

目 录

第一章 緒 論.....	1
第二章 蛋白質的化學.....	2
第三章 酶.....	14
第四章 維生素與激素.....	22
第五章 物質代謝總論.....	30
第六章 醣的代謝.....	32
第七章 脂類的代謝.....	49
第八章 蛋白質的代謝.....	62
第九章 生物氧化.....	79
第十章 代謝過程的亞細胞定位相互聯系及激素調節.....	94

第一章 緒 論

本章扼要叙述生物化学的内容，并指出医学生物化学的特点。

第一节 生物化学的研究对象和目的

生物化学的研究对象是生物体；目的是了解：①生物体的物质组成，②这些组成物质在体内的化学变化，以及伴随这些变化而发生的能量变化及转移，即物质代谢过程。但生物化学的目的并不限于了解这些自然现象，而是根据这些知识，去调节生物体的物质代谢过程，使其生长、发育及繁殖更为合理，并去改造自然界，使其更适合于人类的生存。

医学生物化学的特点是：①先了解正常人体的物质代谢、血尿成分以及各种器官组织的生理机能与物质代谢的关系，②然后以某些明确而与生物化学有密切关系的病变情况为对立面，与正常者进行比较；比较的目的是为学习临床诊断、治疗及预防医学打基础。

第二节 生物化学发展的三个阶段

一、叙述生物化学。这一阶段的工作主要是分析生物体内各种组织的物质组成，以解释其物理、化学及生物学性质。例如血液的分析等。

二、动态生物化学。这一阶段的工作是在叙述生物化学的基础上研究生物体内组成物质的代谢变化，以及酶、维生素、微量元素及激素等在代谢过程中的作用。例如血红蛋白的带氧及放氧。

三、机能生物化学。这一阶段的工作是在叙述和动态生物化学的基础上研究代谢过程与生理机能的结合，并注意环境条件对于生物体内代谢过程的影响。代谢与机能的结合不独可以阐明代谢过程的生理意义，也可以为生理机能奠定物质基础。例如血红蛋白的带氧及放氧与 O_2 及 CO_2 运输及酸碱平衡的关系。

四、上述三个发展阶段相互衔接，相辅相成。

章 三 节 解放后我国生物化学的发展

一、解放前的情况。廿世纪初期，我国生化学家在血液分析，蛋白质化学、免疫化学及营养学等方面都做了一些初步工作；但当时的反动政府不给予支持，所以未能得到发展。

二、解放后的情况。解放后，由于党的领导及关怀，确定科学为无产阶级政治服务，理论与实践相结合的方针，生物化学这一学科乃在百花齐放，百家争鸣的旗帜下蓬勃发展，例如高等院校中生物化学专业的设置、生物化学研究机构的建立。近年来，生物化学工作者已经在危害人民健康的主要疾病，如血吸虫病、克山病、肿瘤、心血管疾病等方面开展研究工作；胰岛素的人工合成亦已接近成功。这些成就都是和党的领导分不开的。

第四節 本課程的內容

一、生物化學的基礎。本課程先學習蛋白質的化學及維生素的化學；然後在蛋白質化學及維生素化學的基礎上學習酶的化學及作用機制。其次是簡單學習激素的化學及其生理功用。

二、物質代謝及能量轉移。在了解酶的作用機制及激素的功用後，本課程進而學習醣、脂類、蛋白質及水鹽的代謝以及激素的調節作用。伴隨這些代謝過程而發生的能量代謝則是生物氧化的一項重要內容。疾病時代謝過程的失調和紊亂也在討論正常代謝時扼要提出，以資比較。

三、不同組織器官的物質組成、代謝變化及生理功能。在了解正常代謝的一般過程之後，本課程進而學習血液、腎臟、肝臟、神經、肌肉等器官組織的代謝特徵及其與功能的關係。了解這些器官組織功能失調與代謝紊亂的關係是學習臨床學科的重要基礎。

第二章 蛋白質的化學

生物體的主要組成物質是蛋白質；蛋白質也是生命的物質基礎。所以本章首先討論蛋白質的理化性質，為學習以後章節建立基礎。

蛋白質是一種高分子物質，分子結構極為複雜，生理功能多種多樣。其基本組成單位是氨基酸，其性質也有一部分與氨基酸相同。所以本章先敘述氨基酸的分子組成及理化性質，然後推述蛋白質的分子組成、理化性質、分子結構以及結構與功能的關係。

核蛋白是以核酸為輔基的結合蛋白質，具有重要的生物學性質，所以本章也討論其核酸部分的分子組成、結構及理化性質。

第一節 蛋白質在生命過程中的重要性

一、蛋白質是生命的物質基礎。生物體內的各種組織，除含水外，若不是全由蛋白質組成，則或多或少含有蛋白質。恩格斯說：“我們所知道的最低等動物，剛剛只是單純的蛋白塊，可是這些生物已經表現了一切基本的生活現象。”

催化體內代謝變化的酶是蛋白質。調節代謝變化的某些激素是蛋白質或多肽。運動是肌肉中蛋白質分子相對滑動的結果。生物體所需要的氧氣是由血紅蛋白輸送。遺傳信息是借核蛋白傳遞。免疫作用與體內的一種蛋白質有關等等……。

由此可見蛋白質不獨是體內的一種組成成分，在功能上也是體內不可缺少的一種物質。它可以使體內的代謝變化協調，器官運行有節，外來的侵襲受阻，遺傳的特徵延續。換言之，蛋白質是生物體賴以生存的物質基礎。

二、人體各種器官組織的蛋白質含量及其在病變時的改變。人體干重的45%是蛋白質。脾、肺、肌肉的蛋白質含量較高；骨、牙及脂肪組織較低（見表2:1）。疾病時，各種器官組織的蛋白質含量改變。例如營養不良時，肝的蛋白質含量顯著下降；患傳染病時，血清中的球蛋白含量增高；貧血時，血中的血紅蛋白含量降低。

表 2:1

人体各种器官組織的蛋白質含量

器官与組織		蛋白質的含量		器官与組織		蛋白質的含量	
		干組織中 含量, %	占体内蛋白質 总含量的%			干組織中 含量的%	占体内蛋白質 总含量的%
皮	肤	63	11.5	肺	脏	82	3.7
骨	骼	28	18.7	脾	脏	84	0.2
牙	齿	24	0.1	腎	脏	72	0.5
横	紋肌	80	34.7	胰	脏	47	0.1
脑及神經	組織	45	2.0	消	化道	63	1.8
肝	脏	57	3.6	脂	肪組織	14	6.4
心	脏	60	0.7				

第二节 蛋白質的分子組成

蛋白質的生物学重要性, 已如上述。其分子組成有何特征?

