

# 普通生物化学

郑 集 编

上海科学技术出版社

# 普通生物化学

鄭集編

上海科学技术出版社

## 內 容 提 要

本書作者參考綜合大學及師範學院生物化學教學大綱並根據多年教學經驗，以簡明文字敘述生物化學的一般基本知識。內容分緒論、糖類化學、脂類化學、蛋白質化學、維生素、酶、激素、消化吸收、生物氧化、代謝通論、糖代謝、脂代謝、蛋白質及氨基酸代謝、水鹽代謝、尿、血及組織化等章。全書以物質代謝為中心，適當地反映了近代生物化學的成就。可供綜合大學及師範學院有關專業的生物化學課程作教材及參考之用。

## 普 通 生 物 化 學

鄭 集 編

\*

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出093號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售

上海市印刷五廠印刷

\*

開本 850×1168 1/32 印張 12 26/32 字數 295,000

1959年2月第1版 1960年4月第4次印刷

印數 7,001—10,000

統一書號：13119 · 245

定 價：(十四)2.90元

# 前 言

一、這本書的編寫，目的是希望為綜合大學和師範學院的生物化學教師和學員提供一些便利。因為迄今為止，我們尚無一本供綜合大學和師範學院用的自編生化教材，各校教師只得自編講義，對教師的時間是很不經濟的；而且各校自印講義，負擔不小，印刷錯誤又多，這不僅造成學校人力物力的浪費，更嚴重的是導致了學員們學習上的困難。為了這些原因，各校教師和同學早就要求有一本比較適合綜合大學和師範學院用的生化教材。過去用過作者所編“普通生化學講義”的同志們曾多次向我建議將此講義改編成書，供大家採用，作者亦感到有責任結合自己在生化教學方面的點滴經驗，寫出一本生化學教材向同志們請益，因此在1956年8月即着手編寫本書。

二、這本書是在作者幾年來在南京大學及南京師範學院教生化學課所用的“普通生化學講義”的基礎上改編的，而“普通生化學講義”的基礎則是作者多年來在醫學院教生物化學所用的教案。這次的改編是在“普通生化學講義”的基本內容上作了補充，並反映了近代生物化學上的某些重要的新成就。編寫技術方面主觀上是尽可能用綜合敘述法說明生命界（人類、動植物及微生物）的生化學變化和原理。全書以物質代謝為中心，並圍繞中心題材對糖、脂、蛋白質、維生素、激素、酶、消化、吸收、排泄（尿）以及血和組織作了適當的陳述。

三、本書內容比部訂綜合大學及師範學院生物化學教學大綱為多；在蛋白質代謝一章，尤為突出。從篇幅上看，這章書所占篇幅，似乎與其他各章不很平衡，但就內容來看仍是合適的。原因是

近十多年來蛋白質和氨基酸的代謝研究，突飛猛進，新的發現甚多，而且這些材料在生物化學上又特別重要，因此扼要的加以介紹，以供讀者參考，是完全必要的。

四、由於本書的內容較多，為便於教學起見，正文分別用大小兩號字體排印。大字內容可作為講授的基本題材，小字內容可作補充參考資料。這樣就可能為教師、學員減少找尋參考書的困難。章節方面，亦可斟酌各課程的大綱要求作適當精簡。

希望本書內容對醫、農、食品工業及生物科學工作者亦有參考價值。

五、本書一定存在有不少缺點，歡迎讀者們向作者多提意見，多加批評，以便作為修訂時的指針。

六、本書原稿絕大部分經上海第二軍醫大學生化教研室戴重光教授詳校一遍，並提供了很多寶貴意見，作者十分感激。作者更採用了侯祥川教授的幾張維生素缺乏病圖片，齊續哲教授惠贈了結膜干燥症圖，鄒玉珍女士代繪了部分圖表，還有幾位同志代抄了部分稿子，作者對他們都表示懇切的謝意。上海科學技術出版社協助出版事項，使本書能提早為讀者服務，和為祖國社會主義的科學教育事業貢獻出它微弱的力量，更是作者所深切感謝的。

