

生物化学

刘恒烈 主编

江西高校出版社

生物化学

—— 18 ——

· · · · ·

生 物 化 学

刘恒烈 主编

江西高校出版社
1993年1月

(赣)新登字第007号

主 编 刘恒烈

副主编 李品愈 严锦文 邱业先 叶陈亮 王家骏 顾之中

编 委 (以姓氏笔划为序)

王家骏 安徽农业技术师范学院

叶陈亮 福建农学院

刘恒烈 安徽农学院

邱业先 江西农业大学

李品愈 莱阳农学院

何琪昌 安徽农学院

严锦文 江苏农学院

张 臻 莱阳农学院

顾之中 江西农业大学

郭敏亮 江苏农学院

戴家银 安徽农业技术师范学院

瞿文才 安徽农学院

生 物 化 学

刘恒烈主编

出版发行: 江西高校出版社(南昌市洪都北大道16号)

经销: 各地新华书店 印刷: 南昌市印刷十一厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 502千

1993年1月第1版第1次印刷

ISBN7—81033—170—1/O·13 定价: 8.40元

前 言

生物化学是高等农业院校一门重要专业基础课。为了提高教育质量,适应现代农业科学发展的需要,华东地区安徽农学院、江西农业大学、莱阳农学院、江苏农学院、福建农学院和安徽农业技术师范学院等六所院校联合编写了这本生物化学,可作为高等农业院校各有关专业的教材,也可作为其它院校有关专业的学生、函授生及农业科技人员的自修、参考用书。

本书以普通生物化学为主,略侧重于植物生物化学,力求在系统阐明生物化学基本原理的基础上,适当地反映现代生物化学的新进展。

编者本着从高等农业院校的实际出发,对传统的生物化学内容的处理有精有简。在体系结构上将生物化学物质的基本理化特征与代谢密切结合;物质的合成代谢与降解代谢密切结合;注意处理与有机化学、植物生理学等相关学科的关系,避免不必要的重复。内容编排新颖,颇具特色。书末附有习题便于教学。对于基本理论、概念的叙述,力求准确,简明易懂,并注意联系农业科学的实际。

本书集科学性、实践性、新颖性于一体,是集体智慧的产物。在充分吸收近几年来国内外有关教材的优点,总结多年来的教学经验基础上,经过认真讨论,精心组织,分工编写,广泛征求意见,反复斟酌修改,最后由安徽农学院刘恒烈副教授和江苏农学院严锦文副教授负责统稿审定。在成书过程中,得到有关院校和江西高校出版社的领导及六所院校生物化学教研室各位老师的关心和大力支持,担任本书的责任编辑施景皓、黄红冈同志也为本书的定稿、出版做了大量工作,在此一并致以衷心感谢。

由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评斧正。

编者
1991年10月

目 录

绪论.....	(1)	三、植物种子贮存蛋白.....	(44)
第一章 蛋白质化学.....	(6)	第二章 酶.....	(47)
第一节 蛋白质概述.....	(6)	第一节 酶的基本概念.....	(47)
第二节 蛋白质的化学组成.....	(6)	一、酶的概念.....	(47)
一、蛋白质的元素组成.....	(7)	二、酶的组成与结构.....	(48)
二、蛋白质的基本组成单位——氨基 酸.....	(7)	三、酶催化作用的特征.....	(49)
第三节 氨基酸.....	(7)	第二节 酶的分类与命名.....	(51)
一、蛋白质中的氨基酸.....	(7)	一、分类.....	(51)
二、非蛋白质氨基酸.....	(11)	二、命名.....	(53)
三、氨基酸的主要理化性质.....	(11)	三、酶的编号.....	(54)
四、氨基酸的分离和定量分析.....	(18)	第三节 酶催化作用的机理.....	(54)
第四节 肽.....	(19)	一、中间产物学说.....	(54)
一、肽键与多肽.....	(19)	二、酶的活性部位.....	(56)
二、生物体中几种重要的肽.....	(20)	三、酶高效催化作用的因素.....	(58)
第五节 蛋白质的结构.....	(20)	第四节 酶促反应动力学.....	(61)
一、蛋白质的一级结构.....	(21)	一、酶促反应速度的测定.....	(61)
二、蛋白质的三维结构.....	(24)	二、底物浓度对酶促反应的影响.....	(62)
第六节 蛋白质结构与功能的关系.....	(33)	三、酶浓度对酶促反应的影响.....	(65)
一、一级结构与功能的关系.....	(33)	四、pH对酶促反应的影响.....	(65)
二、空间结构与功能的关系.....	(34)	五、温度对酶促反应的影响.....	(66)
第七节 蛋白质的重要理化性质.....	(36)	六、抑制剂对酶作用的影响.....	(66)
一、蛋白质的两性解离及等电点.....	(36)	七、激活剂对酶作用的影响.....	(70)
二、蛋白质的胶体性质.....	(37)	第五节 变构酶、同工酶及诱导酶.....	(71)
三、蛋白质的变性.....	(37)	一、变构酶.....	(71)
四、蛋白质的沉淀.....	(38)	二、同工酶.....	(73)
五、蛋白质的光学特性和颜色反应	(39)	三、诱导酶.....	(75)
第八节 蛋白质分子量的测定.....	(40)	第六节 酶的分离提纯与活力测定.....	(76)
一、沉降速度法.....	(40)	一、酶的分离提纯.....	(76)
二、凝胶过滤法.....	(40)	二、酶活力的测定.....	(79)
三、SDS—聚丙烯酰胺凝胶电泳法	(41)	第七节 固定化酶.....	(80)
第九节 蛋白质的分类.....	(41)	一、固定化酶的优点.....	(80)
第十节 几种重要的蛋白质.....	(43)	二、固定化酶的制法.....	(80)
一、糖蛋白.....	(43)	三、固定化酶的应用.....	(81)
二、脂蛋白.....	(43)	第三章 维生素与辅酶.....	(82)
		第一节 概述.....	(82)
		第二节 水溶性维生素与辅酶.....	(83)
		一、硫胺素与羧化辅酶.....	(83)