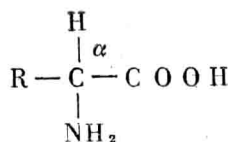
一、蛋白質的元素組成。含 C 53%, H 7%, 氧 22%, 氮 16%, 还含少量其他元素, 如 S、P、Fe、Cu 等。与其他有机化合物相比, 蛋白質并无奇异的元素組成; 惟其含氮百分率 (16—18%) 相当恒定, 故常可测定生物样品中氮的含量以估計其蛋白質含量。

二、蛋白質的水解。蛋白質可被酸、鹼或酶水解成为氨基酸。氨基酸是蛋白質分子的基本組成单位。組成蛋白質的天然氨基酸約廿余种; 在結構上, 他們具有一个共同的特点, 即氨基与 α 碳原子相連, 故統称为 α 氨基酸。

表 2:2

几种蛋白質的氨基酸組成百分数

氨基酸	酪蛋白	蛋清蛋白	白明胶	蛋絲蛋白	血紅蛋白
甘氨酸	0.5	1.9	25.5	44.4	0.4
丙氨酸	3.0	3.0	8.7	16.4	4.0
絲氨酸	7.7	7.4	0.4	13.5	5.5
胱氨酸	0.3	1.9	0.2	0	0.7
蛋氨酸	3.4	5.1	—	0	1.4
纈氨酸	6.5	5.8	0	—	8.6
亮氨酸	9.7	10.0	7.1	0.9	17.6
谷氨酸	23.3	17.5	5.8	—	6.1
天門冬氨酸	6.1	8.1	3.4	—	8.8
精氨酸	4.3	5.9	8.2	0.7	3.7
賴氨酸	7.6	5.0	5.9	0.3	8.6
組氨酸	2.1	2.4	1.0	0	8.0
酪氨酸	6.7	4.3	0	13.2	2.7
色氨酸	1.2	1.5	0	—	1.1



三、几种常見蛋白質的氨基酸組成。根据分离及鉴定，很多种蛋白質的氨基酸組成百分数已經确定（見表 2:2）。但这些氨基酸如何在蛋白質分子內相联，构成何種結構則須进一步探索。

第 三 节 氨基酸的分类及理化性质

一、氨基酸的分类（見表 2:3）

1. 脂肪族氨基酸

(一) 一氨基一羧基酸

- (1) 不含特殊基团者，如甘氨酸、丙氨酸等等。
- (2) 含羟基者，如絲氨酸、苏氨酸。
- (3) 含 S 者，如半胱氨酸、蛋氨酸等。

(二) 一氨基二羧基酸，如天門冬氨酸、谷氨酸。

(三) 二氨基一羧基酸，如精氨酸、賴氨酸。

2. 芳香族氨基酸，如苯丙氨酸、酪氨酸。

3. 杂环氨基酸

(一) 杂环亚氨基酸，如脯氨酸、羧脯氨酸。

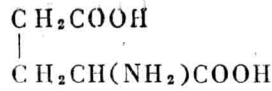
(二) 其他杂环氨基酸，如組氨酸、色氨酸。

4. 其他氨基酸，如甲状腺素、鳥氨酸、瓜氨酸、天門冬酰胺、谷氨酰胺、γ 氨基丁酸等等。

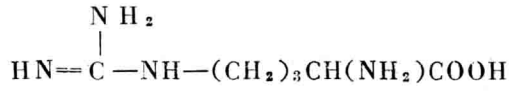
表 2:3 几种主要氨基酸的化学結構式

氨基酸	結構式
甘氨酸	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$
✓ 丙氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
纈氨酸	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
亮氨酸	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
异亮氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
絲氨酸	$\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
苏氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
◦ 半胱氨酸	$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
◦ 胱氨酸	$\begin{array}{c} \text{S}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ \\ \text{S}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \end{array}$
◦ 蛋氨酸	$\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
✓ 天門冬氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COOH} \\ \\ \text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \end{array}$

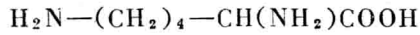
✓ 谷 氨 酸



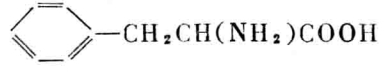
◦ 精 氨 酸



賴 氨 酸



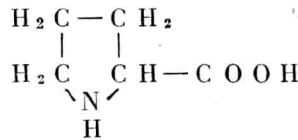
苯 丙 氨 酸



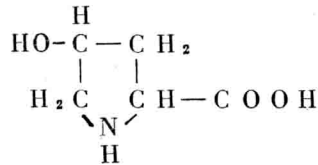
◦ 酪 氨 酸



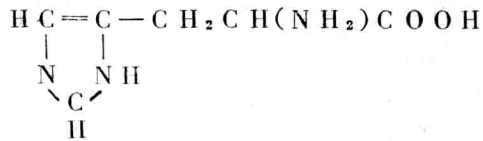
脯 氨 酸



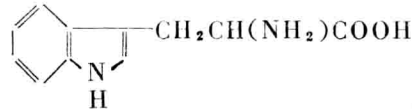
羧 脯 氨 酸



組 氨 酸

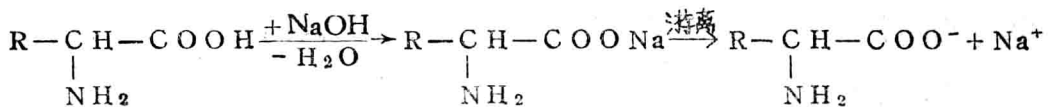
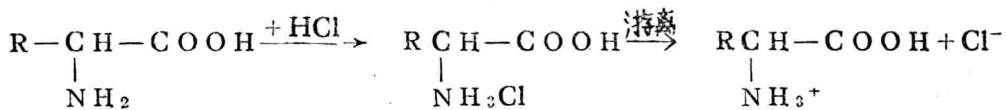


色 氨 酸

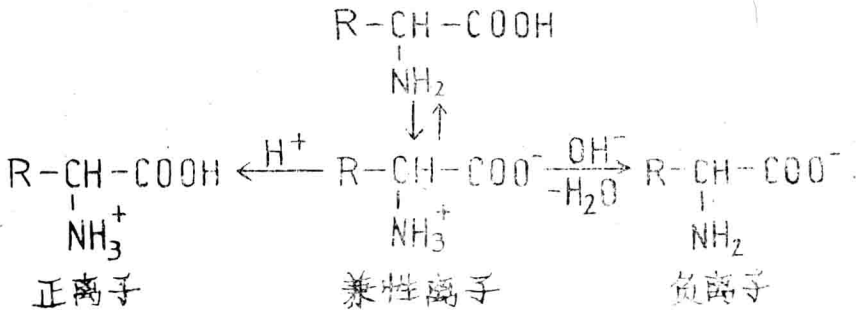


二、氨基酸的理化性質。氨基酸的特性是它在同一分子上含有鹼性的氨基 ($-\text{NH}_2$) 及酸性的羧基 ($-\text{COOH}$)。因此此二基团在同一分子上存在，而其酸鹼性質相反，故氨基酸具有下列主要理化性質：