鄭集序於南京大學生化教研組

1958年7月

# 本書引用文獻及化學名詞簡寫代號

## (一) 引用文獻代號

(未用代號的引用文獻未列入)

- Ann. Rev. Biochem. = Annual Reviews of Biochemistry  
Archv. Biochem. Biophys. = Archives of Biochemistry and Biophysics  
Биох. = Биохимия  
B. J. = Biochemical Journal  
B. S. C. b. = Bulletin de la Société de Chimie biologique  
Biochem. et Biophys. Acta = Biochemica et Biophysica Acta  
F. P. (Fed. Proc.) = Federation Proceedings of the American Societies for Experimental Biology  
J. A. C. S. (J. Am. Chem. Soc.) = Journal of American Chemical Society  
J. B. C. (Jour. Biol. Chem.) = Journal of Biological Chemistry  
M. E. A. = Mechanism of Enzyme Action, Edited by McElry, W. D. and Glass, B.  
Physiol. Revs. 或 P. R. = Physiological Reviews  
R. E. = Respiratory Enzymes, edited by Lardy  
Quart. J. Med. = Quarterly Journal of Medicine  
Symp. Amino Acid Metab. = Symposium on Amino Acid Metabolism  
Z. P. C. = Zeitschrift für Physiologische Chemie.

## (二) 化學名詞代號

- ACTH 促腎上腺皮質激素  
AMP 一磷酸腺苷  
ADP 二磷酸腺苷  
ATP 三磷酸腺苷  
CoA, CoA-SH 輔酶 A

$\text{CH}_3\text{CO}-\text{CoA}$ ,  $\text{CH}_3\text{CO}-\text{CoA}-\text{SH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CO}-\text{SCoA}$ , 乙酰-CoA 乙酰辅酶 A  
 $\text{CoIII}$  辅酶 III 二磷酸尼克酰胺苷

$\text{DPN}$ ,  $\text{CoI}$  辅酶 I 二磷酸吡啶核苷酸

$\text{DPN}\cdot\text{H}$ ,  $\text{DPN}\cdot 2\text{H}$ ,  $\text{Co I}\cdot 2\text{H}$  还原型辅酶 I.

$\text{TPN}$ ,  $\text{Co II}$ , 辅酶 II 三磷酸吡啶核苷酸

$\text{TPN}\cdot\text{H}$ ,  $\text{TPN}\cdot 2\text{H}$ ,  $\text{Co II}\cdot 2\text{H}$  还原型辅酶 II.

$\text{FP}$  黄素蛋白

$\text{R}\cdot\text{SH}$  含硫氢基化合物

$\text{TPP}$  焦磷酸硫胺素

$\text{LTTP}$ ,  $\begin{array}{c} \text{S} \\ | \\ \text{---} \text{LTTP} \\ | \\ \text{S} \end{array}$   $\text{LTTP}$  6,8 二硫辛酰焦磷酸硫胺素(氧化型)

$\text{GD}$  昆虫生长激素

$\text{FAD}$  黄素腺嘌呤二核苷酸

$\text{FMN}$  磷酸核黄素, 黄素一磷酸核苷酸

$\Delta F$  自由能的增加

$\text{GSH}$ ,  $\text{GCG}'$  谷胱甘肽

$\text{P}$  无机磷酸

$\text{PP}$  焦磷酸

$\text{R. Q.}$  呼吸商

$\text{DNA}$  脱氧核糖核酸

$\text{RNA}$  核糖核酸

$\text{PGA}$  叶酸, 蝶酰谷氨酸

$\text{UDPG}$  二磷酸葡萄糖尿嘧啶苷

# 目 錄

## 前言

本書引用文獻及化學名詞簡寫代號

## 緒 論

一、生物學意義.....	1	學的關係.....	2
二、生物學的主要內容.....	2	四、生物學的發展概況.....	3
三、生物學的重要性及與其他科		五、原生質的化學組成及特徵.....	6

