

CONCISE COURSE

of Biomacromolecular Chemistry

生物高分子化学 简明教程

CONCISE COURSE OF BIOMACROMOLECULAR CHEMISTRY

陈盛 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

CONTENTS COURSE

生物高分子化学 简明教程

陈永 编

CONCISE COURSE OF BIOMACROMOLECULAR CHEMISTRY

生物高分子化学 简明教程

陈盛 编著



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

生物高分子化学简明教程/陈盛编著. —厦门:厦门大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-5615-3975-0

I. ①生… II. ①陈… III. ①生物化学:高分子化学-高等学校-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 128232 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门金凯龙印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 插页:2

字数:335 千字 印数:1~3100 册

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

前 言

人类进入 21 世纪,以生物工程(生物技术)、微电子、新材料、新能源、海洋工程和空间技术等为主要内容的新技术革命浪潮,正以万钧之势席卷世界各国。生物工程的发展必将对各国的经济发展带来重大的影响。

生物高分子化学是生物工程的一门基础学科,是生物化学知识体系中的精髓,它与许多学科相互交叉、渗透。随着克隆技术的问世,人类基因组图谱的解密等,生物化学已展现出更诱人的前景。掌握一定的生物高分子化学基础知识已成为当代大学生和广大科学工作者的迫切要求。

本人在福建师大化学与材料学院高分子化学与物理专业硕士研究生和非生物化学专业本科生课程教授多年的讲义基础上,结合自己的科研工作体会编写了《生物高分子化学》一书,自 2003 年 8 月出版以来,得到了不少读者的垂青,并被选作教材。经过了三次印刷:2003 年 8 月第一次印刷,2005 年 2 月第二次印刷,2008 年 3 月第三次印刷。这是对笔者最大的鼓励,同时鞭策自己在已有的基础上再接再厉,继续前进。在 30 年的教学实践中,笔者注意广泛学习国内外有关书刊,力求不断更新教学内容,改进教学方法,以提高教学质量。特别是近几年来,生物高分子化学领域取得了长足的进展,同时,本人负责《普通生物化学》精品课程及生物技术专业基础课程教学团队等福建省高等学校本科教学质量与教学改革工程建设的任务,在不断的学习、教学、科研工作中,笔者觉得很有必要重新编写此书。

本书分六部分共五章。绪论部分介绍了生物高分子化学与生物化学的内在联系及生物化学的发展历程和应用前景。多糖生物化学部分介绍了多糖的分类、功能、结构及构像分析,重点介绍常见的多糖、多糖的研究方法以及多糖抗肿瘤的药用功能。蛋白质化学部分介绍了氨基酸的结构、性质,肽的性质与功能,蛋白质的功能、结构、性质及蛋白质的分离纯化、结构分析等研究方法,并对一些有关热点问题作了阐述。酶化学部分对酶的特点、分类、命名及酶促反应动力学及影响因素,对酶的结构及作用机制、固定化酶及酶的重要应用作了较详细的阐述。核酸化学部分简要介绍了为什么说核酸是遗传物质,并对核苷、核苷酸、核酸的结构及功能作了系统介绍,同时介绍了病毒的结构、功能及基因工程概况与基因安全等知识。最后,对生物高分子结构和功能的共性作了归纳,力求能较完整地反映生物高分子化学的现状。但限于个人的水平,遗漏

和不足在所难免,恳请读者批评指正。

在本书编写过程中,得到薛丽群、郑虹、董倩、林董、夏启华等同志的帮忙,特别是王艳君博士倾注了不少精力,对书稿进行了认真审阅,并提出了许多宝贵意见,在此特致谢忱。

陈 盛

2011年7月于五马山下

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 多糖生物化学	(8)
第一节 多糖的分类及功能	(8)
第二节 多糖的结构及构像分析	(10)
第三节 几种常见的多糖	(13)
第四节 多糖物质的分离和分析	(29)
第五节 多糖的抗肿瘤活性及药用功能	(69)
第三章 蛋白质化学	(76)
第一节 蛋白质的功能、分类及蛋白质工程	(76)
第二节 氨基酸的功能、结构与性质	(81)
第三节 肽的性质与功能	(89)
第四节 蛋白质的性质	(96)
第五节 蛋白质的分离纯化及结构分析	(106)
第六节 其他若干问题	(116)
第四章 酶化学	(126)
第一节 酶的含义、特点、分类、命名	(126)
第二节 酶促反应动力学及其影响因素	(135)
第三节 酶的结构及作用机制	(147)
第四节 固定化酶	(157)
第五节 酶的重要应用	(170)
第五章 核酸化学	(179)
第一节 核酸是遗传物质	(179)
第二节 碱基、核苷和核苷酸	(183)
第三节 核酸的结构、功能、性质及分离	(187)
第四节 病毒的结构功能及分类	(207)
第五节 基因工程与生物安全	(211)
跋:生物高分子结构和功能的几个共性	(217)

