個星期全部都變換了！

這種分子間的變化，甚至在比較堅實的組織中，亦似在血液中一樣，迅速地在進行着。體內儲藏着的脂肪、結締組織、肌腱及韌帶、血管壁、肌

肉，甚至於骨骼都時刻在變化着。在不停的代謝作用中，無千的分子鏈在分裂，在接合。

這樣，辯證法唯物論的觀點便戰勝了形而上學唯物論的觀點，因為只有它才能科學地完全地反映了事物活動的規律和真像。

生物化學的反應依照對立統一規律在進行着。但絕大多數生物化學反應當其在體外時，並不能自動進行作用，而在體內時，則進行得迅速而順利。這就說明了在身體內必有某種可以促進化學反應的物質的存在。凡能促進某一化學反應而本身不作變化的物質統稱為觸媒劑，這種作用就叫做接觸作用。生物體需要它來幫助形成新的組織，幫助將食物分解成為簡單可吸收的物質。這些生物體內的觸媒劑我們就叫它“生物觸媒劑”，或普遍地叫它為“酵素”。

酵素在化學反應過程中，本身是不起變化的，它只因損耗或中毒而破壞。實驗告訴我們，這個生物化學反應的經紀人參加了每個生命現象的過程，它是植物光合作用的決定因素，它使秋季的樹葉變成了紅色和黃色，使蘋果和洋薯新切開的表面變成了棕色。也就是它使葡萄汁變成了酒，使麥芽汁變成了威士忌。但在整個化學反應過程中，它所參加的一步却是這樣朦朧難解的，以致歷時一兩世紀才搞清了一些基本的原理。

早期的摸索 18世紀初年以前的人們，都認為消化系統是一個食物的磨研器，由於它強有力的收縮運動將食物磨研成了小粒，這樣便算完成了消化的過程。這個觀念到了法國科學家萊蒙爾 (René de Raumur) 的實驗才被駁倒了。他把食物放進穿有細孔的金屬小管內，讓老鷹吞下去，因為有金屬小管保護着，食物不會被消化道的收縮而磨碎。這樣在老鷹胃裏停了幾個小時後，萊蒙

爾再把小管拉出來，結果看見小管完好如初，但管中的食物却完全消化了。稍後，意大利的生理學家斯潘拉柴尼(Iazaro Spallanzani)做了和萊蒙爾大體相似的實驗，先在動物，後來他就自己吞下來試驗了！在1780年發表的論文中，他提議說：食物是由於胃液內存在的某些物質將它分解了的，並說這些物質中有一種就是鹽酸。到了1835年，德國的生理學家齊駝·舒橫(Theodon Schwann)發現了胃液內的非酸物質，他叫它為“胃液素”(即胃脛酶 Pepsin)，雖然他是這樣命名了，但“胃液素”却仍是一個化學上的謎！

25年後，法國政府委托巴斯德(Louis Pasteur)研究酒變酸這一問題。巴斯德研究結果說，如果在滅菌的條件下，酒永遠不會變酸。並且證明說，這是由於細菌產生乳酸結果所引起的一種“疾病”。這件工作引導了巴斯德進行關於酒精發酵整個過程的徹底的研究。他發現了發酵作用是“無氧的生命”；釀母菌消化醴類的工作是爲了它本身的營養。

到了1878年，德國生理學家區納(Willy Kühne)首先提議用“酵素”(Enzyme)這個名字，這字從字面上是“在釀母菌內”的意思。但區納指明酵素只指那些無生命的酵母，如“胃液素”等物質。因此，一直到1897年以前，生物學者同時用兩個字：“酵素”指如胃液素等物質，“酵母”(Ferment)指活的個體內存在的那些東西。

這種劃分以及許多“生機論”者的爭論被德國的蒲黑納(Eduard Buchner)幸運的偶然的發現推翻了。蒲氏的實驗證明了它們原來就是同一類的東西，根本就不需要酵素、酵母這樣的去劃分！

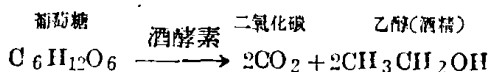
第一個結晶酵素 美國康乃爾大學的詹姆斯索姆納(James B. Sumner)經過了九年勤勞的努力，從洋刀莖結晶出一個酵素叫“脲酶”(Urease)它可以把代謝廢物的脲分解。和其他酵素的定名一樣，“脲酶”以它作用的物質命名的(酶就是酵素的意思)。

脲酶證實是一種蛋白質，分子量是483,000。脲酶既經發現了它正確的結晶方法後，便很容易製作了。但並不是所有酵素都可用同一步驟使其分離，每個酵素都需要經過特別的化學技術。胃液素的結晶就麻煩多了，這件煩重的工作是諾士樂潑(John H. Northrop)於1930年完成的，離開舒

橫首次給這物質命名將近百年。

到今天止，已經結晶出了四十餘個酵素中，沒有一個不是屬於蛋白質的。

酵素的工作 從糖發酵製成酒精，是酵素掌管化學反應最好的例子。從葡萄糖到酒精的過程，最初是用下面簡單的方程式代表它：這個方程



式只說明了這樣一個事實：一分子的葡萄糖經釀酶(Zymase)的觸媒作用產生了兩個分子的二氧化碳及二個分子的乙醇。到今天知道發酵作用並不是這樣簡單的過程，至少有12個酵素直接和它有關係。

葡萄糖分子是以成鏈的六個碳原子爲骨幹而建造起來的，分裂這個鏈是發酵過程中具有決定性的一步，需要三個酵素來替它作準備工作，另外九個以上的酵素則完成形成乙醇其餘的全部過程。