## 第一篇 生命的有機物質基礎

### 第一章 糖類(碳水化合物)的化學..... 8

一、糖的定義.....	8	五、二糖的化學.....	21
二、糖類的生理功用.....	9	六、多糖的化學.....	24
三、糖的分類.....	10	七、糖苷.....	25
四、單糖的化學.....	10	八、氨基糖(氨基已糖).....	25

### 第二章 脂類的化學..... 27

一、脂類的意義和特徵.....	27	四、單脂.....	29
二、脂類的生理功用.....	23	五、複脂.....	33
三、脂類的分類.....	28	六、脂類的水解產物.....	37

### 第三章 蛋白質的化學..... 42

一、蛋白質的定義和特徵.....	42	五、蛋白質的分類.....	54
二、蛋白質的生理意義.....	43	六、蛋白質的通性.....	56
三、氨基酸.....	43	七、核蛋白.....	61
四、蛋白質的分子結構.....	52	八、血紅蛋白質.....	67



## 第二篇 生化反应的化学制剂

### 第四章 维生素.....70

一、维生素的意义.....70	(三) 维生素 E
二、维生素的命名.....71	(四) 维生素 K
三、维生素的分类.....71	(五) B 族维生素
四、个别维生素.....72	(六) 维生素 C (抗坏血酸)
(一) 维生素 A	(七) 维生素 P
(二) 维生素 D	五、维生素的一般测定法.....101

### 第五章 酶.....102

一、酶的定义.....102	七、环境对酶作用的影响.....112
二、酶的命名.....102	八、辅酶.....115
三、酶的分类.....103	九、抗酶.....118
四、酶作用的机构.....103	十、自溶作用.....118
五、酶的化学本质.....106	十一、个别酶述要.....118
六、酶的特性.....108	

### 第六章 激素.....123

一、激素概论.....123	(五) 肾上腺皮质激素
二、个别激素及其功用.....124	(六) 性激素
(一) 甲状腺素	(七) 脑下垂体激素
(二) 副甲状腺素(甲状旁腺激素)	(八) 胃肠激素
(三) 胰岛素	三、无脊椎动物的激素.....143
(四) 肾上腺素	四、植物激素.....144

## 第三篇 生物机体的物质交换

### 第七章 消化与吸收.....148

一、消化、吸收的意义.....148	收.....149
二、人类及高等动物的消化和吸	(一) 消化

- (二) 吸收
- (三) 影响消化吸收的因素
- (四) 糞的組成及性質

- (五) 腸內的腐敗作用与机体的生理解毒
- 三、植物机体的消化和吸收……138

## 第八章 生物氧化 ..... 171

- 一、生物氧化的意义 .....171
- 二、生物氧化学說 .....172
- 三、生物氧化的类型 .....174
- 四、組織中的氧化还原体系.....176
- 五、生物氧化中的傳遞体.....179
- 六、重要的生物氧化酶类.....181

## 第九章 代謝通論 ..... 185

- 一、代謝的意义 .....185
- 二、代謝研究的重要性 .....185
- 三、环境与代謝的关系.....186
- 四、代謝的調節机构.....187

## 第十章 糖的中間代謝 ..... 188

- 一、糖类中間代謝的概念 .....188
- 二、人及动物体内糖的中間代謝 .....189
  - (一) 血糖
  - (二) 糖类的合成
  - (三) 糖元的分解
  - (四) 激素、維生素与糖代謝的关系
- (五) 人类及动物机体中糖的反常代謝(糖尿)
- 三、植物机体中的糖代謝.....206
  - (一) 植物机体中糖的合成
  - (二) 植物机体中糖的分解
  - (三) 植物体中的有机酸及其代謝
  - (四) 植物固定  $CO_2$  的作用

## 第十一章 脂类的中間代謝 ..... 213

- 一、脂类代謝概論 .....213
- 二、血脂 .....213
- 三、儲脂、組織脂与肝脂.....215
- 四、机体内脂类的轉运 .....217
- 五、生物机体内脂肪的合成代謝 218
- 六、生物体中脂肪的分解代謝 .....220
  - (一) 甘油的分解代謝
  - (二) 脂酸的氧化
  - (三) 酮体的代謝
- 七、磷脂的代謝.....232
- 八、固醇的代謝.....235
- 九、脂类代謝的節制.....237
- 十、脂类代謝障碍症.....237