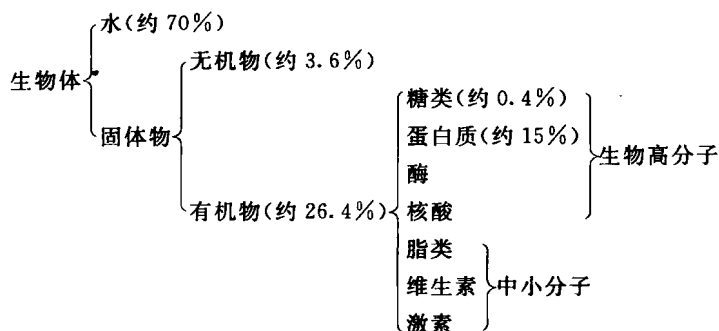
第一章 绪 论

一、生物高分子与生物化学

生物化学(biochemistry)即生命的化学(chemistry of life),属交叉学科,主要研究生物机体的化学组成和生命过程的化学变化规律,即利用化学的理论和方法研究生命现象。生命现象包括生长、发育、遗传、变异、感觉、运动、记忆、衰老、死亡等。生命的基本特征是新陈代谢。新陈代谢包括物质代谢(分解与合成)和能量代谢(供能与产能)。新陈代谢有五大特点:(1)严格的细胞内定位关系,(2)特异的酶促反应,(3)共通的代谢关联,(4)严谨的反应序列,(5)高效率的调控机构。

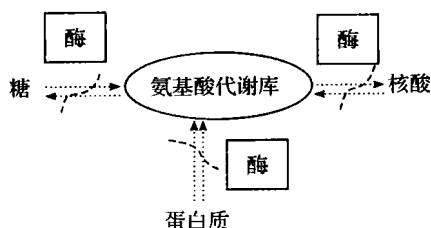
高分子物质分为天然高分子物质和合成高分子物质(如三大合成材料:塑料、橡胶和合成纤维)两大类。生物高分子物质是天然高分子物质中比较特殊的一类,它是生物体内的高分子。生物高分子所讨论的是多糖、蛋白质、酶、核酸的结构、性质、功能及研究方法等,属于生物化学学科体系。

生物体内存在的物质主要有:



生物高分子之间的物质代谢是一个完整的统一的过程,相互联系,密不可分。糖类与蛋白质之间可以相互转变,蛋白质经分解生成氨基酸,氨基酸中的生糖氨基酸可生成糖;糖经酵解可为蛋白质的合成提供重要的中间产物,如一些重要的氨基酸,从而合成蛋白质;糖类及蛋白质是生物体的重要碳源和氮源,通过物质代谢可供给生物体能量,而核酸不是重要的碳源和氮源,核酸是遗传物质,它控制着蛋白质的合成及影响着细胞的组成成分,通过糖代谢可为核酸代谢提供戊糖,蛋白质代谢可为核酸代谢提供嘌呤及嘧啶合成的原料;一切代谢反应几乎都有酶的参与,酶在代谢过程中起着重要的催化调节作用。

生物化学近几年来取得了突飞猛进的发展,一方面当然是客观世界的要求,另一方面也



与生物化学这门学科的特点有关。它是社会的需要以及社会提供的可能的客观条件的综合结果,另外,也体现了“杂交优势”这种生物学现象。交叉学科具有强大无比的生命力,也具有特殊的优势。

二、生物化学的发展历程

生物化学源于有机化学和生理学,它于 18 世纪萌芽,19 世纪初步发展,20 世纪初独立为一门学科。该学科最初被称为“生理化学”。1903 年,德国的 Carl Neuberg(1877—1956)初次使用“biochemistry”(生物化学)这一名词,标志生物化学作为独立学科的诞生。