二、核黄素与黄素辅酶·····	(85)	第六节 三羧酸循环·····	(126)
三、泛酸与辅酶 A·····	(87)	一、三羧酸循环的化学历程·····	(127)
四、烟酰胺与辅酶 I、辅酶 II·····	(88)	二、葡萄糖有氧分解的化学和能量 计量·····	(129)
五、吡哆素与氨基酸脱羧酶、转氨 酶辅酶·····	(91)	三、草酰乙酸的回补反应·····	(131)
六、生物素与羧化辅酶·····	(92)	四、三羧酸循环的调控·····	(132)
七、叶酸与叶酸辅酶·····	(93)	五、三羧酸循环的生物学意义·····	(132)
八、维生素B ₁₂ 与辅酶B ₁₂ ·····	(95)	第七节 乙醛酸循环途径·····	(133)
九、硫辛酸·····	(96)	一、乙醛酸循环的化学历程·····	(133)
十、维生素C·····	(97)	二、乙醛酸循环的生物学意义·····	(134)
第三节 脂溶性维生素·····	(98)	第八节 葡萄糖直接氧化途径·····	(135)
一、维生素A·····	(98)	一、磷酸戊糖途径·····	(135)
二、维生素D·····	(99)	二、葡萄糖醛酸途径·····	(140)
三、维生素E·····	(100)	第五章 生物氧化·····	(142)
四、维生素K·····	(101)	第一节 生物氧化的特点和方式·····	(142)
第四章 糖类代谢·····	(104)	一、生物氧化的特点·····	(142)
第一节 生物化学反应与自由能·····	(104)	二、生物氧化的方式·····	(142)
一、自由能与化学反应·····	(104)	第二节 生物氧化中CO ₂ 的生成·····	(144)
二、化学反应中 ΔG° 的测量·····	(105)	一、直接脱羧·····	(145)
第二节 糖类的合成·····	(105)	二、氧化脱羧·····	(145)
一、葡萄糖的生物合成·····	(106)	第三节 生物氧化中水的生成·····	(145)
二、糖核苷酸的合成·····	(106)	一、标准氧化还原电位·····	(146)
三、蔗糖的生物合成·····	(107)	二、电子传递链和传递体·····	(147)
四、淀粉的生物合成·····	(108)	三、水的生成·····	(151)
五、糖原的生物合成·····	(109)	第四节 生物氧化与ATP的生成·····	(152)
六、纤维素的生物合成·····	(110)	一、自由能与氧还电位·····	(152)
第三节 蔗糖和多糖的分解·····	(110)	二、高能磷酸化合物和ATP水解的 自由能·····	(152)
一、蔗糖的水解·····	(110)	三、线粒体内膜的结构和功能·····	(154)
二、淀粉和糖原的降解·····	(110)	四、胞质中NAD(P)H的电子转 运·····	(155)
三、纤维素的水解·····	(112)	五、氧化磷酸化的方式及机理·····	(156)
四、果胶质的水解·····	(113)	六、氧化磷酸化的阻断作用·····	(160)
第四节 糖酵解·····	(113)	七、线粒体内ATP的外运·····	(161)
一、糖酵解的化学历程·····	(113)	第五节 ATP合成的调节和生物学功 能·····	(161)
二、糖酵解中ATP的计量·····	(119)	一、ATP合成的调节·····	(161)
三、糖酵解的其它底物·····	(119)	二、ATP的生物学功能·····	(162)
四、糖酵解的调控·····	(119)	第六章 脂类代谢·····	(164)
五、糖酵解的生理意义·····	(120)	第一节 脂肪的生物合成·····	(164)
六、葡萄糖的异生作用·····	(121)	一、磷酸甘油的生物合成·····	(164)
第五节 丙酮酸的去路·····	(123)		
一、丙酮酸的无氧降解·····	(123)		
二、丙酮酸的有氧降解·····	(124)		