1. 成盐反应。氨基酸所含的 $-\text{NH}_2$ 及 $-\text{COOH}$ 能分别与酸或鹼結合成盐。

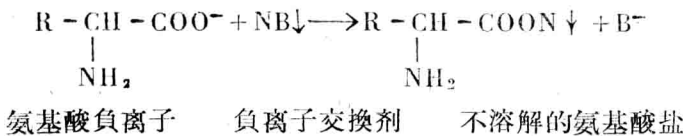
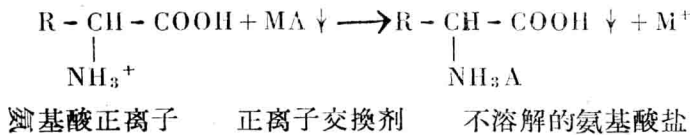


2. 两性游离及等电点。氨基酸与酸或鹼結合生成的盐能够分別游离成为正离子或負离子。换言之，氨基酸的一NH₂基能在酸性环境中与H⁺結合而成为一NH₃⁺正离子；氨基酸的一COOH基能在鹼性环境中与OH⁻結合以生成水，失去H⁺而成为一COO⁻負离子。

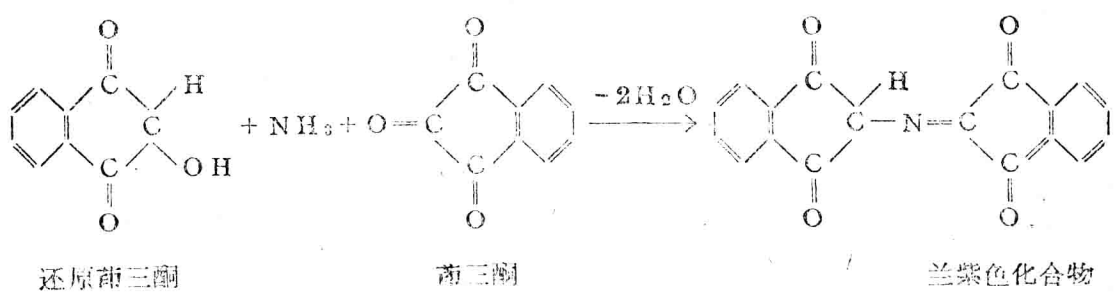
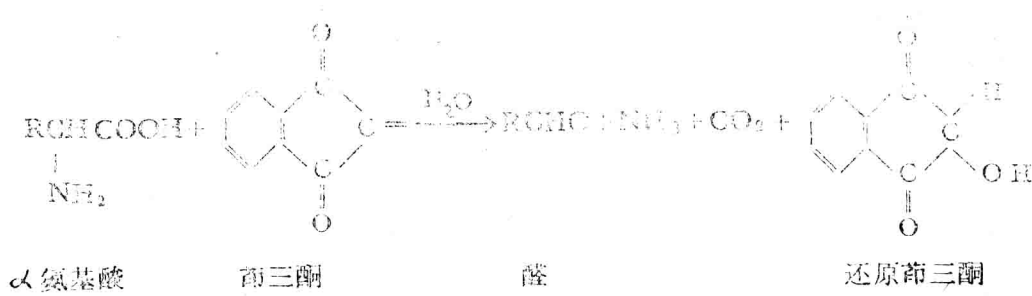


根据上述，可見氨基酸的游离方式决定于所处环境的pH。在某一pH的环境中，某种氨基酸游离成为正或負离子的趋势可能相等，即游离成为兼性离子；或根本不游离，即以中性分子的形式存在于此环境中。此时环境中的pH值称为該种氨基酸的等电点。氨基酸的等电点决定于其所含一NH₂及一COOH的数量及游离程度，也受一NH₂及一COOH以外其他基团的影响；一般近于pH. 6.0。天門冬氨酸及谷氨酸含酸性的羧基較鹼性的氨基多，故其等电点較低，一般称为酸性氨基酸。精氨酸及賴氨酸含鹼性的氨基較酸性的羧基多，故其等电点較高，一般称为鹼性氨基酸。

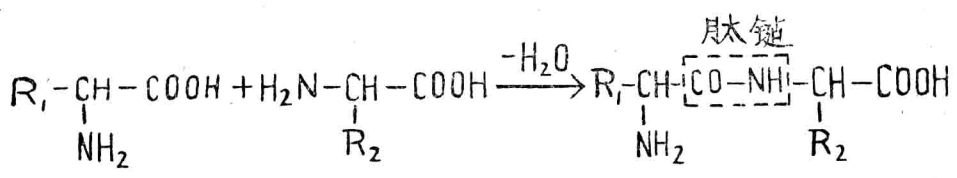
3. 离子交换反应。氨基酸的正离子及負离子能分別在酸性或鹼性环境中与某些溶解度極小的电解质（离子交换剂）的正离子或負离子进行交换而成为不溶解的氨基酸盐。



4. 茚三酮反应。 α 氨基酸与茚三酮共同加热，則被氧化生成氨，CO₂及相应的醛；此时茚三酮被还原。还原的茚三酮还可与NH₃及另一分子茚三酮縮合，成为兰紫色的化合物。此兰紫色化合物顏色的深浅可以作为 α 氨基酸定量分析的依据。



5. 肽的生成。两分子氨基酸可借一分子所含的 $-\text{NH}_2$ 与另一分子所含的 $-\text{COOH}$ 去水缩合，成为最简单的肽，即二肽。

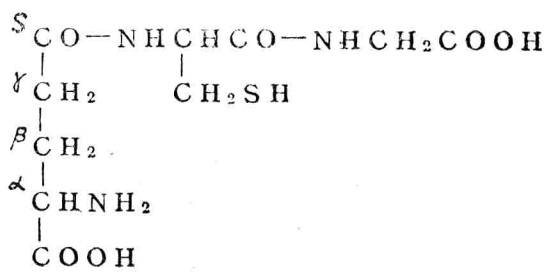


上列二肽分子中的 $-\text{CO}-\text{NH}-$ 称为肽键。二肽仍含有自由的 $-\text{NH}_2$ 与 $-\text{COOH}$ ，故能同样借肽键与另一分子氨基酸缩合，成为三肽。三肽再借肽键与氨基酸相连，则可顺序生成四肽、五肽等等以至多肽。多肽分子中氨基酸相互衔接，形成长链，称为肽链。肽链中的氨基酸分子因脱水缩合而稍有残缺，故称氨基酸残基。

