

中等专业学校轻工专业试用教材

生物化学

(适用于工业发酵专业)

刘孝民 主编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书是轻工业部教育司组织编写的中等专业学校轻工专业试用教材之一,介绍与工业发酵专业有关的生物化学知识。全书共分十章,第一章为非生物类专业的读者编写了必要的生物学知识,第二章至第五章介绍了蛋白质、酶、核酸、糖类发酵原料的化学,第六章至第十章包括与形成发酵产物有关的糖代谢、脂代谢、氨基酸代谢、能量代谢、核酸及蛋白质生物合成的内容,并于有关章节重点介绍代谢调节、遗传育种的基础知识。每章都附有提要和思考题。

本书可作为中等专业学校、各类职业技术学校,企业中级技术人员培训、成人教育有关专业的教材,也可以供高等学校有关专业学生、教师 and 科技工作者参考。

中等专业学校轻工专业试用教材 生物化学 (适用于工业发酵专业)

•
刘孝民 主编
轻工业出版社出版
(北京广安门南滨河路25号)
轻工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

•
850×1168毫米¹/₃₂印张: 10²⁰/₃₂字数: 266千字

1990年4月 第一版第一次印刷

印数: 1-11,500 定价: 2.50元

ISBN7-5019-0783-8/TS·0511

编写说明

本教材是根据轻工业中等专业学校工业发酵专业《生物化学》教学大纲编写的。

本书着重介绍工业发酵专业必备的生物化学知识，结合中等专业学校特点，删简了普通生物化学中有关激素、光合作用、磷脂代谢、核苷酸代谢等内容，适当增加了发酵工业各主要门类产品生成的生物化学途径、有关代谢控制发酵和工业微生物遗传育种的生化理论知识，因此它实际上已经是基础应用生物化学的一个分支。

本书是中等专业学校工业发酵类专业的教材，也可用作各类职业技术学校及企业中级技术人员进修、培训的教材。为适应不同教学目的，及不同层次读者的需要，书中编入部分参考阅读内容（标题带•号者）。

本书由轻工业部教育司组织编写。编写分工如下：刘孝民（安徽省第一轻工业学校）主编，并编写第一、四、九、十章及各章提要；刘振中（湖南省轻工业学校）编写第五、六、七章；朱小洁（长春市轻工业学校）编写第二、三、八章。大连轻工业学院严复教授主审。

本书编写过程中，得到轻工中专食品、发酵教学研究会的指导。在初稿交流使用和审稿工作中，轻工业部广州轻工业学校、福建省侨兴轻工业学校、浙江省轻工业学校、山东省轻工业学校等单位不少同志对初稿提出了很好的修改意见。在此，我们表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

编者

目 录

第一章 必要的生物学知识.....	(1)
第一节 生命的特征.....	(1)
第二节 生命的化学基础.....	(3)
一、生物元素.....	(4)
二、构成细胞的化合物比例.....	(6)
三、生物体的有机成分.....	(7)
四、生物体的无机成分.....	(10)
第三节 生命的结构基础.....	(11)
一、细胞是生命的结构基础.....	(11)
二、原核生物和真核生物.....	(12)
三、真核细胞的结构和功能.....	(14)
• 四、细菌和病毒.....	(22)
五、细胞的繁殖.....	(24)
第四节 细胞的新陈代谢.....	(27)
一、细胞的环境.....	(27)
二、物质交换的方式.....	(28)
三、能量代谢的方式.....	(32)
第五节 生物化学是生命的化学.....	(37)
一、生物化学的研究对象.....	(37)
二、生物化学与发酵工业的关系.....	(38)
三、生物化学的学习方法.....	(38)
提要.....	(39)
思考题.....	(40)
第二章 氨基酸和蛋白质.....	(42)
第一节 氨基酸.....	(42)
一、氨基酸的结构通式.....	(42)