二、脂肪酸的生物合成.....	(164)	二、脱氧核糖核苷酸的生物合成...	(214)
三、三酰甘油的合成.....	(170)	三、核苷酸转变为核苷二磷酸和核	
第二节 脂肪的分解代谢.....	(172)	苷三磷酸.....	(216)
一、脂肪的酶促水解.....	(172)	第二节 核苷酸的分解代谢.....	(217)
二、甘油的分解代谢.....	(172)	一、核苷酸的降解.....	(217)
三、脂肪酸的分解代谢.....	(172)	二、嘌呤和嘧啶的分解代谢.....	(218)
第三节 磷酸甘油酯的代谢.....	(178)	第九章 核酸代谢.....	(221)
一、磷酸甘油酯的生物合成.....	(178)	第一节 DNA的生物合成.....	(221)
二、磷酸甘油酯的降解.....	(180)	一、DNA的复制.....	(221)
第七章 核酸化学.....	(182)	二、逆转录.....	(229)
第一节 概述.....	(182)	三、突变.....	(231)
一、核酸的分类及其分布.....	(183)	四、DNA的损伤与修复.....	(231)
二、核酸的功能.....	(183)	第二节 RNA的生物合成.....	(233)
第二节 核酸的化学组成.....	(185)	一、基因转录.....	(233)
一、戊糖.....	(185)	二、RNA的复制.....	(239)
二、碱基.....	(185)	第三节 核酸的酶促降解.....	(240)
三、核苷.....	(186)	一、核酸外切酶.....	(241)
四、核苷酸.....	(187)	二、核酸内切酶.....	(241)
五、生物体内某些重要的核苷酸衍		第四节 基因工程.....	(242)
生物.....	(188)	一、目的基因的制备.....	(242)
第三节 核酸的一级结构.....	(189)	二、基因载体及其与目的基因的体	
一、核苷酸间的连接键.....	(189)	外重组.....	(243)
二、核酸一级结构的概念及其表示		三、重组体的转化、筛选及目的基	
法.....	(189)	因的表达.....	(243)
三、核酸一级结构的测定.....	(191)	第十章 氨基酸代谢.....	(245)
四、DNA的一级结构.....	(192)	第一节 氨基酸的生物合成.....	(245)
五、RNA的一级结构.....	(194)	一、氨的来源.....	(245)
第四节 核酸的构象.....	(195)	二、氨基酸合成的一般途径.....	(249)
一、DNA的构象.....	(195)	三、个别氨基酸的合成.....	(253)
二、RNA的构象.....	(201)	第二节 氨基酸的降解.....	(258)
第五节 核酸的理化性质及其提取和		一、脱氨基作用.....	(258)
分离.....	(204)	二、脱羧基作用.....	(261)
一、一般性质.....	(204)	第三节 氨基酸降解代谢物的去路...	(263)
二、核酸的紫外吸收性质.....	(205)	一、氨的代谢去路.....	(264)
三、核酸的变性、复性及分子杂交		二、 α -酮酸的代谢去路.....	(266)
.....	(205)	三、胺类的代谢去路.....	(267)
四、核酸的沉降性质.....	(207)	第十一章 蛋白质代谢.....	(269)
五、核酸的提取及分离.....	(208)	第一节 蛋白质的生物合成(翻译)...	(269)
第八章 核苷酸代谢.....	(209)	一、蛋白质合成体系.....	(269)
第一节 核苷酸的生物合成.....	(209)	二、蛋白质的合成过程.....	(278)
一、核糖核苷酸的生物合成.....	(209)	第二节 蛋白质的降解.....	(285)

一、肽酶.....	(285)	四、果胶质.....	(309)
二、蛋白酶.....	(286)	五、木质素.....	(310)
第十二章 代谢调节.....	(288)	第二节 细胞膜.....	(311)
第一节 代谢调节的基本策略.....	(288)	一、细胞膜的化学组成.....	(311)
第二节 以细胞的分隔和透性为基础 的调节.....	(290)	二、细胞膜的结构.....	(314)
第三节 酶含量的调节.....	(291)	三、细胞膜的功能.....	(315)
一、酶合成的调节.....	(292)	第三节 细胞核.....	(317)
二、酶降解速度的调节.....	(298)	一、核的结构.....	(317)
第四节 酶活性的调节.....	(298)	二、核的功能.....	(318)
一、酶与配体非共价结合对活性的 调节.....	(298)	第四节 线粒体.....	(319)
二、酶促共价修饰作用与酶活性调 节.....	(304)	一、线粒体的结构.....	(319)
三、蛋白质有限水解作用与酶活性 调节.....	(305)	二、线粒体的功能.....	(320)
第十三章 细胞的生物化学.....	(307)	第五节 其他细胞器.....	(321)
第一节 植物细胞壁.....	(307)	一、叶绿体.....	(321)
一、细胞壁的组成.....	(308)	二、内质网.....	(322)
二、细胞壁中纤维素.....	(308)	三、高尔基体.....	(323)
三、半纤维素.....	(308)	四、溶酶体.....	(324)
		五、微体.....	(325)
		六、微管和微丝.....	(325)
		思考题与习题.....	(326)

绪 论

一、生物化学的内容

生物化学亦即生命的化学，是从亚细胞及分子水平上研究生命现象化学本质的一门科学。生物化学研究的对象是生物体。生物体的生命现象，比较明显的有生长、发育、运动、繁殖、衰老与死亡等。按照唯物主义的观点，不管生命现象是何等的神秘复杂，它同样是物质运动的一种形式，然而更为高级复杂的物质运动形式。可以肯定，任何一种生命现象，都与构成该生物体的各类物质的运动变化有着密切的关系。

