

高等学校試用教材

生物化学

(适用于發酵工学專業)

無錫輕工业学院 編

中国財政經濟出版社

高等学校試用教材

生 物 · 化 学

(适用于發酵工學專業)

無錫輕工業學院 編

中国財政經濟出版社

1961年·北 京

高等学校試用教材
生 物 化 学
(适用于發酵工學專業)
無錫輕工業學院 編

*

中国財政經濟出版社出版
(北京永安路18号)
北京市書刊出版業營業許可証出字第111号
中国財政經濟出版社印刷厂印刷
新华書店北京发行所发行
各地新华書店經售

*

850×1168 毫米 $\frac{1}{32}$ · $12\frac{2}{32}$ 印張 · 309 千字

1961 年10月第1版

1961 年10月北京第1次印刷

印数: 1~1,300 定价: (10)1.75 元

統一書号: 15168·049

前 言

本書是根据1961年3月輕工業部召开的高等学校專業教材會議的決定，由無錫輕工業學院主持选編的。参加本書編写提綱討論的，除無錫輕工業學院外，还有华南化工學院、北京輕工業學院、河北輕工業學院、沈陽輕工業學院等。主要执笔人，是無錫輕工業學院陆城同志。

本書編写时，主要参考了克里托維奇著“植物生物化学基础”一書。

本書的教学时数为90至120学时，輕工業高等学校發酵工學專業四、五年制的可以通用，專修科借用时宜做必要的刪减。

本書經輕工業部教材編审委員會組織有关人員校閱过，可以作为輕工业高等学校試用教材。

目 录

第一章 緒論	(7)
一、生物化学的定义、研究范围以及与發酵工業的关系	(7)
二、生物化学的發展簡史	(8)
三、我国在生物化学方面的成就与貢獻	(10)
第二章 植物的一般化学成分	(14)
第三章 水与矿質元素	(16)
第一节 水分	(16)
第二节 矿質元素	(18)
第四章 糖类的化学	(21)
第一节 糖类在植物界的分布及其生理功用	(21)
第二节 單糖的化学	(21)
第三节 二糖的化学	(40)
第四节 多糖的化学	(46)
第五章 脂类的化学	(82)
第一节 脂类的特征、在植物界的分布及其生理功用	(82)
第二节 脂类的分类	(84)
第三节 脂肪	(85)
第四节 蜡	(95)
第五节 磷脂	(96)
第六节 固醇	(101)
第六章 蛋白質的化学	(105)
第一节 蛋白質的特征、在植物界的分布及其生理功用	(105)
第二节 蛋白質的化学成分	(107)
第三节 蛋白質的顏色反应	(131)

第四节	蛋白質的分子結構	(134)
第五节	蛋白質的物理化学性質	(144)
第六节	蛋白質的分类	(154)
第七节	單純蛋白質	(155)
第八节	結合蛋白質	(159)
第七章	維生素	(170)
第一节	維生素在生物体内的功用	(170)
第二节	維生素的分类及命名	(172)
第三节	脂溶性維生素	(173)
第四节	水溶性維生素	(186)
第五节	微生物法測定維生素	(206)
第八章	酶	(211)
第一节	酶与一般催化剂的比較及其命名与分类	(211)
第二节	酶的化学本質及其組成	(216)
第三节	酶的理化性質	(228)
第四节	酶作用的机理	(230)
第五节	酶作用的动力学	(234)
第六节	影响酶反应的因素	(237)
第七节	酶作用的特異性	(246)
第八节	淀粉酶	(249)
第九节	脂肪酶	(259)
第十节	蛋白質酶类	(261)
第九章	植物次生物質	(273)
第一节	脂肪族有机酸	(273)
第二节	糖苷类	(275)
第三节	鞣質	(284)
第四节	生物硷	(287)
第五节	植物生長刺激素	(290)
第十章	新陈代謝通論	(294)