二、组成蛋白质的20种氨基酸	(44)
三、氨基酸的主要理化性质	(48)
四、氨基酸的分离、制备	(54)
第二节 蛋白质的化学	(56)
一、蛋白质的生物学意义	(56)
二、蛋白质的元素组成与分类	(57)
三、肽	(60)
四、蛋白质的一级结构	(61)
五、蛋白质的三维构象	(63)
六、蛋白质的性质与分离制备	(69)
七、蛋白质的变性	(74)
八、蛋白质的颜色反应	(75)
提要	(76)
思考题	(77)
第三章 酶	(79)
第一节 酶的概念	(79)
一、酶是生物催化剂	(79)
二、酶的化学本质与组成	(82)
三、酶的分类和命名	(84)
第二节 酶作用机理	(87)
一、酶的活性中心	(88)
二、酶的底物专一性	(89)
第三节 酶反应动力学	(91)
一、酶反应速度的测定	(91)
二、影响酶反应速度的因素	(92)
第四节 重要的辅酶 (辅基) 及其生理功能	(101)
第五节 调节酶和诱导酶	(109)
一、酶的别构效应	(109)
二、酶的共价修饰	(111)

三、诱导酶	(112)
• 第六节 酶制剂工业	(113)
一、酶制剂工业的现状 & 前景	(113)
二、酶制剂的工业提取法	(114)
三、固定化酶	(115)
提要	(118)
思考题	(120)
第四章 核酸	(122)
第一节 核酸的存在与分类	(122)
第二节 核酸的化学组成	(124)
一、核糖和脱氧核糖	(125)
二、嘌呤碱和嘧啶碱	(125)
三、核苷与核苷酸	(127)
第三节 核酸的结构	(130)
一、DNA的一级结构	(130)
二、DNA的双螺旋二级结构	(131)
三、RNA结构的特点	(134)
第四节 核酸的性质 & 分析测定	(137)
一、核酸的一般性质	(137)
二、核酸的变性	(137)
三、核酸的紫外吸收	(138)
四、核酸含量的化学测定	(139)
第五节 核酸与遗传	(140)
一、DNA是主要的遗传物质	(140)
二、基因与基因突变	(142)
三、诱变	(144)
• 第六节 核酸酶	(151)
第七节 核酸及核苷酸的制取	(151)
一、DNA的制取	(151)

二、RNA的制取	(152)
三、酶解法制取单核苷酸	(152)
提要	(153)
思考题	(155)
第五章 糖与糖类发酵原料	(157)
第一节 重要的单糖	(157)
第二节 重要的二糖	(160)
第三节 自然界的多糖与糖类发酵原料	(163)
一、自然界的多糖	(163)
二、多糖的组成与分类	(164)
三、糖类发酵原料	(166)
第四节 淀粉与糖元	(167)
一、淀粉的组成与结构	(167)
二、淀粉的性质	(170)
三、淀粉的水解及淀粉酶	(173)
四、糖元和糖元的降解	(175)
第五节 纤维素	(177)
• 第六节 其他多糖	(179)
一、琼胶	(179)
二、果胶质	(179)
三、环糊精	(180)
提要	(181)
思考题	(182)
第六章 葡萄糖的分解代谢	(184)
第一节 葡萄糖的无氧分解	(184)
第二节 EMP类型的发酵	(189)
一、酒精发酵	(190)
二、乳酸发酵	(192)
• 三、丁酸型发酵	(192)

第三节 糖的有氧分解.....	(196)
一、丙酮酸氧化脱羧.....	(196)
二、三羧酸循环.....	(200)
三、糖的有氧EMP-TCA循环途径的小结.....	(204)
第四节 乙醛酸循环.....	(206)
第五节 柠檬酸发酵.....	(209)
第六节 单磷酸己糖途径(HMP).....	(211)
一、HMP的主要化学过程.....	(211)
二、HMP的重要意义.....	(214)
三、HMP类型的发酵.....	(214)
• 第七节 ED途径与细菌酒精发酵.....	(217)
一、ED途径.....	(217)
二、细菌酒精发酵.....	(218)
第八节 葡萄糖分解代谢各途径的关系.....	(219)
提要.....	(221)
思考题.....	(223)
第七章 能量的释放.....	(224)
第一节 生物氧化.....	(224)
一、生物氧化的概念.....	(224)
二、呼吸链.....	(225)
第二节 能量的产生和转移.....	(228)
一、高能化合物.....	(228)
二、ATP的生成.....	(229)
提要.....	(234)
思考题.....	(235)
第八章 脂类代谢.....	(237)
第一节 脂类的含义与分类.....	(237)
一、脂类的含义与分类.....	(237)
二、三酰甘油.....	(238)