已知构成生物体的物质的种类很多，有蛋白质、核酸、碳水化合物、脂类、维生素、激素、有机酸、生物碱、水和无机盐等。生物化学的内容之一，就是分析和研究这些物质的化学组成、结构、理化性质和生物功能等。它们是研究生命现象的化学本质的基础。由于蛋白质、核酸、多糖和一些复合脂类的分子量比较大，常把它们统称为生物大分子，它们是构成生物体的主要物质，也是生物体各种功能的主要执行者，是近代生物化学研究的重点。

在生命活动过程中，生物体不断地与外界环境进行物质交换和能量交换。一方面从环境中摄取为其生命活动所必需的物质，以供自身生长、发育、繁殖的需要。例如，植物从空气中吸收二氧化碳，从土壤中吸收水分和各种营养元素，在光的照射下，经过一系列化学变化，把它们转化成为构成自身的各种成分。另一方面，生物体内的物质也在不断地进行分解，并把分解的最终产物排出体外。上述这些过程称为物质代谢。生物体内在进行物质代谢的同时，还伴随着能量的吸收、贮存、传递、利用和释放的过程，此过程称为能量代谢。生物体的物质代谢和能量代谢总称为新陈代谢，它是生命现象的基本特征之一。新陈代谢中包括的众多的化学反应，一般说来，都是根据生命活动的需要和外界环境因素的变化，在不同细胞器内酶的作用下，按照一定的顺序与方向有条不紊地进行着。为此，研究生物体新陈代谢的规律及其调控机制，又是生物化学的一个重要内容。

现已知道，生物体内的各种物质，特别是生物大分子，都具有各自的生物功能，它们的功能与其自身的结构有着密切的关系。例如，细胞内有许多具有催化功能的蛋白质——酶，它们的催化活性与其分子结构密切相关；核酸是生物体内贮存和传递遗传信息的物质，生物的遗传变异，一些疾病的发生与防治，都与遗传信息的传递有关。近代遗传工程也就是利用核酸具有贮存和传递遗传信息的功能，经过精心的实验设计与创造而建立的。同样，核酸物质的这种功能，也是与它的分子结构密切相关的。所以，研究生物分子的结构与生物功能之间的关系，也是生物化学十分重要的内容。

综上所述，生物化学是研究生物体的化学组成，这些组成物质的结构、理化性质、代谢规律及其调节控制；和生物分子的结构与其功能之间的关系的一门学科。

生物的种类虽然十分繁多，结构各异，功能多样，各有特点，但是，它们都同样显示出生命的基本特征：具有复杂有序的结构及对环境反应的能力；不断地进行新陈代谢；能自我复制，繁殖后代。所以，各生物体内的基本生物化学过程仍保持了许多共同之处。研究生物体普遍存在的生物化学现象的学科，称为普通生物化学。根据生物化学研究的对象不同，它

又可分支为微生物生物化学、人体生物化学、动物生物化学、植物生物化学等。本教材以普通生物化学内容为主，同时侧重于植物生物化学。

二、生物化学的发展

早在公元前，我国古代劳动人民就已掌握了用发酵的技术酿酒、作酱、作醋与制造饴糖等。以后，在实践中又总结出了用海藻治疗瘰病，用猪肝治疗夜盲病……等医治缺素症的办法。这些发现，从现在的观点看虽然都属于生物化学的范畴，但不能说在那时就出现了生物化学。生物化学真正成为一门独立的学科，通常都认为是本世纪初的事情。

本世纪前，一些生物学家和化学家先后从生物体中分离出了甘油、苹果酸、尿素、氨基酸、蔗糖、葡萄糖、淀粉、脂肪、蛋白质与核酸等有机化合物；把对有机化合物进行定量分析的实验技术应用到生物界；发现了酶，并证明生物体内的反应是在酶的催化作用下进行的。19世纪末期，对酶的催化作用能否离体进行的问题，存有不同的看法。1897年，Buchner用不含细胞的酵母提取液使蔗糖实现酒精发酵，说明酶在离体条件下亦能发挥催化功能。这一工作为以后的物质代谢途径的研究开辟了新的道路。因此，才普遍认为：近代生物化学是从Buchner的无细胞发酵的工作开始。另外，20世纪初，人们又相继从生物体中发现了维生素和激素。至此，生物化学的体系基本形成，生物化学作为一门独立的学科已逐步得到科学界人士的公认。