第一节	新陈代謝在有机体内所起的作用	(294)
第二节	新陈代謝与外界环境的关系	(295)
第三节	新陈代謝在有机体内的协调性	(296)
第四节	新陈代謝过程的复杂性	(296)
第五节	应用同位素研究新陈代謝	(297)
第十一章	呼吸与發酵	(301)
第一节	生物氧化的特点	(301)
第二节	生物氧化的学說及其發展	(302)
第三节	生物体内的氧化-还原体系	(306)
第四节	氧化-还原酶	(309)
第五节	需氧呼吸	(317)
第六节	發酵和植物的缺氧呼吸(分子内呼吸)	(327)
第七节	呼吸与發酵(或植物的缺氧呼吸)之间的关系	(329)
第十二章	糖类的代謝	(331)
第一节	植物有机体中糖类的合成	(331)
第二节	植物有机体中糖类的分解	(343)
第三节	有机酸代謝	(354)
第四节	微生物的有机酸代謝	(355)
第十三章	脂类的代謝	(360)
第一节	植物有机体中脂肪的形成	(360)
第二节	脂肪酸形成的机理	(361)
第三节	植物有机体中脂肪的分解	(363)
第四节	脂肪酸的 β -氧化作用	(364)
第五节	类脂肪的代謝	(368)
第十四章	蛋白質的代謝	(369)
第一节	植物有机体内氮化合物的同化作用	(369)
第二节	植物有机体内氨基酸与蛋白質的合成	(370)
第三节	植物有机体内蛋白質与氨基酸的分解与轉变	(377)
第十五章	植物有机体内新陈代謝諸过程的相互联系	(385)

第一章 緒 論

一、生物化学的定义、研究范围以及 与發酵工业的关系

生物化学是研究生物体的化学組成、生命活动过程中所發生的各种化学变化以及生物体与环境的关系的一門科学。

从生物化学發展的过程来看，可分为三个阶段：第一阶段称为靜态生物化学，这一阶段的主要內容是研究生物体的化学組成。第二阶段称为动态生物化学，这一阶段的主要內容是研究生物体在生命活动过程中所發生的各种化学变化。第三阶段称为机能生物化学，这一阶段的主要內容是联系生理机能及外界环境条件来研究生物整体的化学变化，这是近代生物化学中極其重要的研究內容。这三个阶段是生物化学在發展过程中的必經步驟，它們之間是互相銜接和联系着，而不是彼此脫节和孤立的。这是因为：如果不經過靜态生物化学的阶段来了解生物体的化学組成，就不可能达到动态生物化学的阶段；如果不先研究动态生物化学以了解生物体生命活动过程中所發生的各种化学变化，則机能生物化学便不能向前發展。在研究机能生物化学的同时，仍然少不了对靜态生物化学及动态生物化学的研究，因此它們之間是相輔而行，相互为用的。但是从这三者的关系中可以看出，机能生物化学是生物化学發展的較高阶段。

若按生物化学研究的对象来看，可分为动物生物化学和植物生物化学兩种。

發酵工業多涉及生物化学問題，故必须具备基本的生物化学知識，而研究对象应以高等植物和微生物生物化学为重点。發酵工業多采用植物性原料，其中很多是有生命的物質，因此一方面要对原料的主要物質組成有所認識，另一方面还应了解其体内所进

行的新陳代謝作用，以便為合理使用與保存原料奠定理論基礎。為研究植物體的新陳代謝作用，首先必須對酶有所認識，這樣可以為認識發酵工藝過程中的生物化學變化打下基礎。

在發酵工業上，當原料經發酵變為成品時，中間經過極其複雜的生物化學變化。這一系列的變化是由微生物所引起的，因此研究微生物生物化學能使我們對發酵工藝過程有深刻的認識，這樣，對各工藝條件便能更好地加以控制和改進，從而使產品的質量得以提高，使數量得以增加。

本課程是以高等植物為研究對象，適當地涉及微生物，而微生物生物化學則另設課程詳加研究。

本書的前面幾章是敘述組成植物的主要物質，包括水與礦質元素、糖類（碳水化合物）、脂類和蛋白質等的結構、物理化學性質及其功能。這部分屬於靜態生物化學。後面各章是敘述這些物質的代謝作用和有關這些作用的酶、維生素、植物生長刺激素等，這些則屬於動態生物化學，它也聯系到機能生物化學部分。