三、磷脂及其生物学意义.....	(241)
第二节 三酰甘油的代谢.....	(245)
一、脂肪的酶促水解.....	(245)
二、甘油代谢.....	(246)
三、脂肪酸的 β -氧化作用.....	(247)
●四、脂肪酸的全程合成及调节.....	(249)
五、三酰甘油的合成.....	(254)
提要.....	(255)
思考题.....	(256)
第九章 氨基酸代谢与氨基酸发酵.....	(257)
第一节 蛋白质的酶促降解与蛋白酶制剂.....	(258)
一、蛋白质的酶解.....	(258)
二、蛋白酶制剂.....	(259)
第二节 脱氨基作用与氨基化作用.....	(263)
一、氧化脱氨与还原氨基化.....	(263)
二、转氨基作用.....	(264)
三、联合脱氨基作用.....	(265)
四、酰胺化作用.....	(266)
●五、氨与酮酸的来龙去脉.....	(267)
第三节 脱羧基作用.....	(269)
第四节 氨基酸发酵.....	(271)
一、微生物发酵的代谢控制.....	(271)
二、谷氨酸发酵.....	(284)
三、赖氨酸发酵.....	(288)
四、苏氨酸发酵.....	(291)
提要.....	(292)
思考题.....	(294)
第十章 信息分子的代谢.....	(295)
第一节 核酸的生物合成.....	(295)

一、DNA的复制.....	(296)
二、转录.....	(301)
第二节 蛋白质的生物合成.....	(303)
一、参与蛋白质生物合成的组分.....	(304)
二、蛋白质生物合成的过程.....	(308)
• 第三节 基因工程简介.....	(311)
一、DNA限制性内切酶.....	(312)
二、获得目的基因.....	(314)
三、载体及载体的重组.....	(316)
四、导入与选择.....	(321)
提要.....	(324)
思考题.....	(325)
主要参考书.....	(326)

(带•号者为选修内容)

第一章 必要的生物学知识

从工业发酵的角度来看，所谓发酵就是利用微生物的生命活动来获取特定产品的一种工艺过程。人们在特定的条件下大量地培养微生物，由它们积累相应产物，有时甚至就将大量培养的微生物菌体本身作为发酵产品。总而言之，发酵工业同微生物的生命活动结下了不解之缘。这样，学习发酵工业，就必然要对生命现象有一定程度的理解，进而掌握、驾驭微生物的生命活动，进行发酵生产，并推动发酵工业的发展。生物化学和微生物学在这里显示了它们的应用性，成为发酵专业的必修学科，并且占据着显要的地位。

在初中阶段的学习中，我们开始步入神奇的生命科学的领域，不过那是在十分简单、十分浅近的程度学习生物的，还不能为进而学习生物化学和微生物学提供必要的基础。这一章中所安排的内容，是在已有的初中生物知识的基础上，进一步讲述与学习生物化学和微生物学有关的生物学知识，以期完成这种过渡与衔接。

第一节 生命的特征

虽然给生命下定义并非一件容易的事情，但是每一个人都都在一定程度上认识了生命。人们从周围的大千世界中，都能认出空中的飞鸟、水里的游鱼，多姿的花卉、古老的树木是有生命的，后来借助显微镜的观察，也能发现微生物是有生命的。同样，人们也能认出日月星辰、金石水土是没有生命的。在这种简单的归纳推理中，就暗示着人们对生命基本特征的认识。那么，用生物学的语言来描述，生命的基本特征是什么呢？

1. 生物都有新陈代谢作用

生物体与外界环境之间物质和能量的交换，以及生物体内物质和能量的转变过程，叫做新陈代谢，可以简称为代谢。在新陈代谢过程中，生物体把从外界环境中摄取的营养物质转变成自身的组成物质，并储存能量，这叫做同化作用（或者叫做合成代谢）；同时，生物体又把组成自身的一部分物质分解，释放出其中的能量，并把代谢的最终产物排出体外，这叫做异化作用（或者叫做分解代谢）。同化作用和异化作用是新陈代谢过程的两个方面。所以，生物的新陈代谢过程也就是生物体的自我更新过程。