进入20世纪后，随着物理、化学和生物科学的发展，以及诸如同位素、X-射线衍射、层析、电泳、超速离心等新的实验技术的不断地涌现，生物化学得到了蓬勃的发展。20年代，分离提取酶的工作在若干实验室中同时进行。1926年，Sumner首次从刀豆中分离并制得了脲酶的结晶，提出了酶的化学本质是蛋白质的科学论断。30年代，随着酶学的发展，作为物质代谢基本内容的糖酵解、三羧酸循环、脂肪酸 β -氧化、尿素循环和氧化磷酸化等主要物质的分解代谢途径，先后分别被著名的生物化学家Emden、Meyerhof、Krebs、Warburg、Keilin、Knoop等阐明。他们的研究成果过去是，现在仍然是今天生物化学中的重要内容。50年代，Pauling和Corey应用X-射线衍射技术研究并提出了蛋白质的 α -螺旋结构学说；Watson和Crick提出了脱氧核糖核酸（DNA）分子的双螺旋结构学说。随后，Sanger先后测定了胰岛素和几种核酸分子的一级结构。由于他们在生物大分子结构领域研究中的重大突破，使生物化学由此发展到一个崭新的历史阶段。在此基础上，1958年，Crick提出了遗传信息传递的中心法则；Nirenberg从1961年开始，用四年的时间破译了全部遗传密码。至此，人们便能从分子水平的深度阐明生物遗传变异的机理。60年代，Kendrew与Perutz利用X-射线衍射技术先后测定了鲸肌红蛋白与血红蛋白的三维结构；Monod提出了酶和蛋白质的变构效应；Hill发现水的光解放氧反应并与他人绘制了光合作用中电子传递的Z字图样；Mitchell为了阐明氧化磷酸化与光合磷酸化的机理，创建了化学渗透学说；Jacob等在研究代谢调控的机制中，提出了操纵子学说。上述成果连同70年代Singer构思出的生物膜的流动镶嵌模型和80年代Cech等人对核酶（Ribozyme）的发现，都是生物化学发展中具有开创性的研究成果。70年代是以DNA重组为核心的基因工程取得惊人成就的年代。首先是Smith等人发现了限制性内切酶；继而Jackson等借助限制性内切酶的作用完成了DNA的体外重组；最后，美国加州大学的研究室把重组后含有目的基因的DNA移入大肠杆菌内，结果按人们预期的目的实现了表达，合成了人生长激素和人胰岛素，70年

代以来,对于生物固氮与糖类物质功能的研究,均有新的发展。目前已经制得了若干种固氮酶的铁蛋白与钼铁蛋白的结晶,推知了它们的一级结构,在此基础上,对于两者的功能以及酶促固氮反应的机理,都有了较为深入的了解。随着复合多糖大量的发现,关于糖类物质的功能,也有了新的认识,据近期的研究报导,可以说,糖类物质是蛋白质和核酸之外的又一类重要的信息物质,细胞间的识别,绝大部分都是由糖蛋白中的糖链来承担的。

我国的科学工作者,解放后,在中国共产党的领导下,在现代生物化学的发展中也做出了重大的贡献。1965年9月,在世界上第一次人工合成了有生物活性的牛胰岛素。1972年,利用X-射线衍射技术测定了猪胰岛素分子的三维空间结构,分辨率达 $1.8\text{ \AA}$ 。改革开放以来,又于1981年首次合成了具有生物活性的酵母丙氨酸转移核糖核酸分子,在此领域内处于国际领先水平。1990年11月,中国科学院化学研究所的科研人员,用自己研制的扫描隧道显微镜在世界上首次清晰地观察到变性噬菌体脱氧核糖核酸的一种新结构——三链辫状结构。这是我国科学家在人类认识DNA这种生命活动的重要遗传物质方面所取得的新的认识,从而突破了DNA只有双螺旋结构的学说。

综上所述,可见生物化学虽然形成较晚,但在近期发展很快。生物化学是一切生物学的基础,由于生物化学的发展,就推动了分子生物学与分子遗传学等学科的形成,使总称为生物工程的基因工程、细胞工程、酶工程与发酵工程等现代高新技术问世。有人预言:21世纪将是生物工程技术大放光彩的世纪,届时,生物化学必将在更广泛的领域内为人类造福。

三、生物化学与人类生活的关系

生物化学与人类的生活有着密切的关系,它是农学、医学、轻工食品等学科的理论基础。

生物化学与农业科学 首先,农业科学研究的对象,不论是作物、蔬菜、果树或家禽,它们都是生物,都是生物化学研究的对象。欲使作物丰产,畜禽兴旺,就要运用生物化学的知识了解它们生长发育的规律。在此基础上,采取有效的措施,例如,使用激素或植物生长调节剂等生物化学的方法,使它们按照人们的愿望生长发育,以获得数量多、质量好的农产品。其次,无论是作物还是家禽,它们在生长发育的过程中,都需要从外界环境中摄取养分,经过吸收转化,合成构成生物体自身的各种物质。为此,在调配畜禽的饲料,改善土壤肥力时,都必须以生物化学的知识作为指导。第三,实践证明,改良品种,不仅可以提高粮食单位面积的产量,而且也能够改善农产品的质量,例如,增加谷物中蛋白质的含量或蛋白质中赖氨酸的含量。在培育新品种和评定农产品的品质时,也需要利用生物化学的知识和技术。第四,为使作物正常的生长,必须定时(或适时)喷洒农药,防止病虫害的发生和蔓延。同理,在家畜家禽的饲养过程中,也必须定期的防疫,发病后及时地医治。在此方面,不管是植物的化学保护或是畜禽的疾病防治,都离不开生物化学的知识。