第四节 肽

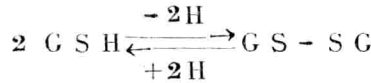
自然界中有肽链长短不同的肽存在：

一、谷胱甘肽。动植物细胞均含有之。



谷胱甘肽 (δ 谷氨酰半胱氨酰甘氨酸，常以 GSH 代表之)

谷胱甘肽所含的-SH 基極為活潑，能進行可逆的氧化還原反應，故可能參予細胞內的生物氧化過程，



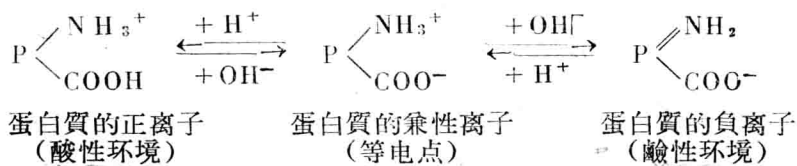
二、某些激素。某些激素是肽類化合物。例如催產素是八肽；加壓素是八肽；β 促黑色細胞素是廿二肽；胰高血糖素是廿九肽；促腎上腺皮質素是卅九肽；胰島素是五十一肽等。

第五節 蛋白質的理化性質

組成蛋白質的氨基酸借肽鍵相聯，所以蛋白質也是一類多肽；不過蛋白質所含的氨基酸數量常較肽類為多。

蛋白質分子仍含有自由的-NH₂ 及 -COOH，故其一部分性質與氨基酸者類似，如兩性游離、等電點等。但蛋白質的分子量遠大於氨基酸，故其另一部分性質則與氨基酸者完全不同，如膠體性質、變性、沉澱、凝固等。

一、幾種與氨基酸類似的重要性質——兩性游離及等電點。蛋白質分子中有少數自由的鹼性-NH₂ 基及酸性-COOH 基，故與氨基酸相似，能在酸性環境中游離成為正離子，在鹼性環境中游離成為負離子，亦能在其等電點的環境中，游離成為兼性離子或不游離。不同蛋白質的等電點不同；但大多數接近於 pH5。某些蛋白質（如魚精蛋白及組蛋白）含鹼性氨基酸較多，其等電點較高。在體液中（pH 約 7.4），大多數組織蛋白質游離成為負離子，因體液對大多數組織蛋白質是一種鹼性環境。



二、幾種與氨基酸不同的重要性質。

1. 分子量。蛋白質是由幾百個甚至幾萬個氨基酸分子組成的高分子化合物，分子量很大，約在幾萬至幾千萬的範圍之內（見表 2:4）。

表 2:4 利用沉降速度測定的幾種蛋白質分子量

蛋白質	來源	分子量	蛋白質	來源	分子量
乳清蛋白	牛奶	17,400	血清清蛋白	馬血	70,000
麥膠蛋白	小麥	27,500	血清球蛋白	人血	140,000
乳球蛋白	牛奶	35,200	甲狀腺球蛋白	甲狀腺	650,000
蛋清蛋白	鷄蛋	44,000	矮枝病毒	蕃茄	7,600,000
血紅蛋白	人血	68,000	斑紋病毒	菸葉	40,000,000

2. 胶体性質。蛋白質可在水溶液中形成亲水胶粒，具有各种胶体性質，如不能通过生物体内的各种膜等。蛋白質所形成的胶粒亲水，故其周围常有水化层。此水化层可将胶粒隔开，使其不相接触，从而維持胶粒的稳定。

蛋白質胶粒可因其本身的游离或周围其它离子的附着而带有电荷，故能在电場中向电荷相反的电極泳动；此种現象称为电泳。在电場中，蛋白質的电泳速度主要决定于其分子的大小及其所带电荷的多寡。在不同蛋白質的混合液中，不同蛋白質常可借其电泳速度的快慢不同而彼此分离。

蛋白質胶粒所具有的水化层及电荷是此胶粒的二种稳固因素。水化层可将胶粒互相隔开；电荷則可使胶粒互相排斥。隔开及排斥均可使胶粒悬散稳定而不凝集下沉。消除这两种因素（例如用乙醇等脱水剂脫去水化层，加电解質中和其电荷），則蛋白質胶粒凝集下沉；此即蛋白質的沉淀作用。

3. 沉淀作用。

(一) 盐析（即加盐使蛋白質自溶液中析出）。加大量鹼金属的中性盐（如硫酸銨、硫酸鈉、氯化鈉等）可使蛋白質自其等电点溶液中沉淀析出。盐析不同蛋白質所需的盐浓度不同，故調节盐析所用的盐浓度，常可将某一种体液所含的几种蛋白質分离。此盐析分离法亦称为分段沉淀法。例如血清中的球蛋白可在硫酸銨浓度达到半飽和和时沉淀析出，清蛋白則可在硫酸銨浓度达到全飽和时沉淀析出。

(二) 重金属盐及某些酸对蛋白質的沉淀作用。氯化汞、硝酸銀、醋酸鉛等重金属盐能与蛋白質的—C O O H基結合而成为不溶解的沉淀物。鎢酸、苦味酸、三氯醋酸等能与蛋白質的—N H₂基結合而成为不溶解的沉淀物。

(三) 有机溶剂对蛋白質的沉淀。乙醇及丙酮等有机溶剂能破坏蛋白質胶粒的水化层而使其沉淀。

4. 蛋白質的变性。蛋白質受某些物理或化学因素（如加热、强酸、强鹼、乙醇、丙酮、X射綫等等）影响后，分子內部的副鍵裂开，結構松懈。此时理化性質（如溶解度等）改变，生物学活性（如酶、激素、抗体等的活性）亦因之消失。此即蛋白質的变性作用。

蛋白質被强酸或强鹼变性后，仍能溶于强酸或强鹼溶液中。若将此强酸或强鹼溶液的pH中和至蛋白質的等电点，則变性蛋白質結絮下沉。此即蛋白質的結絮作用。如再加热，則絮状物变成比較坚固的凝块；此凝块不易再溶于强酸或强鹼溶液中。此即蛋白質的凝固作用。

蛋白質的变性有重大的实际应用意义。例如制备生物制品則須設法避免变性，以保持制品的生物活性；預防传染病則須設法加强变性，以达到消毒的目的。

关于变性作用的机制，我国的生物化学家曾作过許多研究工作，并于1931年提出一个国际公認最为合理的学說。根据此說，天然蛋白質借其分子中副鍵（如氢鍵）的联系而形成一种紧密、有規則的立体构型；变性作用則可使这种結構中的副鍵裂开，从而使其原有的构型松懈，性質改变。