2. 生物都有生长和生殖现象

细胞是生物体的基本活动单位。在新陈代谢的基础上，细胞摄取的组成自身的物质超过排出的废物时，就会由小变大，表现为细胞的生长。另一方面，一切生物体的寿命总是有限度的，无论是一个单细胞，或是多细胞个体，都终究难免死亡。但是，每一种生物都不会因为个体的死亡而导致物种的绝灭，这是由于生物个体在结束生命之前，都能进行自我复制，也即具有生殖作用。

在微生物、植物和低等动物中，繁殖有时仅仅是生长过程的延伸。微生物细胞不断长大，最后能以摄取的物质组成一个新的细胞，这成为微生物繁衍种族的一种重要方式。例如细菌细胞经过横分裂，由一个细胞分裂成为两个细胞。这种仅仅涉及到一个亲体的生殖方式，称为无性生殖。

几乎所有的生物还能进行另一种生殖活动，即需要两个亲体起作用形成新的个体，称为有性生殖。

3. 生物都有遗传和变异的特性

每种生物所产生的后代都会与亲代保持基本一致，这称为生物的遗传特性。但后代也不会与亲代完全一致，后代各个体之间也不会完全一致，必有或多或少的差异，这称为生物的变异特性。遗传和变异是生物的基本特征之一。

生殖活动表现为对自身的“复制”，实际上也正暗示了遗传的

特性。正是因为有遗传特性，才能有物种的概念。如果说后代都与亲代大相逕庭的话，那么也就不会有“波斯猫”、“东北虎”的概念，甚至也不会有鸟类、鱼类、人类的概念，遗传是形成物种的前提。

但是，生物体是必须同环境相适应的，生物是不能离开它所需要的环境条件而生存的。从地球上产生生命的时候(约三十多亿年前)开始，生物就与不断变化的环境保持着辩证统一。环境不断地变化，而生物非但没有毁灭，却日益繁盛，发展到今天约有二百多万种。这个事实说明生物是在不断变异的，它们改变着自身的结构和习性来适应所处的环境。这种适应不是消极的，不是以生存下来为唯一宗旨的，而是更积极地向着简单到复杂、低级到高级的方向发展着，也就是说生物界在不断地进化。进化是以变异为基础的，一成不变就不能适应环境，更谈不上进化。

4. 生物都能对刺激产生应答

所有生物都能对环境中的刺激产生反应，光、热、引力、声、机械接触以及化学药物的变化是常见的刺激。为了对刺激作出反应，生物体必须有探测刺激的手段。动物和人的感官都是刺激探测器，植物和微生物也都有它们的刺激探测器，许多树木在深秋落叶，微生物在不利环境下形成休眠体，都是一些证据。

为了使对环境刺激的反应卓有成效，这些反应必须协调。生物体内存在着周密、细致、灵敏的调节系统来协调体内各部分的工作。微生物的代谢也有着相当完善的调节系统，并且它们的代谢调节同发酵工业的关系很大，这在今后要作较为详细的讨论。

第二节 生命的化学基础

对于生物体的复杂性，人们一般都是有一定认识的。如果向一个没有学习过生物化学的人问起生物体的化学组成，他一定瞪

目结舌，认为搞清这么复杂的物体的化学结构，几乎是难以想象的事。其实细胞的组成物质完全是有规律可循的，不象乍想起来那么杂乱无章。组成生物体的大分子确实十分复杂，这与种类繁多的整个生物界的复杂性相统一；然而剖析一下各类生物大分子，它们又都是由意想不到的简单的小分子有机物所组成的，这与各类生物间存在着的一致性相统一。这一节中，将就组成生物体的几类重要的大分子物质和组成这些大分子的小分子有机物作一个概念性的介绍。然后，我们将在整个生物化学学习过程中，再详细讨论它们的结构、性质，以及它们在生命活动中的功能和变化规律。