## 第十二章 蛋白質的中間代謝 ..... 239

- 一、蛋白質代謝通論 .....239
  - (一) 蛋白質代謝概念
  - (二) 氨基酸及蛋白質代謝的重要化学反应

(三) 蛋白質及氨基酸在代謝中的动态

(四) 氮平衡

(五) 血液氨基酸的來源和去向

二、氨基酸及蛋白質的生物合成 ..... 258

(一) 动物体内的氨基酸合成作用

(二) 植物机体中的氨基酸合成作用

(三) 蛋白質的生物合成

三、生物机体中蛋白質及氨基酸的分解 ..... 264

(一) 蛋白質在体内的分解

(二) 氨基酸在体内的分解

四、个别氨基酸的代謝 ..... 266

(一) 生糖氨基酸的代謝

(二) 生酮氨基酸的代謝

五、核酸的代謝 ..... 304

(一) 核酸的生物合成

(二) 核酸的分解代謝

六、蛋白質代謝与糖、脂代謝的关系 ..... 311

(一) 糖与脂肪代謝間的互变

(二) 糖与蛋白質代謝間的互变

(三) 蛋白質与脂肪代謝間的互变

第十三章 水及無机鹽的代謝 ..... 317

水的代謝

一、生物体中的水分及其重要性 ..... 317

二、水的重要生理功用 ..... 318

三、机体的水平衡和調節机制 ..... 319

(一) 水平衡

(二) 水平衡的調節

四、水代謝的障碍 ..... 321

無机鹽的代謝

一、無机鹽在生命界的重要性 ..... 321

二、無机鹽的重要生理功用 ..... 322

三、几种重要礦質的代謝 ..... 325

第十四章 尿液化学 ..... 335

一、尿的形成 ..... 335

二、尿的一般性質 ..... 336

三、常尿的化学成分 ..... 338

四、病尿的特殊成分 ..... 341

第四篇 血液与組織

第十五章 血液化学 ..... 343

一、血液的一般特征 ..... 343

二、血液的一般生理功用 ..... 344

三、血液的化学成分 ..... 345

(一) 全血的成分

(二) 血漿及血球的成分

四、血液蛋白質及其功用 ..... 346

(一) 血漿蛋白質及其生理功用

(二) 血紅蛋白質的生理功用

五、血液与气体交換(呼吸)及酸鹼平衡的关系 ..... 349

(一) 血紅蛋白在 O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 交換過程中的作用機構

(二) 血液調節酸鹼平衡的機構	七、血液凝固的化學機構	355
六、血紅蛋白與膽色素的關係		353
<b>第十六章 組織化學</b>		<b>357</b>
一、組織的一般成分	(二) 平滑肌的化學成分	357
二、神經組織化學	(三) 心肌的化學成分	357
三、肌肉組織化學	(四) 肌肉組織中的重要化學變化	364
(一) 橫紋肌的化學成分	四、結締組織化學	369

## 緒 論

本節所要講的是對生物化學的涵義、基本內容、重要性及發展史作一簡要介紹，並略論原生質的化學組成和特徵。

### 一 生物化學的意義

生物化學簡稱生化學是研究有關生命化學現象的科學，也就是研究生物的化學組成以及在生命現象過程中作為生命現象基礎的各種化學變化的科學。以研究對象來分類可分為：動物生物化學或稱生理化學及植物生物化學。前者以動物為研究對象，後者以植物為研究對象。如果研究對象不局限於動物或植物，而是側重在討論一般生物（包括人類）的普遍生化事實和規律，則稱普通生物化學。