生物化学与食品科学 俗话说“民以食为天”。食品化学是从化学的角度研究食品的成分与质量的科学。食品的质量决定于食品中各种营养素的相对含量。作为食品营养素的碳水化合物、脂肪、蛋白质和维生素等,也都是生物化学中主要研究的内容。什么样的物质可以作为营养素呢?研究证明,只有那些可被人体消化吸收,进入人的机体后,经过一系列的生物化学变化,能够释放能量、构成体质或调节代谢的物质,才被称为营养素。因此,生物化学与营养学又有密切的关系。食品中各营养素的相对含量,须用化学分析的方法进行测定。

食品分析与生物化学分析，不论从内容上、理论上或者操作方法上，也都非常近似。制造食品所需的原料，可以说全部来自农产品。农产品在贮藏加工成食品的过程中，内含的各营养素将会发生各种各样的变化，这些变化都与生物化学的内容密切相关。因此，生物化学与农产品贮藏加工学有着不可分割的关系。酿造工业在一定程度上也可以看成为食品工业，它与生物化学的关系更为密切。粮食在微生物的作用下发酵，经过一系列的生物化学变化，最后制得酒、醋、酱油、味精等饮料和调味品。早期生物化学就是从谷物发酵的研究中诞生的。

生物化学与医学 医学是以保护和增进人类健康、预防和治疗疾病为目的的一门科学，是直接关系到人类生存死亡的一门科学。它与生物化学的关系可从以下几个方面说明。在预防医学方面，通过改善食品的营养构成，参加适度的体力劳动或体育活动，保持正常的生活规律，都能达到增强体质、预防疾病的目的，这一切都可用生物化学的原理予以解释。在治疗医学方面，则可运用生物化学的理论与方法诊断和医治疾病。诊断方面最熟悉的例子是检查血清中谷丙转氨酶的活性，判断是否患有肝炎病；测定尿液中葡萄糖的含量，判断有无糖尿病。医治方面，现在临床上使用的一些抗癌药物，其药理作用，有的是破坏肿瘤细胞中DNA的复制，有的是破坏RNA的转录或蛋白质的生物合成。在肿瘤细胞遗传信息的传递过程中，只要使其中一个环节受阻，便可抑制癌细胞的生长与增殖。由此看出，在药理学中，更是离不开生物化学知识。一些药物，如激素、抗生素、酶制剂等还要靠生物化学的方法生产制造。

四、怎样学好生物化学

(一) 明确本门课程的属性 生物化学是属于生物科学范畴的一门学科，学习本门课程时，一定要与生物体和生命现象相联系。首先，在活的生物体中，每一种物质都有特定的生理功能，都会为生命活动作出自己应有的贡献。因此在学习蛋白质、核酸、碳水化合物等各生命物质时，一定要注意了解它们的功能，了解它们在生命过程中所发挥的作用。一般说来，在活的生物体中，没有不执行功能、不起作用的物质；对于一些生命物质，它的生理功能可能是目前尚不知道，绝不要輕易地把它们看成为无用的废物。第二，生命物质的生理功能，一方面与它们的三维结构密切相关；另一方面也与它们在细胞器内所处的地位与环境有关。生命物质单独存在时，一般不表现生命现象，但在生物体内，当它们以极其严格有序的方式组合成超分子的、亚细胞的或完整细胞的结构以后，或以游离状态转移到生物体内的某一部位后，才表现了生命现象。生物化学就要弄清，在什么情况下，无生命生命物质才会出现活性。第三，本课程中讲述的各生命物质在新陈代谢中所发生的变化，并不全是每时每刻地都在进行，有的只在生物体生长发育某一阶段出现。再则，生命物质的变化，是在生物体内特定的组织器官或特定的亚细胞内进行，并且是在生物催化剂——酶的催化作用下进行。

(二) 摆正它在专业教育中的地位与作用 在农科各专业中，生物化学是一门专业基础课。学习过程中，一方面要运用普通化学、分析化学、有机化学与植物学的理论知识去阐明生物化学中的问题；另一方面，也是更重要的，要注意与后续课和专业课的联系。

1. 与植物生理学的关系 生物化学与植物生理学的关系最为密切，要说明宏观的生理现象，就得以微观的生物化学知识加以解释。早在生物化学未独立之前，它的内容就包含在

植物生理学内，直到现在，在植物生理学的专著中，仍然含有很大篇幅的生物化学的内容。

2. 与遗传学的关系 自1953年，Watson与Crick提出了DNA分子的双螺旋结构学说后，生物遗传变异的奥秘即被揭开，知道了贮存、传递遗传信息的物质是DNA与RNA。自此之后，生物化学的材料在遗传学中的份量日益增多。

3. 与微生物学的关系 微生物是生物家族中的一大类成员，是生物化学研究的对象，讲微生物的生长发育和繁殖时，自然就离不开生物化学的内容。事实上，有很多生物化学的内容，就是从微生物的研究中发现的。

4. 与土壤农业化学的关系 土壤中存在多种微生物以及由它们分泌出来的土壤酶。在土壤酶的作用下，土壤中的有机物质便分解为可被植物吸收的营养成分。在论述土壤中营养元素的存在与功能时，都需要生物化学的知识。

5. 与植物保护学的关系 危害作物生长的昆虫、病菌、病毒也都隶属于生物家族。因此，研究它们生长发育及繁殖的规律、致病的机理、以及抑制和灭杀它们的方法，也必须以生物化学的知识作基础。