一、生物元素

地球上存在约90种天然化学元素，但是构成生物体的元素种类却并不很多，称为生物元素。从生物总体来说，只有27种元素是生物所必需的（表1-1）。基本的组成元素是C、H、O、N，多数细胞的质量的90%是由它们组成的。此外，S、P、Ca、K、Na、Mg、Cl、Fe等也对生命活动起着重要作用。

表 1-1

生物元素

有机物的元素	微 量 元 素	
氧 O	锰 Mn	镍 Ni
碳 C	铁 Fe	铬 Cr
氮 N	钴 Co	氟 F
氢 H	铜 Cu	硒 Se
磷 P	锌 Zn	
硫 S	硼 B	
单原子的离子	铝 Al	
钠 Na^+	钒 V	
钾 K^+	钼 Mo	
镁 Mg^{2+}	碘 I	
钙 Ca^{2+}	硅 Si	
氯 Cl^-	锡 Sn	

从种类上比较一下生物元素与天然元素，结果又将如何呢？生命是在地球上孕育、起源的，可是生物体中含量最多的元素并不是地壳中含量最多的元素（表1-2）。地壳中最丰富的四种元素是O、Si、Al、Fe，而生物体中最丰富的是C、H、O、N。这些对比自然会得出一个结论：C、H、O、N是构成生物体的最适宜的元素。它们是构成有机物分子的最重要的元素，生物体的绝大部分是有机分子组成的（除水外），因此生物体又称为有机体或机体。

表 1-2 地壳与人体中主要化学元素的相对含量，
 即占原子总数的百分数

地 壳		人 体	
氧O	47	氢H	63
硅Si	28	氧O	25.5
铝Al	7.9	碳C	9.4
铁Fe	4.5	氮N	1.4
钙Ca	3.5	钙Ca	0.31
钠Na	2.5	磷P	0.22
钾K	2.5	氯Cl	0.08
镁Mg	2.2	钾K	0.06
钛Ti	0.46	硫S	0.05
氢H	0.22	钠Na	0.03
碳C	0.19	镁Mg	0.01

最后，我们还要提到整个生物界不同个体之间体现着的生物元素的一致性。不妨用最复杂的人体和相当简单的大肠杆菌作一个比较(表1-3)，就可以清楚地看出它们所含元素比例的一致性。当然，不是说任何一种微量元素对每一个生物品种都是必需的，各种机体在营养要求上是存在着差别的。

表 1-3

人体及大肠杆菌的元素组成

元 素	人 体		大肠杆菌	
	总组成%	干重%	总组成%	干重%
氧	65	18	69	20
碳	18	54	15	50
氢	10	8	11	10
氮	3	9	3	10
磷	1.0	3.0	1.2	4.0
硫	0.25	0.75	0.3	1.0
其他	2.75	7.25	0.5	5.0

二、构成细胞的化合物比例

构成细胞的化合物，包括无机化合物和有机化合物。无机化合物有水 and 无机盐，有机化合物有蛋白质、核酸、糖类和脂类等。各种化合物在细胞中的含量不同。一般情况下，这些化合物占细胞鲜重的情况是：水大约占80~90%，无机盐大约占1~1.5%，蛋白质大约占7~10%，脂类大约占1~1.5%（图1-1）。