第六节 蛋白質的分子结构

一、蛋白質分子的一級結構。一級結構即是指肽鏈中氨基酸的銜接次序而言。測定氨基酸在肽鏈中的銜接次序可自肽鏈的任何一端开始，逐步分离而鉴定之。肽鏈的一端含有自由的氨基称为氨基末端或N末端；另一端含有自由的羧基，称为羧基末端或C末端。此二端的氨基酸残基的性質不同，可与不同的標誌物質相联。相联后，再将肽鏈部分水解，即知末端

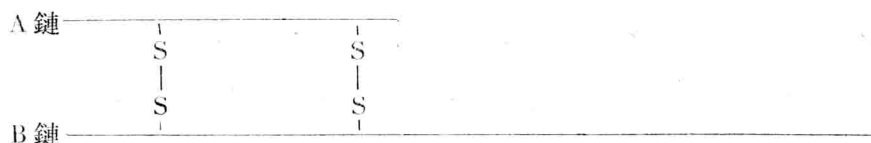
的氨基酸为何种。如此逐步深入，挨次分离，再加以併合比較，即可得知許多种比較簡單蛋白質（如胰島素等）分子中的氨基酸銜接次序。

并余种天然的 α 氨基酸按照銜接次序的先后不同，可以联成很多同分异构的肽鏈。已知的肽鏈可分为下列三种类型：

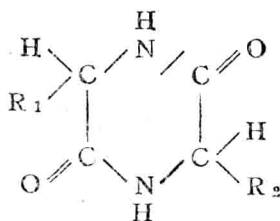
1. 开鏈多肽。例如胰高血糖素是由 29 个氨基酸残基組成的开鏈多肽；其氨基末端的氨基酸残基为組氨酸，羧基末端的为苏氨酸，中間 27 个氨基酸残基的銜接次序亦已确定。

2. 并联的开鏈多肽。例如胰島素是由 A 及 B 二条开鏈多肽并联組成。A 鏈含有氨基酸残基 21 个；B 鏈含有氨基酸残基 30 个。此 A 及 B 二鏈又借其所含半胱氨酸的一 S H 基形成二个二硫鏈而并联。由于党的关怀和领导，我国的生物化学家在人工合成胰島素上已作出超国际水平的工作。

除二硫鏈外，二条或二条以上的开鏈多肽还可借氢鏈、盐鏈或酯鏈并联而形成束状。



3. 环状多肽。肽鏈两端的自由氨基及自由羧基常可脱水縮合，成为环状多肽。最簡單的环状多肽是由二个氨基酸分子構成的二嘧啶。



二、蛋白質分子的立体結構。肽鏈可以按照一定方式，盤旋而成为螺旋形的立体結構。在螺旋的圈与圈之間，氢鏈起了維系和固定作用。

三、蛋白質分子的結構与功能的关系。蛋白質分子的結構極為复杂，其功能亦因之多种多样；并且結構与功能之間具有一定的关系。

① 一定的結構与一定的功能。生物体内的任何一种蛋白質都具有一定的結構，也具有一定的功能。例如血紅蛋白与胰島素的結構不同，功能各异。血紅蛋白可以运输 O_2 及 CO_2 ；胰島素則可調节糖的代謝。

② 結構的細微差异对于功能的影响。不同种属动物的同一种蛋白質，其結構虽有細微差异，其功能則常相同。例如牛、猪及羊的胰島素，其肽鏈的氨基酸組成稍有差异，其調节糖代謝的功能則完全相同。但同一种动物的同一种蛋白質，其分子結構若稍有异常，則其功能可能失常而表现为疾病。例如镰刀型細胞貧血症患者的血紅蛋白，在其分子所含的 574 个氨基酸中，只有 2 个与正常血紅蛋白者不同。

第七节 蛋白质的分类

組成蛋白質的氨基酸已知者約卅余种。在蛋白質分子中，每种氨基酸約几十个至几万个。这些不同氨基酸又可按照不同的排列組合方式，联成不同的肽鏈。肽鏈又可按照不同的盘旋折叠方式，形成具有不同立体結構的蛋白質分子。由此可見蛋白質的种类繁多。种类虽多，但可根据其化学組成的复杂程度及某些理化性質而分为单纯蛋白質及結合蛋白質两大类。

一、单纯蛋白質。单纯蛋白質只由氨基酸組成，不含任何其他物質。所以单纯蛋白質水解时只生成氨基酸。例如卵清蛋白、血清清蛋白、血清球蛋白、魚精蛋白、組蛋白、硬蛋白及谷类种子所含的谷蛋白和醇溶谷蛋白等。这些单纯蛋白質的理化性質各不相同。例如清蛋白的分子量小于球蛋白，能溶于水及中性盐的稀溶液中；球蛋白則不溶于水，而只能溶于稀盐溶液中。

二、結合蛋白質。結合蛋白質是由单纯蛋白質与另一物質結成。此另一物質称为結合蛋白質的輔基。例如血紅蛋白即是由球蛋白（一种单纯蛋白質）与其輔基血紅素結成；核蛋白是由一种单纯蛋白質与其輔基核酸結成；醣蛋白是由一种单纯蛋白質与其輔基黏多醣結成；脂蛋白是由一种单纯蛋白質与其輔基磷脂及胆固醇等結成。

近年有人認為，生物体内所含的蛋白質均为結合蛋白質。所謂单纯蛋白質，經严格分析后，均含有微量非蛋白質物質，如金属等。

第八节 核 蛋 白

核蛋白是以核酸为輔基的結合蛋白質，与許多生物現象（如遗传、生长、发育等）及疾病（如分子疾病等）有关，所以本章特別将其提出討論。

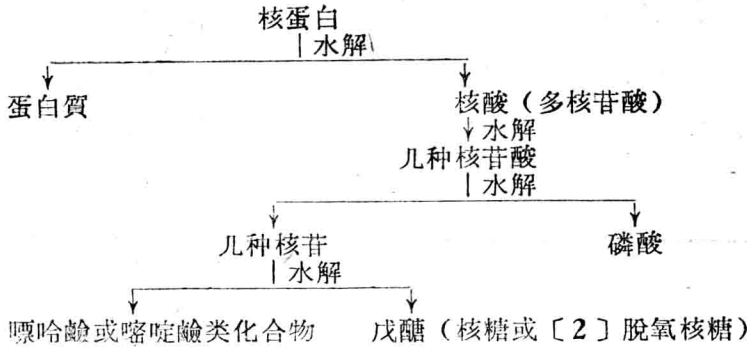
一切細胞均含有核蛋白。因其先在細胞核中被发现，故称核蛋白，实則細胞質也含有之。染色体的大部分是核蛋白。許多种可致病的結晶病毒是核蛋白；噬菌体也是純淨的核蛋白。核蛋白的分子量很大，約在几千万左右；其輔基核酸的含量也高低不同，約由1%至50%（見表2:5）。