從生物化學的發展過程來看，則生物化學又可分為下列三個階段：

敘述生物化學——主要內容為研究生物體的化學組成。

動態生物化學——主要內容為研究生物機體內物質的化學變化，即研究物質代謝及與代謝有關的維生素、激素及酶等之主要性質及功用。

機能生物化學——主要內容是聯繫生理機能，神經管制及內外環境條件來研究生物整體的化學變化，特別是作為機體功能基礎的化學變化。

這三個階段皆是互相聯繫而絕不是彼此孤立的，亦不可能明顯劃分的。機能生物化學乃生物化學發展的最高階段。沒有敘述生物化學為基礎，即不可能產生動態生物化學；沒有動態生物化學的發展，更無從談機能生物化學。就是在機能生物化學的研究階段中，仍然少不

了叙述生化学和动态生化学的研究。所以它們之間永远是相輔而行,相互为用,不可偏廢的。

## 二 生化学的主要内容

由上述生化学的意义,即可略知生化学的内容概况。更具体点說,生化学的内容,可包括下列几点:

(一) 生物体的化学組成: 要先了解構成生物机体的主要物質,特别是有机物質的本質及其化性。

(二) 机体内物質的轉变和利用: 就是研究物質在机体內的消化、吸收、代謝、排泄、及其与中樞神經和环境的关系。

(三) 生命的化学節制: 为物質在机体內的轉变与利用皆直接間接受酶、激素及維生素的節制,因此对这三类活性物質的特性及功能必須有明了的認識。

(四) 与生命有关的理化現象: 因为生物体是物質造成的,生命現象基本上是体内物理变化、化学变化和生理变化的綜合表現,而化学变化又常常要受到生理和物質物理情况的影响,因此我們要研究体内化学变化,必先了解体内物質所处的环境,以及它們的某些与生命有关的理化性質。

## 三 生化学的重要性及与其他科学的关系

生化学的重要性可从它与其他科学的关系上来看,生化学对生物学(包括生理学)、化学、農業、食品工業学及医学等皆有一定关系。

与生物学的关系: 因为生化学本身是研究生命中化学变化的科学,故如欲深入了解生物体的生理、病理、形态、遺傳,生殖等現象,則首先必須了解生化学。

与化学的关系: 生化学可帮助化学家找出研究方向,科学的研究,最重要的是要能为人民服务,化学家如了解生化学,則可合

成对人体有益的化合物。

与農学的关系：研究植物生化学可了解植物体中的糖、脂肪、蛋白質、維生素及其他物質的合成和分解規律，可使人类能够定向地改進農產品的質量，而保證某些为人民所需的物質得到最大量的收穫。研究植物种子、果实、塊莖等的代謝及外界因素对这些作物的影响，这对粮食、水果及蔬菜的增產和保存，亦有很大的帮助；研究动物生化学，可了解人类及动物的生長和代謝規律，从而可以增進人民的劳动力及有目的地改進人民的生活及增加家畜的產量。

与食品工業的关系：食品的制造加工，如粮食的加工，麵包制造，發酵工業，茶叶生產及罐頭食品的制造等，都須有基本的生化知識來作指導。

与医学的关系：医学的發展与生化学是分不开的，因为化学变化是生命現象發生的根源，疾病是生命現象的反常表現，要了解疾病的基本原因和預防疾病，首先应当了解机体內正常和反常的化学变化。因此，生化学就成了現代医学的重要基石之一。掌握了生化原理后，对于生理学、藥理学、病理学和臨床医学各科都較易作深入的了解。生化学中的营养学对預防医学(衛生学)尤为重要。

#### 四 生化学的發展概況

生化学的發展可分古代及近代和現代两个階段分別加以概述。

古代：生化学虽然是在 20 世紀初期才發展成為一門獨立的新興科學。但由于人类生活的需要，前人已經通过實踐在生產、飲食、醫藥等諸方面積累了許多与生化学有关的經驗。据可靠記載，公元前 22 世紀(夏禹時)我們的祖先即能釀酒，公元前 12 世紀(周朝)即能制醬和飴，公元前 2 世紀已能制豆腐。這說明我們的前人