二、生物化學的發展簡史

生物化學是一門新興的科學。在19世紀末葉以前，有關生命化學的問題是由有機化學和生理學來進行研究的，後來由於社會物質生活發展的需要，促進了理論與應用自然科學向前發展，從而划分出了研究生命物質的一門新科學。雖然生物化學發展成為一門獨立的科學為時甚晚，但在古代，人類便與生物化學發生了聯系，並且通過實踐積累了许多與生物化學有關的寶貴經驗。例如釀酒、鞣革、製造發酵食品以及研究葯劑對人體的影響等。不過在古代對於生物體的成分以及生物體內所發生的各種過程的知識極為有限。到中世紀才開始用化學方法研究植物、動物和人。15世紀下半葉開始研究有機體的化學成分以及有機體內所發生的物質變化。18世紀起生物化學才有很大的進展。

1748年俄羅斯的科學家羅蒙諾索夫(М. В. ЛОМОНОСОВ)(1711

~1765) 首先發現自然界的总規律，即物質及运动的不灭定律。这一規律确定了自然界中一切变化的物質基础。它不仅推翻了神秘的“生命力”学說，并且給生命的化学發展奠定了新的基础，使生命的化学走上了新的阶段。罗蒙諾索夫并着重指出化学在認識与了解生命現象中的意义。

在罗蒙諾索夫的物質及运动不灭定律的基础上，拉瓦錫(A. L. Lavoisier)(1743~1794)發現氧气在生物呼吸作用中的功用，他确定了在呼吸过程中氧气被吸入体内而二氧化碳被排出体外，这使人类对生物机体中的氧化作用有了初步的認識。

当唯心的生机論观点被罗蒙諾索夫的物質及运动不灭定律推翻后，魏勒(F. wöhler)(1800~1882)于1828年第一次用人工方法由無机物合成了有机物——尿素，这样便消灭了有生命物質与無生命物質中間所存在的人为深淵，对唯心的“生命力”学說作了进一步的打击，同时也对生物化学的發展起了極大的推动作用。

在魏勒合成尿素之后，李畢赫(J. Liebig)(1803~1873)进行有关生理化学的研究，他对于植物的营养問題得到了重要的結論，即植物为了維持正常的生長，不仅需要二氧化碳，而且还需要由土壤中吸取無机物質。

巴斯德(L. Pasteur)(1822~1895)从事發酵作用的研究，他的研究結果对發酵工業的改进及發展有很大貢獻，但是由于当时科学水平关系，他对發酵理論却作了錯誤的解釋。他認為發酵作用是活体微生物活动的結果，只有完整的微生物細胞才能引起發酵作用。李畢赫反对这种錯誤观点，他認為微生物之所以能使作用物發酵，并非由于微生物本身的生活机能，而是由于微生物細胞內所含發酵酶作用之故。这个正确观点在1871年馬那謝娜(M. M. манассеина)發現已被破坏的酵母死細胞仍能使糖發酵后而被証实。这样，發酵作用及發酵酶的正确概念乃得以建立。

丹尼列夫斯基(A. Я. данилевский)(1839~1923)从事于蛋白質的結構及合成的研究，在1886年他發現蛋白質的水解产物在

体外可借酶的作用而重新結合成一种类似蛋白質的物質，称类蛋白。1899年費什尔(E. Fischer) (1852~1919) 从事于多肽的合成，他和同工作者曼登汉登(E. Abderhalden) 分別合成了含有18和19个氨基酸的多肽。虽然，他們合成的类蛋白与多肽都不是眞正的蛋白質，但在人工合成与生命現象关系最密切的蛋白質問題上，却指出了一个方向。

季米里亞捷夫(К. А. Тимирязев) (1843~1920)研究綠色植物的光合作用和叶綠素的化学，并指出叶綠素在光合作用中的功用。他的工作在植物生物化学的發展上起了異常重大的作用。

路宁(Н. И. Лунин) (1854~1937) 从事于营养学的研究工作，他發現了維生素的存在。維生素的發現給近代营养学奠定了基础。

巴赫(А. Н. Бах) (1857~1946)創氧激活說，他指出生物机体內的氧化过程与过氧化物的生成有密切关系，而且氧化酶是起着主要的催化作用。巴拉金(В. И. Палладин) (1859~1922)創氫激活說，他提出生物氧化过程中起主要催化作用的不是氧化酶而是呼吸色素元。他們的学說奠定了近代生物氧化理論的基础。生物氧化在生物的代謝过程中占有極其重要的位置。