除此以外，生物化学还与细胞生物学、生态学、育种学及作物（果树、蔬菜）栽培学等有着多方面的联系，有关内容将在以后适当的章节中再作介绍，此处不再一一赘述。

（三）掌握本门课程的特点 第一，生物化学是一门比较年青的、正在迅速发展中的实验性的学科。教材中的内容都是来自近代实验研究的成果，记述性的多，推理性的少。学习起来，需要记忆的内容多，着重理解的内容少。学习时，一定要下功夫在弄懂的基础上把一些重要的内容牢记下来，并尽可能的多记一些。第二，生物化学中的分子结构式都比较大，书写起来较为麻烦，为简单起见，有时就在反应式中用中文名称表示。但是，千万不要因此而放弃了对一些重要结构式的记忆与运用。需知生命现象的化学本质，有的就是通过这些结构式体现的，该记的还得要记。另外，生物化学中的反应经常是一步接一步的连续进行的，由底物到终产物间的变化，有的需要十多步的反应才能完成，学习此类反应时，一定要注意前后间的联系，把握变化的规律。第三，由于生物体种类繁多，造成了生物化学的内容面广量大，让人觉得有点庞杂。应当看到，生物化学发展到今天，知识的积累来之不易，每一内容都凝结了科学家多年的心血与劳动。Sanger花费了八年的时间，才测定出胰岛素的一级结构，我们应当尊重前人的劳动成果，继承前人的工作，为生物化学的发展作出自己的贡献。而且，一旦我们学习深入进去，掌握了本学科的逻辑体系，就会发现生物化学的内容，相互间的联系亦然是相当紧密的。

李品愈

第一章 蛋白质化学

第一节 蛋白质概述

19世纪中期，荷兰化学家Gerardus Mulder (1802—1880) 从动植物体中提取出一种共有的物质。他认为：“这种物质在有机界的一切物质中无疑是最重要的，缺少它，我们这个星球上的生命很可能就不存在。”根据瑞典化学家Berzelius的提议，Mulder将这种物质命名为Protein (该词系从希腊文Proteios转化而来，意指“第一重要的”)。从蛋白质发现至今，人们认识到蛋白质正象该名字原有的含意一样，对于生命的存在和活动起着至关重要的作用。生命这种物质运动的高级形式完全是通过蛋白质的作用来实现的。正如恩格斯在一百多年前所提出的那样：“无论在什么地方，只要我们遇到生命，我们就发现生命是和某种蛋白体相联系的，并且无论在什么地方，只要我们遇到不处于解体过程的蛋白体，我们也无例外地发现生命现象。”

蛋白质是细胞内含量最高的组分之一。蛋白质既是组成简单、分布广泛，也是结构和功能多样化、种类最多、最为活跃的一类生物大分子，分子量约为5,000~1,000,000。20种不同的氨基酸以特定的排列组合形成各种各样的多肽链(蛋白质)。各种多肽链又以其特有的折叠方式折叠成形形色色的空间构象。据估计自然界约有 10^{10} ~ 10^{12} 种蛋白质，它们的结构都各不相同。正是由于蛋白质分子在结构上的差异才构成了它在复杂的生命活动中扮演各自角色的基础。

生物体中除蛋白质外，还存在着另一类极为重要的物质——核酸。核酸是生物遗传信息的携带者。核酸分子中遗传信息的贮存，传递和表达决定着生物的遗传、生长、发育等各种生命现象。而这一切都是由核酸分子所携带的遗传信息最终通过控制蛋白质来实现的。以三联体密码形式存在于核酸分子中的遗传信息被翻译成蛋白质分子中的氨基酸顺序，而这种顺序就决定了它所特有的空间结构和功能。

蛋白质结构上的多样性决定了其功能上的多样性。蛋白质在生物体内起着催化、运输、运动、防御、调节等多种生物功能。蛋白质的有关功能列于表1-1。

正因为蛋白质在生命体中扮演着如此重要的角色，深入了解蛋白质的结构、性质、功能的有关知识是认识生命本质的关键。

第二节 蛋白质的化学组成

一、蛋白质的元素组成

经元素分析，蛋白质一般含碳50~55%，氢6~8%，氧20~23%，氮15~18%，硫0~4%。有些蛋白质中还含有少量的磷、铁、锌、铜、钼、碘等元素。各种蛋白质的氮含量比较恒定，一般平均为16%。并且生物体中所含的氮，绝大部分是蛋白质氮。因此，可由测定生物样品中的含氮量，粗略地计算出其中的蛋白质含量。(试样中蛋白质含量 = 试样中含

氮量×6.25*)

表 1-1 蛋 白 质 的 功 能

类 别	功 能	实 例
酶 蛋 白	催化细胞内几乎所有的化学反应，控制生物的新陈代谢	α -淀 粉 酶
运 输 蛋 白	小分子和离子的细胞间以及细胞器间的转运	血 红 蛋 白
运 动 蛋 白	生物机体的组织器官或整体的运动	肌 动 蛋 白
激 素 蛋 白	调节有机体的各种新陈代谢活动	牛 胰 岛 素
贮 藏 蛋 白	贮藏营养	大 豆 球 蛋 白
防 御 蛋 白	防御致病微生物或病毒的侵入	免 疫 球 蛋 白
结 构 蛋 白	某些细胞组织的构成成份	角 蛋 白
受 体 蛋 白	接受和传递调节信息	钙 调 蛋 白
毒 蛋 白	侵入动物体能引起中毒症状甚至死亡	蛇 毒