一、核蛋白的水解。核蛋白經酸或酶水解后，生成蛋白質及核酸。核酸含有核糖者称为核糖核酸（RNA），含有〔2〕脫氧核糖者称为脫氧核糖核酸（DNA）。細胞質中的核蛋白是以RNA为輔基。細胞核中的核蛋白則多以DNA为輔基，也有一小部分以RNA为輔基。

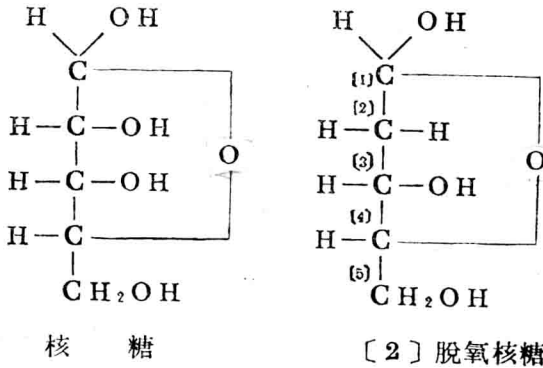
表 2:5 几种普通病毒的核酸含量

病 毒	RNA %	DNA %	病 毒	RNA %	DNA %
流 行 性 感 冒	1	—	脊 髓 灰 質 炎	30	—
馬 腦 炎	4	—	蘿 卜 枣 色 斑 紋 病	75	—
烟 草 斑 紋 病	5	—	烟 草 环 斑 病	40	—
苜 蓿 斑 紋 病	15	—	牛 痘	—	6
番 茄 丛 矮 病	17	—	Stopec 乳 头 瘤	—	9
蚕 豆 斑 駁 病	18	—	飞 蛾 多 边 形 病	—	13
烟 草 坏 死 病	18	—	噬 菌 体 (T ₂)	—	44

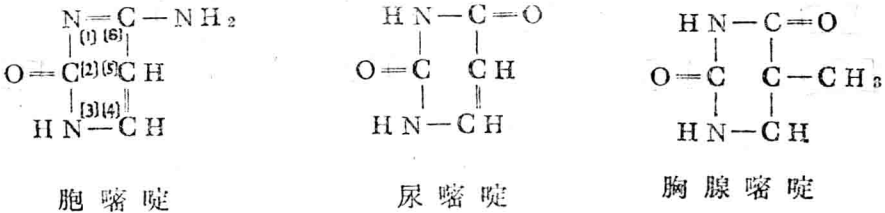
二、核酸的水解。核酸可在稀氨溶液中水解，生成几种核苷酸。核苷酸是核酸的基本组成单位，犹如氨基酸是蛋白质的基本组成单位；所以核酸也可以称为多核苷酸。核苷酸再被水解则生成核苷及磷酸；可见核苷酸是核苷的磷酸酯。核苷再被水解则生成戊糖及嘧啶碱类或嘌呤碱类化合物。



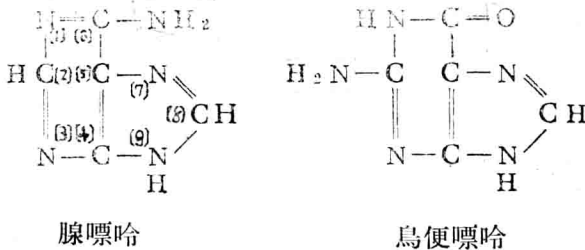
1. 组成核酸的戊糖。组成核酸的戊糖有核糖及 [2] 脱氧核糖二种：



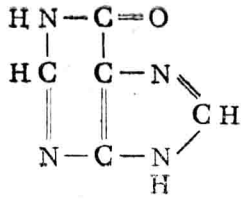
2. 组成核酸的嘧啶碱类化合物。组成核酸的嘧啶碱类化合物主要有三种：



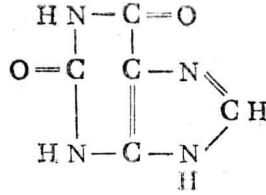
3. 组成核酸的嘌呤碱类化合物。组成核酸的嘌呤碱类化合物有下列二种：



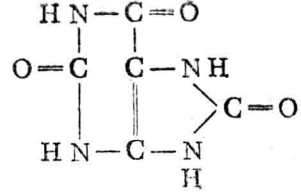
下列三种嘌呤碱类化合物是上列腺嘌呤及鸟嘌呤在体内的代谢产物：



次黄嘌呤

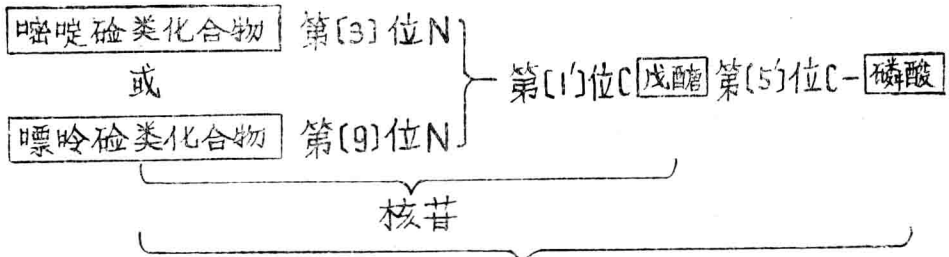


黄嘌呤



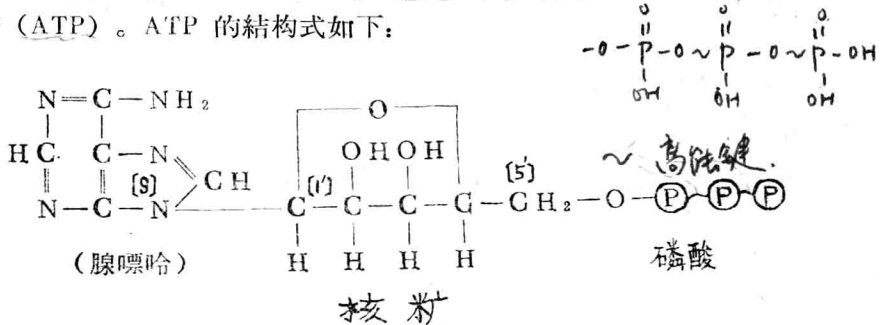
尿酸

三、核苷酸。核苷酸是組成核酸的基本单位，由磷酸、戊糖及嘌呤或嘧啶类化合物組成。組成核酸的核苷酸主要有腺嘌呤核苷酸、鳥嘌呤核苷酸、胞嘧啶核苷酸、尿嘧啶核苷酸及胸腺嘧啶核苷酸等五种。在核苷酸分子中，磷酸、戊糖及嘌呤类或嘧啶类化合物的銜接次序如下：