葡萄糖碳原子鏈的分裂是所有生物化學作用中最重要的一個環節，要分裂它需要大量的化學能量，這種能量的供給者是一種化學物質叫腺嘌呤核苷三磷酸(Adenokinetriphosphate—簡寫A.T.P.)，這物質由於包含有三個極不穩定的磷酸，故易分離，當其分離時即放出大量的能量，由於這些能量便可進行葡萄糖分子的分裂工作，以致完成整串的發酵過程。

腺嘌呤核苷三磷酸不但供給分裂葡萄糖分子鏈的能量，另外如肌肉的收縮(與發酵過程大部相似)，神經細胞的綜合醣醯胆鹼，螢火蟲及其他動物個體的發光，其所需的能量都由腺嘌呤核苷三磷酸供給。最後，許多單細胞個體的運動，如精子游向未受精卵的運動，亦與這個酵素系統有關。

酵素是怎樣進行工作的 水是大部分生物化學反應進行的媒液。各種物質的分子在水中始終不停地運動，碰撞。當分子互相碰撞時，偶亦可能成立化學反應，但這樣的機會是極少極少的，原因是由於分子的構造是比較穩定的緣故。當加入適當的酵素以後，成立反應的機會便大大地增加了，但這並不是由於酵素增加溶液中分子運動的速度，也不是由於增加分子互撞的頻率，而是酵素能將底質(被酵素作用的物質叫底質)分子鏈間的力量減弱，當它與其底質分子結合時，它就歪曲

了底質分子原來的構造形式。在有些例子中證明可由於移去幾個電子使底質分子成為帶電的游子，這樣底質分子就從穩定狀態變成極易發生作用的狀態了，亦就是說成立反應的可能性大大地增高了。

酵素最明顯的一個特點，就是它在作用上有極嚴格的種別性，這就是說酵素對於基質有極嚴的選擇。它可要求僅作用於某一定原子排列的分子——即異構體(Isomers)，亦可僅選擇某一定的化學鍵而不管何性質的分子，但亦有酵素必須一定的鍵及一定性質的分子才有作用。

關於種別性的說明，在今天比較有些實驗基礎的就是所謂“鎖鑰學說”(Lock-key theory)，酵素分子好比是一把“鎖”，底質好比是一個“鑰匙”，要打開一根鎖，必須要一定式樣的鑰匙。酵素作用需要一定的基質亦同樣可這樣去理解。

酵素與醫藥 酵素與醫藥有很多有趣而重要的關係。酵素不但促進卵的發育過程，對於受精現象亦有極稀奇的關係。一個未經受精的人卵，外面包有由琉璃醣胺基酸(Hyaluronic acid)所組成的堅韌的薄膜，而精子就恰好帶有專破裂這種酸的酵素，叫琉璃醣胺酸酶。我們知道最後鑽進卵內完成受精過程只有一個精子，但今天有事實證明，一個精子單獨所攜帶的琉璃醣胺酸酶是不足以破裂卵膜的，那些千千萬萬沒有幸運能鑽進卵內的精子都貢獻出了它們自身所帶的酶，共同用以破裂卵膜，而只讓一個精子勝利地衝入卵內，完成了生命過程的第一步。故要受精過程能够成功，需要千萬的精子作為犧牲的無名英雄，雖然最後進入卵內的只有一個精子。最近有些醫師們報道說少數患不孕症的病人，當給以額外的琉璃醣胺酸酶時，即得到了正常的懷孕。這說明了某些人的不能懷孕，可能由於缺少適量的琉璃醣胺酸酶的緣故。

酵素又與某些傳染病的毒素有關，如魏氏桿

菌能釋放出一種酵素叫卵磷脂酸酶(Lecithinase)，因此它能將構成紅血球膜的卵磷脂分解以致破壞了整個紅血球。在某些毒蛇的毒素內亦包含有卵磷脂酶，故入人體後使紅血球大量解體以致死亡。

許多藥物的作用亦通過了酵素的關係。我們知道磺胺胺(Sulfanilamide)所以對細菌的生長有抑制作用，完全由於它的分子構造與“對胺基苯甲酸”(縮寫 P.A.B，它是維他命乙的組成分子，對於細菌的生長是必要的。)十分相似，所以細菌便不能區別兩者的差異，以致把磺胺胺也作為它生長必需的食料，當它發現這是假的維他命時，磺胺胺已經進到了它體內的酵素系統而影響了它正常的工作。所以磺胺胺劑能抑制細菌生長，便靠着能冒充維他命的招牌而成功的！

酵素與化學工業 酵素除了上面這些事例外，還有很多實用的價值。由於改良菌種的培養，以及與其有關酵素的研究，使得釀造工業的效能大大地提高了。發酵過程還可利用來製造許多工業化學品。德國在戰時因脂肪嚴重缺乏，化學家們發現了亞硫酸氫鈉可以使釀母不把葡萄糖變成酒精而變成為甘油，甘油就可拿來製造爆炸物。經由細菌的酵素作用，馬鈴薯的澱粉可變成丁醇，丁醇不但是工業上有用的溶劑，而且是製造人造橡皮時必需的一種化學物品。

經過酵素的幫助，我們得到了熱用氣體、肥料，並從溝渠和工業廢物中取得了許多其他有用的物質。它柔化了橡樹皮，把穀類澱粉變成為果汁和糖。許多化粧品，織物和烘乾工業的產物也都由酵素的幫助而製造成功。

酵素——這個生命的觸媒劑，由於它，完成了人類生命開始的一幕——受精作用；由於它，維持了綺麗煥爛的生命的火花；也由於它，死亡後個體的物質經分解作用而返回了大自然，從這裏新的個體吸取了它所需的一切物質，用以合成，組織年青一代的新生命。