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

蛋白质是一种分子量较大，结构复杂的生物大分子。但是，各种蛋白质都可被酸、碱或蛋白水解酶催化水解。在蛋白质的水解过程中，由于水解的方法和条件不同，可以得到一系列不同分子量的降解物。

降解物：蛋白质---→肽---→多肽---→二肽---→氨基酸
分子量 >10⁷ ~5-10⁵ 2×10³ 500-1,000 ~200 ~100
(道尔顿)

随着水解条件的改变，肽以前的这些降解物最终都可以水解成氨基酸。而氨基酸则不能水解成更小的单位。因此，我们说蛋白质的基本组成单位是氨基酸。

第三节 氨基酸

一、蛋白质中的氨基酸

(一)氨基酸的结构 氨基酸是指含有氨基的羧酸。已知组成生物体蛋白质的氨基酸常见的有20种。其中19种为 α -氨基酸，仅有一种为亚氨基酸。 α -氨基酸的通式为： $R-CH-NH_2$ 。

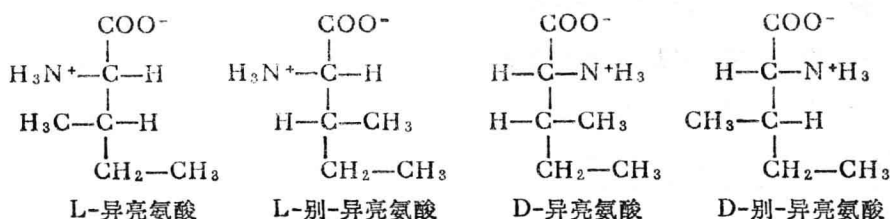


*更精确地算时，大米用6.0，花生种子用5.96，麦类与大豆种子用5.7，油料种子用5.3，谷饼和油料饼用5.4~5.8。

20种氨基酸的不同点,在于各有不同的R基团。组成蛋白质的20种氨基酸,除甘氨酸外,其余氨基酸的 α -碳原子都是手性碳原子。因而每一种氨基酸都有D-型和L-型两种立体异构体。从蛋白质水解得到的 α -氨基酸都属于L-构型。但在生物体内也存在着D-型氨基酸。例如,某些细菌就可以利用D-氨基酸合成抗菌素如短杆菌肽。



异亮氨酸、苏氨酸等除含有 α -手性碳原子外,还含有第二个手性碳原子。因此,就有四种可能的异构体。但是,只有L-异构体用于蛋白质合成。异亮氨酸的四种异构体表示如下:



(二) 氨基酸的分类 氨基酸有多种分类法。组成蛋白质的20种 α -氨基酸可根据R基团的结构不同,分成四大类。1. 脂肪族氨基酸: 1) 一氨基一羧基氨基酸: 甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、甲硫氨酸、半胱氨酸、丝氨酸、苏氨酸; 2) 一氨基二羧基氨基酸: 谷氨酸、天冬氨酸; 3) 二氨基一羧基氨基酸: 赖氨酸、精氨酸; 4) 酰胺: 谷氨酰胺、天冬酰胺。2. 芳香族氨基酸: 苯丙氨酸、酪氨酸。3. 杂环氨基酸: 组氨酸、色氨酸。4. 杂环亚氨基酸: 脯氨酸。

也可以根据氨基酸的酸碱性质分为三类,即酸性、碱性和中性氨基酸。谷氨酸和天冬氨酸属于酸性氨基酸。赖氨酸、精氨酸和组氨酸属于碱性氨基酸,其余则为中性氨基酸。

还可以根据R基团的极性不同分为四大类: ①非极性或疏水的。②极性但不带电荷。③pH7时带负电荷。④pH7时带正电荷。由于这种分类方法更有利于认识各种氨基酸在蛋白质的结构、性质、功能上所起的作用,故被广泛地采用。见表1-2。

(三) 稀有氨基酸 除上述20种氨基酸外,有些蛋白质中还含有少量其它的氨基酸,如4-羟基脯氨酸,5-羟基赖氨酸,它们分别是脯氨酸和赖氨酸的衍生物,是在蛋白质合成以后,通过酶催化修饰而形成的。所以,这些氨基酸没有相应的遗传密码。由于这些氨基酸不常见,仅在某些蛋白质中存在,故叫稀有氨基酸。如在动物的胶原蛋白中含有较多的4-羟基脯氨酸和5-羟基赖氨酸。植物细胞壁的结构蛋白中也富含4-羟基脯氨酸。

(四) 必需氨基酸 有些氨基酸在人和非反刍动物体内不能合成,需从食物中吸取,以保证正常生命活动的需要,这种氨基酸就叫必需氨基酸。成人的必需氨基酸有八种,它们是: 苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、赖氨酸、蛋氨酸。人体内虽然可以合成组氨酸和精氨酸,但合成速度不快,不能满足人体的需要。人们把这两种氨基