生物化学的发展,首先起源于法国,由法国传入德国,再由德国传到美国和英国,20 世纪时由上述国家传到世界各国。

20 世纪 30 年代,生化界的研究热点主要集中在对激素和各种维生素的分离、鉴定以及与人体机能相关的氨基酸的分离方面。福建师范大学化学系的首任主任余宝笙教授 1935 年在美国约翰斯霍普金斯大学攻读博士学位时,就曾师从维生素 A、B、C 的发现者麦卡伦教授。美国的 James B. Sumner(1877—1955)是世界上第一个得到脲酶结晶的人(1946 年, J. B. Sumner 和另两位美国学者 L. H. Northrop 和 W. M. Stanley 分享了诺贝尔化学奖,后两位也是从事纯净状态的酶和病毒蛋白质研究的专家)。还有英国生物化学家 Hans A. Krebs 提出了著名的三羧酸循环,使糖、脂肪、蛋白质及氨基酸的代谢途径得到了阐明。Otto Fritz Meyerhof(1884—1951)和 Otto Heinrich Warburg(1883—1970)则提出了 ATP 是代谢过程中产生和利用的关键物质,提出了呼吸链及氧化磷酸化的理论,从而建立了生物能量学(bioenergetics)这一分支学科。德国化学家 Michaelis 和 Menten 开展了酶反应动力学的研究,建立了具有普遍意义的米氏方程,使生物化学进入更成熟的阶段。此后,生物物理化学、生物无机化学、生物有机化学、生物分析化学、生物化工等一系列更具体实用的分支学科日趋成熟。

20 世纪 50 年代以来,生物大分子的结构和功能的研究进入飞跃发展时期。Pauling 等人根据 X 射线的研究,提出了蛋白质的二级结构,特别是蛋白质的 α -螺旋结构的提出,促进了生物高分子结构研究的发展。1954 年,Pauling 因阐明化学键的本质以及解释复杂分子结构而获诺贝尔化学奖;1953 年,Sanger 因测定了胰岛素分子的一级结构,而于 1958 年获诺贝尔化学奖;1953 年,James D. Watson 和 Francis H. C. Crick 提出了 DNA 双螺旋结构,此被认为是分子生物学的第一定律。其他方面,如生物高分子三维结构、遗传密码、生物信息传递的中心法则及 1961 年乳糖操纵子——基因的表达调控等的阐明,都标志着生物化学进入了一个崭新的发展时期,从而使生命科学里的带头学科——分子生物学迅速兴起。该学科就是从生物高分子(蛋白质、酶、核酸、多糖)的水平上研究生命现象的一门科学。

20 世纪 80 年代,核酶的发现补充了人们对生物催化剂的本质认识;体外高效扩增 DNA 片段的聚合酶链式反应是生物化学与分子生物学发展过程中的重大事件。

更令人振奋的是在 20 世纪即将结束之际,继 1997 年英国维而穆特向世界宣告克隆羊多利诞生之后不到 3 年,2000 年 6 月 26 日下午 6 时,美、英、日、德、法、中六国同时向世人宣布,人类历史上最伟大的科学工程——人类基因组的“工作草图”宣告绘制完成。这项历时 10 年,耗资 30 多亿美元,号称是继曼哈顿原子弹计划(1941—1943,耗资 20 亿美元)和阿波罗登月计划(耗资 300 亿美元,1969 年 7 月 20 日登月)之后的上世纪人类第三大计划的完成,将给人类带来根本性变化。人类不断完善的进化速度将大大加快,与人类相关的各种疾病,以及衰老、死亡等均可得到预测、预防和早期诊断、治疗。有人预计由此派生出的产业年产值可达 450 亿美元,“基因经济”一触即发。