(若有腺嘌呤则为腺苷酸)

体内也有自由存在的核苷酸，重要者有一磷酸腺苷（AMP）、二磷酸腺苷（ADP）及三磷酸腺苷（ATP）。ATP 的结构式如下：



上式的Ⓟ代表磷酸。Ⓟ与Ⓟ之间的联接键蕴藏大量化学能，称为高能磷酸键，习惯以~代表之。上式的ATP含有两个~。物质代谢过程所放出能量常可蕴藏在此键上，储以备用。此键若被水解裂开，则每水解生成一克分子磷酸即可放出能量约8000卡。此放出的能量用以支持生理活动（如肌肉收缩），也可用以促进生化反应（如蛋白质的合成）。所以ATP是体内蕴藏可利用能量的一种主要仓库，也是体内所需能量的主要来源。

ADP及AMP的结构式与ATP相似，只是分别比ATP少含一分子或二分子磷酸。ADP只含一个~，AMP则不含有~。

四、核酸及核蛋白的分子结构。组成核酸的核苷酸主要有五种，每种又有几十个至几千个分子。这些核苷酸分子又可按不同的排列组合及盘旋折叠方式，形成多种多样的立体结构。所以在种类的繁多以及生物学性质的重要上，核酸可与蛋白质比拟。

核酸又可借氢键、盐键及 Vander waals 氏吸引力而与蛋白质相结合以生成核蛋白。据最近研究，烟草斑纹病毒（一种核蛋白）的分子结构是外有蛋白壳，内藏核酸。去其蛋白外壳则核酸裸露；去其核酸内心则蛋白质空洞。裸露的核酸及空洞的蛋白质均无生物学活性。

第三章 酶

酶是身体自制的具有催化效能特殊的蛋白质，促进体内代谢的进行。本章主要阐述酶的本质和特性，酶的特异性，酶分子结构与功能系，影响反应速度的各种因素以及酶活性测定的原则。此外，对酶的命名分类，作用机制，酶制备方法及其实用意义一般了解。

第一节 酶在代谢上重要性

在生物体内多种物质不停的进行多种化学变化。例如，蛋白质的合成及分解等等。这些变化在体外，或者尚不能用纯化学方法使其进行，即使可以进行也常需用高温、强酸、强碱等等此强烈条件，而反常缓慢，产物也不纯。但在体内则在体温及接近中性的条件下，物质转变不但进行迅速而且不生成副产物。这是因为生活细胞能制造高效能的催化剂——酶来加速化学反应的进行。酶是特殊的蛋白质是组织的微量组成成分，也有其本身的代谢，即经常的进行合成和分解。

体内代谢过程是由很多化学反应连续进行完成的，几乎每步反应均有特殊的酶催化；所以有酶存在代谢方能进行。组织细胞中所含的酶若不相同，则它们的代谢过程亦异。体内某一种或数种酶过少或失败或过于活跃则代谢或过缓或停，或不正常的过速，均可导致疾病。先天性的酶缺乏则显出与生俱来的遗传病。体内环境的改变可能引起体内酶的效力或数量在某种限度内的增减，在微生物甚至可以因新的营养物诱导而生成原来无有的新酶；如此既可调节代谢过程，又可适应环境改变。在医学上检查体液或组织中的酶可诊断之助，或给与酶以为治疗之需。所以酶在理论与实际上均极重要。

第二节 酶的本质和特性

一、酶的本质。有很多的酶已经能制成晶体纯品。经过用纯酶进行组成成分及理化性质的研究，测定了蛋白质。

有的酶是单纯蛋白质，有些是结合蛋白质。即使尚未能提纯的酶据其催化效能及理化性质的研究也能间接证明它们是蛋白质。所以酶具有蛋白质的一切性质。

二、酶与其它催化剂的异同。

1. 共性。酶只需微量即可促进化学反应，而且不因曾经催化化学反应而发生质与量的改变。它只能加速在热力学上有可能进行的反应。它只能缩短反应自开始到达平衡所需时间，而不能改变反应的平衡位置，即酶同样加速顺行及逆行反应。在以上各点酶与一般催化剂相同。

2. 特性。酶是具有催化效能的蛋白质，在本质和性质上有异于一般催化剂之处。酶

不耐热，除极少数例外在 60°C 以上即被破坏。①酶对所在媒介的酸碱度颇为敏感，即使在不至于使其被破坏的酸碱度范围内，酶的效能也受 pH 改变的影响。一般催化剂对温度及 pH 均不敏感。此外，酶尚具有两种更为重要的特性，即酶具有特异性及高效能。酶对其所催化的物质（称为酶的作用物或基質）的选择颇为严格，此种性质称为酶的特异性。如淀粉酶只能催化淀粉的水解；而催化淀粉水解的 H^{+} 也同样能催化蛋白质、脂类等等的水解。酶的催化效能极强。远远超过一般催化剂，例如每一分子肝过氧化氢酶在一分钟内可催化五百万分子过氧化氢分解 ($2\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$)。

第三节 酶的命名及分类

一、酶的命名。每种酶均有习惯名及系统名，均以酶字为词尾。习惯名简单但易于混淆，系统名明确但不免冗长。通常用习惯名。习惯命名的依据①或为作用物名称，如催化淀粉水解的酶称为淀粉酶，②或为催化反应性质，如催化氨基转移的酶称为转氨酶，③或结合上述两点，如催化琥珀酸 ($\text{HOOC}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$) 脱氢为延胡索酸 ($\text{HOOC}\cdot\text{CH}=\text{CH}\cdot\text{COOH}$) 的酶称为琥珀酸脱氢酶；④或者上述命名依据上再附加酶的来源或其它特点，以兹明确，如胃蛋白酶，碱性磷酸酶（在 pH 偏碱的媒介中效力最大的水解磷酸单酯的酶）。系统名统一规定应包括该酶的各作用物的确切名称，反应性质，及酶字为词尾。如催化 L 丙氨酸的氨基转移到 α 酮戊二酸分子上的酶称为 L 丙氨酸： α 酮戊二酸转氨酶。