早已發明了發酵作用而加以利用，並知道提取和凝結豆类蛋白質以供食用。在醫療方面，公元前4世紀，我國人已知用海藻治療癭病（即甲狀腺腫）。海藻含碘，用來治地方性甲狀腺腫是與現代的科學療法完全相符的。此外，遠在公元7世紀時孫思邈的著作中，即載有車前子、防風、谷皮、大豆等能治療腳氣病，經現代化學分析，已知這些藥物及食物中皆含有維生素B<sub>1</sub>；同時，更知食用豬肝醫治雀目（即缺乏維生素A所引起的夜盲症）。由此可見我國前人对維生素缺乏症的治療和預防均有極重要的貢獻。明朝李時珍（公元1522~1596）著本草綱目，除詳載藥用植物外，更包括有礦物及魚、獸、昆蟲等動物材料，對人體的代謝產物（如糞、尿）及血液等亦均有比較詳細的觀察。

根據上述各點，可見我們的祖先，從古代起，對許多有關生化學的事實，即有充分的認識，而且能加以利用。這些都對生化學的發展有一定的貢獻。

近代和現代：近代生化學的發展，是在18世紀才開始的。自從M. B. Ломоносов(1711~1765)在1748年發明了物質不滅定律後，即確定了自然界中一切變化的物質基礎，給了唯心的“活力”謬說以致命的打擊，而且着重地指出了化學在認識生命現象上的重要性。

在Ломоносов的物質不滅定律的基礎上，A. L. Lavoisier(1743~1794)發現了氧氣在生物呼吸作用中的功用，使人類對生物機體中的氧化作用有了初步的認識。F. Wöhler(1800~1882)在1828年第一次用化學方法從無機物合成了有機物（尿素），打破了有機物質與無機物質間的鴻溝，對唯心的“活力”說作了進一步的打擊，這對當時生化學的發展有偉大的推動作用。同時J. Liebig(1803~1873)進行了有關生理化學的研究，發現：植物生長，不僅需要二氧化碳，而且也需要由土壤中吸取無機物質。L. Pasteur(1822~1895)更從事發酵作用的研究，他的研究結果對發酵工業



的改進和發展都有很大的貢獻，但對發酵理論的唯心解釋，即認發酵為活體微生物活動的結果，則系錯誤。1871年以後，M. M. Массейна 和 H. Büchner 諸人相繼用簡單方法由死酵母中制得具有發酵活性的液體，發現已被破壞的酵母細胞仍能使糖發酵，因此，發酵作用的正確概念乃得以建立。

在植物化學方面，K. A. Тимирязев (1843~1920) 首先指出了葉綠素在光合作用中的功用。M. B. Ненцкий (1847~1900) 更研究了葉綠素的構造。

在19世紀下半葉，A. Я. Данилевский (1839~1923) 從事蛋白質的研究，發現蛋白質的水解產物可借體外酶的作用重新結合成類似蛋白質的物質，稱類蛋白。1899年 E. Fisher (1852~1919) 和 E. Abderhalden 等從事多肽的合成，曾分別地合成過含有18和19個氨基酸的多肽。雖然 Данилевский 的“類蛋白”和 Fisher 等的多肽都不是真正的蛋白質，但是他們對蛋白質的結構和合成，確指出了一個方向。

呼吸和生物氧化的研究在生物的代謝化學上占很重要的位置。A. H. Бах (1857~1946) 和 O. Warburg 的氧激活說（即分子氧須經酶的激活後才能與代謝物結合進行氧化），B. И. Паллади (1859~1922) 與 H. Wieland 的氫激活說（即代謝物分子中的氫須經脫氫酶激活後才能脫出）及 D. Keilin 的細胞色素傳遞電子說（又稱氫氧激活說）都是生物氧化的基本原理。

由於社會生產的發展及科學家們的許多重要發現，生物化學才能成為今日的一門獨立科學。

在我國，近代生物化學的開展，實始於1927年，吳憲對我國生物化學的研究，有其一定的功績，吳憲與其同工作者在血液化學、蛋白質變性、免疫化學及營養學各方面皆有貢獻。此外，我國繼起的生化人才亦不乏人，他們中對生化人才的培養，研究的推動及對生化化學各个方面（如蛋白質化學、維生素、酶、免疫化學、食物營養學、