生物高分子领域取得如此突飞猛进的发展,一方面体现了交叉学科的优势。近 30 年来,在细胞学、免疫学、生理学、生物化学及生物物理学各领域都取得了迅速发展,特别是现代数学、物理学、化学等方面的新概念和新技术大量渗入到生物学科中,生物科学的研究重点逐渐由细胞水平转向分子水平。另一方面,这也是社会客观需要和客观条件综合作用的结果,例如“巴氏消毒法”(目前仍用于酒、牛奶的消毒方法)的产生。1865 年法国立耳城制酒坊里本来芬芳的啤酒变酸,巴斯德借用显微镜找出了原因——乳酸杆菌,接着他采用 65℃ 左右保温 30 min 的办法,消灭了乳酸杆菌。当时不少酒店老板还半信半疑,并配制了一系列的啤酒,当场请巴斯德试验、品尝,结果无不信服之。还有其他如卡介苗、牛痘、磺胺药物、青霉素等的问世也有类似情况。正是社会的迫切需要,才使这些药品问世,并服务于人类。当前人类迫切要求的是:病毒控制、癌症控制、环境污染控制、衰老控制、记忆长青、光合效率提高、病虫害防治技术以及粮食生产方面的优良品种培育等。而当前客观条件也提供了这种可能,如创新的仪器层出不穷(如核酸蛋白质分析仪、蛋白质测序仪、基因枪等的问世,更精密、微量的分析仪的诞生)、创新技术(如基因工程技术、分子杂交技术)以及创新的思维方法、理论等日新月异,可以乐观地估计,在未来 30 年内,生物高分子学科必将硕果累累,全方位地服务于人类。

三、中国的生物化学

在中国,生物化学成为一门独立学科较国外迟 20 年至 30 年,但也有不少令人振奋和世界一流的成就。

20 世纪 30 年代,我国生化学家吴宪(1893—1958,福建福州人)提出的蛋白质变性学说,至今仍为世界各国学者沿用。1931 年吴宪指出,蛋白质的变性就是它的肽链从卷曲变到伸展的过程,后来的工作都证明吴宪的说法是正确的。当然从现代主体结构角度可以确切地说,蛋白质的变性是它的高级结构被破坏,而一级结构不遭破坏导致生物学功能丧失的过程。这与吴宪的说法在本质上是是一致的。

1965 年,我国生化专家在世界上首次人工合成了具有生物活性的蛋白质——牛胰岛素,这是一个含有 51 个氨基酸残基的小蛋白,主要用于治疗糖尿病。1981 年,我国生化工作者又在世界上首次合成核糖核酸——酵母丙氨酸转移核糖核酸(一个含 41 个核苷酸的 tRNA),为天然核酸的人工合成打开了一条通路。这两项为我国赢得世界荣誉并载入史册的

成就,其课题倡议人、负责人之一王应睐教授(1907—2001,福建金门人)为此付出了不少心血。

另外,近 20 年来,我国生化领域的一些成就也是不胜枚举:

1. 基因工程药物

乙型肝炎表面抗原(HBsAg)基因工程疫苗是 20 世纪 90 年代生物技术头号攻关任务,1987 年任贵方等成功研制了利用 CHO(中国仓鼠卵巢)细胞表达的 HBsAg 疫苗,于 1996 年获国家试生产文号,1999 年批准为国药准字(1999)S-01 号。目前,HBsAg 基因已在大肠杆菌、酵母、哺乳动物细胞、昆虫细胞及其虫体和转基因植物等生物体系中获得成功的表达,为生产基因工程乙肝疫苗奠定了基础。现阶段我国正在研制更好的 HB 疫苗,如:DNA 疫苗、含其他蛋白序列的 HB 疫苗、联合疫苗、单剂疫苗等。

人生长激素(hGH)基因分别在大肠杆菌和哺乳动物细胞得到高表达,大肠杆菌表达产物易于分离提取,表达产物占菌体总蛋白的 6%;在 CHO 细胞的表达产率达 $100\text{ }\mu\text{g}/(10^5\text{ cell}\cdot 24\text{ h})$,达到国际先进水平。幼畜腹泻基因工程疫苗的研究进展顺利,工程菌的高密度发酵有所突破,从 20 L 发酵液中便可获得与常规 1 t 发酵相当的产量,仔猪免疫试验效果良好。目前,双价及多价的幼畜腹泻基因工程疫苗已问世,并投入生产。

2. 蛋白质工程

该领域涉及三大基础学科,即蛋白质空间结构、蛋白质化学及基因工程。中国科学院在这三方面拥有综合优势。在国家高技术计划中,枯草杆菌蛋白酶、胰岛素、天花粉蛋白、葡糖异构酶、凝乳酶和蛋白酶抑制剂等被列为第一批定位突变的靶分子,其中枯草杆菌蛋白酶 E 的定位突变进展较快,已获得了全部突变位点各种随机组合突变的突变库,通过点杂交法和 DNA 序列分析肯定了该突变库的可靠性,突变型酶的抗氧化性和热稳定性均获显著提高。