二、酶的分类。依据酶所催化的反应的性质，酶分为六大类。每一大类中再分为若干亚类及次亚类。1. 催化氧化还原反应（代表式为 $\text{A}\cdot 2\text{H} + \text{B} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}\cdot 2\text{H}$ ）的酶属于氧化还原酶类包括各种脱氢酶，氧化酶等等。2. 催化一种化合物分子上某一基团转移到另一种化合物分子上的反应 ($\text{AB} + \text{C} \rightleftharpoons \text{A} + \text{BC}$) 的酶属于转移酶类，如转氨酶等等。3. 催化水解反应 ($\text{AB} + \text{HOH} \rightleftharpoons \text{AOH} + \text{BH}$) 的酶属于水解酶类，如淀粉酶等等。4. 催化一种化合物分子裂解为两种化合物，或由两种化合物加合成一种物质的反应 ($\text{AB} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$) 的酶属于裂合酶类，如催化 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 的碳酸酐酶等等。5. 催化同分异构体相互转变 ($\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$) 的酶属于异构酶类，如催化 [6] 磷酸成葡萄糖（磷酸基在第六碳原子） \rightleftharpoons [1] 磷酸葡萄糖（磷酸基在第一碳原子）的磷酸己糖变位酶等等。6. 催化有 ATP 参与的合成反应 ($\text{A} + \text{B} + \text{ATP} \rightarrow \text{AB} + \text{ADP} + \text{H}_3\text{PO}_4$ 或 $\text{A} + \text{B} + \text{ATP} \rightarrow \text{AB} + \text{AMP} + \text{焦磷酸}$) 的酶属于合成酶类，如催化 L 谷氨酰半胱氨酸甘氨酸 + ATP \rightarrow 谷胱甘肽 + ADP + H_3PO_4 的谷胱甘肽合成酶等等。

第四节 酶的分子结构与功能

有些酶是单纯蛋白质，有些酶是结合蛋白质。它们除具有蛋白质的一般理化性质外，还特有催化效能。它们所以有催化效能主要是由于其分子表面上某一定部位具有由某数种基团组成的特殊结构，此部位称为酶的活性部位或中心。

一、酶蛋白、辅酶及全酶。属于结合蛋白质的酶，其单纯蛋白质部分，即由氨基酸组成的部分称为酶蛋白；其非蛋白质部分称为辅基或辅酶。整个酶分子称为全酶。酶蛋白及辅酶单独均无催化活性，必须二者结合组成全酶方有活性。辅酶与酶蛋白结合的牢固程度，各酶不同，或易脱落或难分离。二者的结合有严格的质与量的关系；一定数量的某种酶的酶蛋白必须而只能与一定数量的它所特有辅酶相结合，方能组成全酶。辅酶不能更换。辅酶不足时生成全酶亦少，辅酶过多时所生成的全酶分子数亦不能超过酶蛋白分子数。

二、輔酶的一般性能及其与維生素的关系。与酶蛋白比較，輔酶本身是可所透析的小分子耐热物質。在酶促反应中，它們或作为酶与作用物相結合的桥樑；或作为接受并传递由作用物分子脫落的物質，如乳酸脫氢酶催化乳酸脫氢时，由乳酸分子脫落的氢即首先由此酶的輔酶所接受，再传出給与另一能接受氢的物質。

輔酶种类很多，有些酶的輔酶是简单金屬离子，如碳酸酐酶（催化 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3$ ）的輔酶是鋅；有些酶的輔酶是含金屬的有机物，如过氧化氢酶（催化 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ）的輔酶是鉄卟啉。值得注意的是有很多酶的輔酶是B族維生素的衍生物，所以当这类維生素供应不足时，体内这些酶也減少。如催化丙酮酸脫羧的酶的輔酶是焦酸磷硫胺素，乳酸脫氢酶的輔酶是含有尼克酰胺的二磷酸吡啶核苷酸，催化D氨基酸氧化脫氨基的D氨基酸氧化酶的輔酶是含核黃素的黃素腺嘌呤二核苷酸等等。有些輔酶具有特殊性質（如吸收光譜等）可据以作定量測定。

三、酶的必要基及活性部位。酶分子上基群虽多，但常仅是它分子上少数基群为表現催化活性所必需。这类基群若发生改变則酶即喪失催化活性，这类为酶表現催化效能所必需的基群称为酶的必要基，如很多酶的自由-SH基若被氧化（成为-S-S-鏈）或与重金屬結合即喪失活性，則-SH基为它們的必要基。（此基团不是相連在立体结构中相連在一起。即空间中的一个点）

由几个必要基組成了酶的活性部位。如胰蛋白酶具有一个活性部位，是由一个絲氨酸基及一个組氨酸基組成。活性部位的各必要基是酶分子表面上某一部位中相邻的氨基酸，不同种类的酶所具有活性部位数目不等，以1-4的为多。以上就酶蛋白部分而言；具有輔酶的酶，輔酶部分亦为其活性部位。在催化化学反应时，酶活性部位中的基群或者起結合作用物的作用，或起促进作用物的化学鍵进行轉变的作用，或可能兼具此两种作用。

四、酶分子結構与功能的关系。从酶的整体分子看来的部分是活性部位的組成成分，另一些部分是維持活性部分的空洞結構所必需的支架，另一些部分可能輔助活性部位发挥作用，如参与酶与作用物的結合，而其它部分則与催化活性无关。如木瓜蛋白酶是由180个氨基酸組成，水解去120氨基酸后仍能水解蛋白質。現知有些具有同种催化活性的酶，它們的分子結構及理化性質并不完全相同，称它們为功（工）酶。例如，乳酸脫氢酶就有数种同功（1）酶。

五、酶元的致活 酶元是蛋白質

某些酶自細胞分泌出时并无活性，必須經過适当物質的作用，使分子結構发生一定的改变后方成为有活性的酶。这类无活性的酶前身物質称为酶元。酶元轉变成酶的作用称为酶元的致活。致活的过程的改变，①或是酶元分子中某一定肽鍵的裂开，②或是在一定部位脫落肽鍵片段，从而暴露出原来被掩蔽的活性部位，或者肽鍵重新折叠排列而构成活性部位。

常見的酶元有胃分泌的胃蛋白元（它可被胃液中HCl或胃蛋白酶致活）和血浆中的凝血酶元等。

胰蛋白酶元的致活。胰蛋白酶元是一端具有自由N末端另一端呈环肽結構的一条肽鏈构成。在正常情況下，胰分泌入十二指肠后，可被腸液中的腸致活酶所致活，也可被胰蛋白酶致活（此种致活称为自身催化）。致活过程中由酶元分子肽环上枝鏈自由端脫落一分子鹼性六肽，枝鏈中的組氨酸与环肽段中的絲氨酸靠牆构成活性部位。