在生物化学的各项研究工作中，还有許許多多人进行过辛勤的劳动，上面所列举的仅仅是其中貢獻最大的几位及其研究結果而已。到19世紀末与20世紀初，生物化学已發展成为生物科学的一个独立部門。虽然它建立的时间較晚，但其發展的速度却很迅速。

三、我国在生物化学方面的成就与貢獻

在我国，生物化学作为一門系統的科学虽然仅有四十多年的历史，但我們的祖先在很久以前就已在生物化学方面积累了很丰富的知識。譬如，食品工業和發酵工業方面：在公元前22世紀已能釀酒，公元前12世紀已会制醬和制飴糖，公元前6世紀已知

做麵，并使用麵来增进消化能力；公元前2世紀已会做豆腐及豆豉，并知用豆豉来做健胃剂。医学方面：公元4世紀已知用海藻酒治疗甲状腺腫；7世紀时即采用葯草治疗脚气病，猪肝治疗雀目；10世紀起利用动物臟器調节人体机能；10世紀后由于講求飲食卫生而有叙述食物形态及性質的專書出版；16世紀李时珍著“本草綱目”中对人体的代謝产物有詳細观察，对葯用植物亦有詳細記載。因此，我們的祖先对生物化学的發展是有很大貢獻的。

1917年，我国的医学院首先開設生物化学課程，后来农学院也相繼開設了这个課程，国内生物化学一天天向前發展。虽然如此，在1926年以前生物化学的工作，仅有零星的食物分析和营养調查。1927年以后，我国生物化学研究工作才正式开始。

解放以前，由于国民党的反动統治和对科学的摧殘，生物化学研究工作的开展受到很大限制。解放后，在党和政府的正确领导下，生物化学获得了很大的發展，研究機構扩充，研究工作者队伍扩大，故在短短的十余年来，作出了出色的成績。其中主要工作有下列几个方面：

（一）蛋白質

对肌肉中原肌球蛋白的抽提、淨化、結晶、化学結構、物理化学性質、化学基团与聚合的关系以及不同来源的同蛋白的比較和功能关系进行了系統而深入的研究。从肌肉中提取出一种新的肌肉蛋白，并对它进行了物理化学特性及化学結構的測定。此外，还对神經系統和結締組織蛋白进行了分离和研究。

（二）酶

这方面的絕大部分工作系对酶的提純、性質与作用动力学的研究，較為突出的成果为：

1. 琥珀酸脫氢酶的提純及其輔基成分的确定，解决了多年来未搞清的輔基性質問題。

2. 利用两个酶系竞争一个共同联系因素，研究了若干底物

通过細胞色素系統氧化的途径，为研究复杂酶系統提供了一个有效的方法。

(三) 新陈代謝

1. 植物方面 对植物体糖类轉化机理的研究，証明了植物借磷酸化酶作用而形成淀粉，光的促进作用主要在于形成高能磷酸鍵。对水稻幼苗呼吸作用途径的研究，发现了代謝途径的多样化。

2. 微生物方面 研究了金霉菌的生理和金霉素生成的关系，借磷酸鹽对金霉素产量的影响，証明菌体糖代謝存在着两条途径，并选育了优良菌种，有力地推动了發酵工業的生产。

3. 动物方面 对动物肝組織的色氨酸降解代謝，腦組織的氨基酸分布与糖代謝关系，維生素代謝等进行了一系列的工作。

(四) 食物与营养

对各地食物营养成分的分析作了不少工作，发现了許多丰富的維生素C来源。在居民团体中进行不少营养調查并提供了改进依据。

此外，对氨基酸和有机酸發酵，工業用酶及維生素的制造，抗菌素的結構和合成，临床生化鉴别診斷的研究都有一定的成績。

解放十余年来，我国生物化学工作的發展是很迅速的，成就也是十分显著的。但与形势發展的要求还存在着一定的距离，因而要求我們生物化学工作者，必須树雄心、立大志、鼓足干劲、力爭上游，在党的领导下与广大羣众一起共同努力，使生物化学的研究工作以更迅速地步伐向前迈进。

我国生物化学工作者今后应该在食品工業，發酵工業，医药工業，农产品貯藏、加工与綜合利用等方面大力加强技术生物化学的研究，解决生产实践中提出的一系列生物化学問題。有关医学生物化学的研究以及提高农、林、牧、副、漁产品产量和質量的有关的生物化学問題的研究，也都应大大加强。