3. 转基因动物

该技术的目的之一是改善动物的生产性能,如提高生长速率、改善肉质等。据知已初步获得转入生长激素基因的鲤鱼、团头鲂、金鱼和泥鳅等,其生长速率普遍提高。当然要获得遗传上稳定的、有经济价值的品种,还有相当长的路要走。人类对转基因动物的另一个兴趣是把动物个体当成生物反应器,借以从动物的体液及组织中分离外源基因的表达产物。最近,我国科学家已成功地将 HBsAg 及 hGH 基因导入家兔受精卵中,并证实这些基因已整合到家兔染色体基因组内,能传代和表达,从而使以动物个体作为生物反应器的设想得到了证实。

4. 转基因植物

我国科学家周光宇等人曾通过花粉管通道注入外源总 DNA 获得抗枯萎病的棉花,经过 10 代的观察筛选已获得遗传稳定的品系,现已推广种植 1333 公顷。近几年,在体外重组的基础上又先后获得抗 TMV、抗 CMV 烟草,抗除莠剂大豆及抗 CMV 番茄工程植株,部分已进入大田试验。总之,转基因植物近年的进展超过原来的预想,为今后的农业应用打下了良好基础。

5. 单克隆抗体

我国先后研究成功抗人绒毛膜促性腺激素(HCG)单抗及抗 A、抗 B 人红细胞单抗,并制成定型临床诊断试剂盒。前者用于妇女妊娠检查,后两者则用于人血型鉴定,都具有快速、灵敏、准确等优点。在免疫毒素方面也有可喜进展:如天花粉蛋白(TCS)与抗肝癌单抗

(Hepama-1)偶联,所得到的免疫毒素(TCS-Hepama-1)在裸鼠体内实验中,对肝癌细胞有强烈而专一的杀伤作用。

6. 动物细胞工程

继乳牛胚胎二分胚分割与移植成功之后,以黄牛为受体的移植也获成功,从而使受体范围扩大。随着四分胚再获成功,这一技术将大大加快良种乳牛的增殖速度。在经济鱼类育种方面,采用单倍体育种和性别控制技术成功培养出全雌性杂交鲤鱼。由于雌鱼的长势在第一年里明显高于雄鱼(约30%),所以当年便可以上市。近两年已推广130多公顷水面,受到生产者的欢迎。另外,以移植技术把鲤鱼核移入鲫鱼的去核卵中,育成鲤鲫核质杂交鱼,其无论在生长速率,还是在鱼肉品质都明显优于亲本,已推广1800多公顷水面,获得良好的经济效益。

7. 植物细胞和组织培养

在技术及应用两方面我国均拥有一定优势。如用茎尖培养所获得的马铃薯种薯已推广二三十万公顷,以每公顷增产3750 kg计,经济效益已超过亿元。又如近年我国已引进优良香蕉品种,采用工厂化育苗进行良种繁育,已形成450万株试管苗的生产能力,推广良种后每公顷增产9000 kg,而且已进入日本和港澳市场。此外,木薯的快繁技术、唐菖蒲的无病毒快繁技术等也获成功。“七五”期间我国原生质体再生植株的研究获大面积丰收,已先后实现了大豆、玉米、小麦、水稻、高粱、小米等重要农作物的原生质再生植株,使我国在这一领域继续处于世界领先地位,为细胞工程和遗传工程育种创造了良好条件。

8. 酶工程

在成功构建之后,青霉素酰化酶基因工程菌随之进入中试,并于1988年通过鉴定,这是我国第一个完成中试的基因工程菌。近年来,固定化细胞反应器的研究进展顺利,较明显地提高了6-APA的产率。在同一期间胞外青霉素酰化酶的研究也颇见成效,酶产量达每100 mL 619 U,并于1989年通过中试鉴定。以上各项技术推广之后将可以使6-APA的生产国产化,节约大量外汇。此外,在临床诊断用酶盒方面,部分酶盒已进入市场,更多的新型及热稳定的酶盒正陆续从实验室推出。