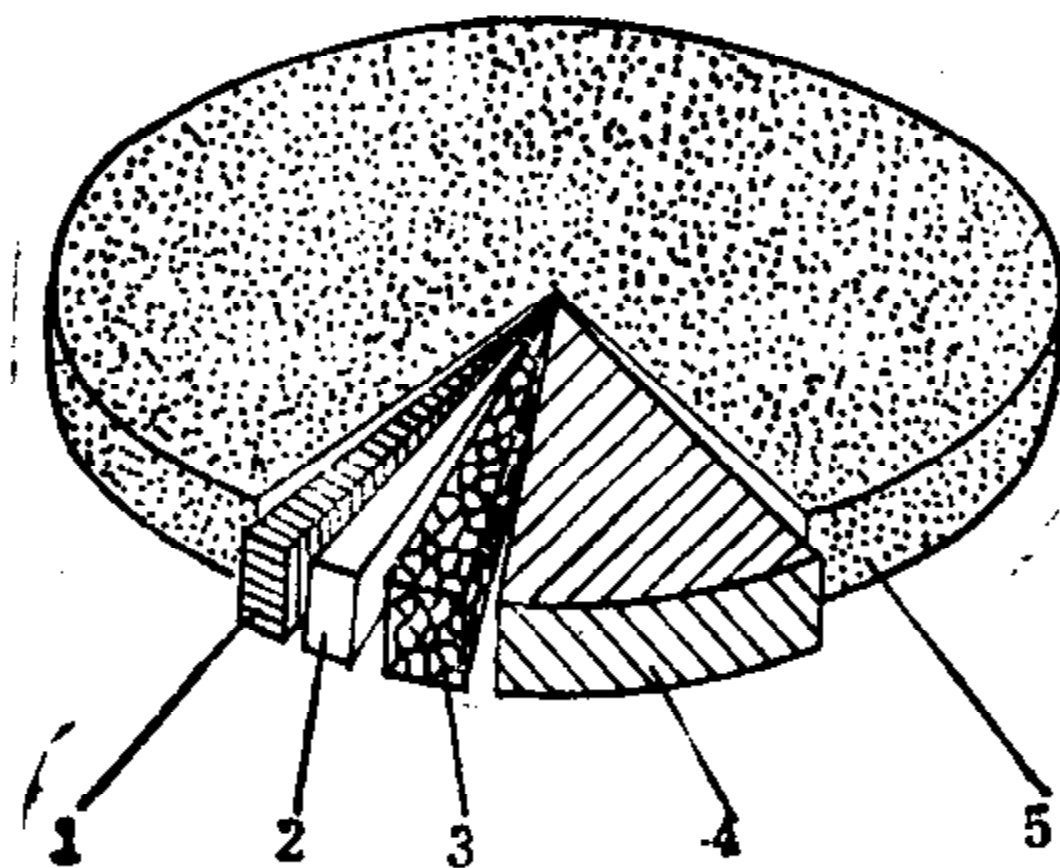


图 1-1 原生质的各种成分比例

1—无机盐 2—糖类和核酸 3—脂类 4—蛋白质 5—水

三、生物体的有机成分

(一) 生物有机分子的复杂性

生物体中的有机分子极其多种多样，而且其中绝大多数是极为复杂的。但是，这些有机分子的类型并不是五花八门、杂乱无章的。它们主要可以分为四大类，即蛋白质、核酸、糖类和脂类。在细胞中，它们可以单独存在，也常常相互结合。例如蛋白质与糖结合形成糖蛋白，蛋白质与核酸结合形成核蛋白等。

生物体中有机化合物多以大分子的形式存在。例如即使最小的蛋白质，分子量也在6,000左右，某些蛋白质分子量超过一百万；核酸和多糖也都是大分子。大分子的结构千变万化，分子的种类也就非常多。据估计，大肠杆菌含有约5,000种不同的有机分子，其中包括大约3,000种不同的蛋白质和1,000种不同的核酸。高等动、植物所含的蛋白质和核酸的种类还要多得多，例如人体可能有多达100,000种不同的蛋白质。

认识生物有机分子的复杂性，还有一个方面不能忽视，那就是每种生物都各自有一套化学上特殊的蛋白质分子和核酸分子。例如大肠杆菌细胞中某些蛋白质的机能与人体细胞内某些蛋白质的机能完全相同，然而大肠杆菌的蛋白质分子中没有一种是与人的任何蛋白质分子相同的。这样，从整个生物界来看，蛋白质与核酸的种类将有多少呢？由于大概有1,500,000种以上的生物，推算起来，则必然总共有 $10^{10} \sim 10^{12}$ 种不同的蛋白质和约 10^{10} 种不同的核酸。

生物分子的复杂性是同生物体的机能如此完善、生命现象如此复杂相一致的。不可设想组成细胞这架万分精巧的机器的构件会是简单的，也不可想象由简单的分子便能表现出复杂而有序的生命现象。

(二) 大分子结构单位的简单性

上面介绍了生物大分子是极其复杂多样的。进一步考察一下