基本理論的研究是社会主义科学事業中的一个重要方面。生物化学方面基本理論問題的解决，可以从根本上解决許多生物学中的重大問題，如遺傳、变異、免疫等。我們应重点地研究核酸和蛋白質（生命的物質基础）問題以及生物体的新陳代謝（生命現象的基本特征）問題等。

此外，还要大力發展生物化学和生物物理学的新技术，因为新技术的应用会使研究工作發生革命性的变化和开辟新的研究領域。

第二章 植物的一般化学成分

在發酵工業方面，一般多采用植物性物質为原料，利用植物体内的各項化学成分来进行發酵。由于植物种类不同，或虽同一植物，但由于其器官不同，它們的化学成分也不相同，故在选择和使用原料之前，首先应对原料的成分加以研究。植物体内，一般含有水分、糖类、脂类、蛋白質、維生素、矿質元素和植物次生物質等。現就数种發酵工業上常用的植物的根、莖、花、果实和种子的主要組成成分列表如下：

表 2-1 植物根的主要成分

名 称	水 分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	糖 类 (%)	粗纖維 (%)	灰 分 (%)
甘 薯	67.0	2.3	0.2	29.0	0.5	0.9
木 薯	70.25	1.12	0.41	26.58	1.11	0.54

表 2-2 植物莖的主要成分

名 称	水 分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	糖类或無 氮浸出物 (%)	粗纖維 (%)	灰 分 (%)	其 他
馬 鈴 薯	79.0	1.9	0.7	28.0	1.4	1.2	單宁 % 0.41
蕷 根	12.7	24.1	1.5	43.4	10.4	7.9	
土茯苓(白)	8.58	2.51	—	63.96	—	2.23	
稻 草	13.2	5.5	2.2	33.5	35.3	10.3	
小 麦 秸	13.5	2.7	1.1	35.9	37.0	9.8	
玉 米 秸	9.4	5.9	1.6	46.6	30.7	5.6	

表 2-3 植物花的主要成分

名 称	水 分 (%)	粗蛋白質 (%)	酒 花 油 (高級油) (%)	粗纖維 (%)	灰 分 (%)	酒花树脂 (%)	單 宁 (%)
酒 花 (忽布)	5~15	12~24	0.6~0.8	45~75	5~15	10~20	1~6

表 2-4

植物果实的主要成分

名 称	水分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗 脂 肪 (%)	糖 类 (%)	粗纖維 (%)	灰 分 (%)	單 宁 (%)
苹 果	84	0.2	0.1	15.0	—	0.2	—
葡 萄	88	0.2	—	10.0	—	0.2	—
橡 子	14~15	3~4	1.5~2.5%	60~70	4~5	2~3	3~4

表 2-5

植物种子的主要成分

名 称	水 分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗 脂 肪 (%)	糖 类 (%)	粗纖維 (%)	灰 分 (%)
梗米-机米	12.0	7.5	0.5	79	0.2	0.4
大 麦	12.26	13.53	2.77	63.7	2.27	1.79
玉蜀黍(黄)	12.0	8.5	4.3	73.0	1.3	1.7
紅 高 粱	9.0	9.9	4.7	72.5	1.8	2.5

第三章 水与矿质元素

第一节 水分

一、植物組織中的水分

植物体都含有水分，其含水量随植物种类的不同、同一植株的不同器官、同一器官的不同組織、生長环境以及生長时期等而異。現將数种植物組織的含水量列表如下：

表 3-1. 一些植物組織的含水量(鮮重)
(表中数字系近似平均值)

材 料	水 %
藻 类	96~98
番茄果实、黄瓜果实	94~95
胡萝卜根、洋葱鳞茎	87~91
草本植物的叶子	83~86
木本植物的叶子	79~82
馬鈴薯塊莖	74~80
树 干	40~55
谷类作物的种子(風干状态)	12~14
地 衣	5~7

二、水分在植物生命活动中的作用

1. 水分是植物原生質的組成分之一，活的原生質的含水量总在90%以上。假若含水量减少，原生質即由溶膠状态轉而为凝膠状态，以致活动力减弱。

2. 植物体在新陈代谢过程中，各个生化反应的进行必須以水为媒質。

3. 水是植物进行同化过程的原料之一。例如，光合作用便