9. 发酵工程

在众多的成果中,以维生素C二步法发酵生产技术比较突出。第一步发酵依然沿用原来的工艺,即黑醋菌催化D-山梨醇转化为梨糖。第二步则采用大小菌落混菌发酵生产2-酮基古龙酸。该工艺具有降低成本、减少污染、简化工艺等优点。该成果以550万美元转让给瑞士Roche公司,是新中国成立以来最大的一宗技术转让项目。

以上简要介绍了我国近20年来生化领域的最新进展和部分成果,这的确给我们带来很大的鼓舞和刺激。我们这一代人正在享受和将要享受基因工程的硕果带给我们的好处。通过以上介绍,我们也可以看到,生物高分子的研究和发展是多方面的,几乎涉及自然科学领域的三分之一。

四、生物化学与生产实践

1. 生物化学制品的应用

这一方面最主要的无疑是酶制剂的应用。酶制剂既可用于工农业产品的加工生产和改

造,也可用来进行某些工艺的革新,还能用来处理“三废”。在医药实践上酶制剂的作用包括:帮助消化、消炎、治疗各种内外科疾患以及抗肿瘤等。固定化酶的开发还为制备“人工脏器”以取代功能衰竭的器官组织开辟了广阔的前景,同时也可能为先天性遗传病患者带来福音。第一类生化制品是药物,如各种疫苗制品、血液制品、激素、维生素、核苷酸、氨基酸和它们的衍生物,以及某些蛋白质制剂,此外还有某些抗代谢药物等。它们已广泛用于临床实践,起着十分重要的作用。

第二类是各种食品添加剂,包括通过抽提、发酵或者人工合成得到的甜味剂等,也包括各种营养补剂,还包括某些饲料添加剂等。

最后一类是生化制剂,如各种酶制剂、核酸、蛋白质试剂等,尤其是近年来发展极为迅速、层出不穷的为各种分子生物学、生物工程(学)研究所用的各种生化制剂,它们对近年来生物科学取得巨大进展作出了重要贡献;此外,还有各种临床检验的试剂盒等。

2. 生化分析和生化技术的应用

实际上生化分析现在已成为工农业生产和临床医学实践中常规的工作内容。对生产而言,生化分析不仅是产品质量的检验手段,也能指导生产、改造工艺过程,有助于提高产品的产量和质量。生化分析对于医学实践的意义是:辅助临床诊断,跟踪和指导治疗过程,并可能为探讨疾病产生机制提供某些线索。

生化分析中一个十分重要的内容是酶分析。酶分析包括两类:以酶为分析对象的分析和以酶为分析工具(或试剂)的分析。

值得指出的是,生化分析现在已不限于对组成成分的定量测定,也包括应用层析、电泳等各种技术进行的组成定性分析。

所谓的生化技术的应用,包括生化分离纯化技术的应用、生物合成技术(包括肽合成和DNA合成技术)的应用。它们是推动近代生物化学,特别是分子生物学发展的强有力的工具。这些技术近年来进展十分迅速,并且已经达到极高的水平,各种层析技术和层析介质、各种合成仪和合成方法及试剂层出不穷、日新月异。现在的任务是如何将这些成就推向生产。

最后值得一提的是,在生化应用技术中还应包括酶法(特别是固定化酶)与化学法相结合的工艺技术,它现在已在生产中逐渐推广应用,并已显示出很大的优越性,如生物农药的研发等。

3. “生化知识”的应用

“生化知识”在生产实践中可以发挥两方面的作用:促进生产、提高产量;指导药物设计,制造出杀灭病虫害的专一有效药物。

在工业生产,特别是发酵工业上,如果人们能掌握产品的代谢规律,尤其是它的代谢调节规律,那么人们就可能通过控制生产条件,或者通过遗传手段改造生物,突破其限制环节的调控,使所需的产品产量大幅度提高。现在氨基酸的生产在这方面有许多出色的例证。

在医学和农业上,首先,人们可针对病虫害代谢上的特点,特别是代谢的关键环节,设计强有力的抑制药物或抗代谢药物,以破坏病虫害的正常代谢,促使其死亡;其次,人们可根据病虫害与正常机体在酶谱和代谢上的差异,在原来的强力药物上装上“导弹”,或设计出新的

具有高选择性的药物,保证在杀灭病虫害的同时不致损伤正常机体;第三,药物长期使用后会产生抗药性,其主要原因是由于药物诱导了分解它的酶的合成,因此在了解药物的代谢规律后,人们可针对性地对药物进行改造,克服抗药性,使药效增强、延长。

在提高农作物产量方面,光能利用和氮素固定是农业生产的两大难题,例如对光合作用机制的深刻认识,将有助于解决提高辐射能的利用和 CO_2 的固定问题;生物固氮是近年来生物科学研究的热点之一,如果能解决主要作物的固氮,那么将会使农作物的产量大大提高、质量大大改善。

除此之外,“生化知识”还可能指导农副产品的贮藏和加工,保证产品免受损失,提高产品的质量。生物化学的形成源于生产实践,而它近年来的迅速进步又反过来有力地推动了生产实践的发展,可以这样说,生物化学已进入了人们生活和生产的各个领域。

五、生物化学的发展趋势

生物化学作为一门基础科学,带动了不同分支学科的产生及多元化发展,例如,分子生物学、分子遗传学、生物工程学等,以及以蛋白质、核酸为基础的生物信息学、基因组学的发展。生物化学根据对象不同又常细分为植物生化、动物生化、微生物生化;根据应用不同,又分为工业生化、食品生化、农业生化、医学生化等。

分子生物学是一门从分子水平研究生命过程的科学。具体地说,它是要从生物大分子,包括核酸、蛋白质、酶,也包括生物膜的结构、性质与功能的关系去阐明生物学的一些基本问题,诸如遗传变异、细胞分化、生物进化、肿瘤、免疫等。由于这些问题极为复杂,需要多种学科、多种技术的协同配合,因此,分子生物学是一门边缘科学,但是生物化学是其基础和核心。

由于遗传学近年来的迅速发展,随着遗传科学的迅猛发展,人们已经逐渐清楚上述生物学基本问题都最终地和遗传相关,遗传成了分子生物学要研究的中心问题。也有人简单地将分子生物学定义为遗传学和生物化学相结合的科学。这种狭义分子生物学,或者称为分子遗传学,主要研究遗传物质(核酸)的复制、转录、表达、调控以及和其他生命现象的关系。它实际上是广义分子生物学的重要组成部分,也是最核心的部分。

生物工程(学)或称生物技术(学)是在分子生物学基础上发展起来的新兴技术学科(或者说新兴的技术体系),它的最终目的就是要利用最新的生物科学成就,定向设计组建具有特定性状的新物种、新品系,结合发酵和生化工程的原理,进行生物材料的生产和加工,以满足人们生活和生产的需要。生物工程(学)包括5个方面:基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程和生化工程。其中基因工程是整个生物工程的核心。由于生物工程(学)将给人类的生产和生活带来巨大而深远的影响,人们认为它是下一代新兴产业的基础技术之一。但是,不言而喻,生物工程(学)的发展依赖于其他学科,特别是分子生物学、生物化学的进步和支持。正因为如此,对将要投身这一领域的科技工作者来说,深入学习和了解生物高分子化学的基本原理、基础知识和基本研究方法不无裨益。

第二章 多糖生物化学

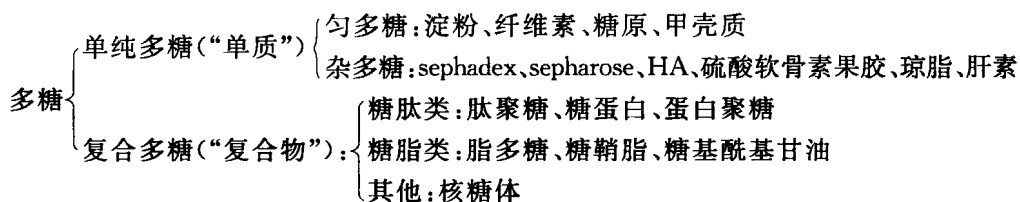
【本章要点】

- 一、多糖的分类及功能；
- 二、多糖的结构及构像分析；
- 三、几种常见的多糖；
- 四、多糖物质的分离和分析；
- 五、多糖的抗肿瘤活性及其药用功能。

第一节 多糖的分类及功能

多糖是一类十分重要的生物高分子,是由许多单糖单位缩合、失水而连接起来的均聚物或共聚物。糖类的生物化学有别于糖化学,它是从生物化学角度研究多糖。多糖的生物化学是在糖化学基础上展开的。糖化学的基础在一般有机化学教材中均已介绍,在此不再重复。糖类是自然界分布最广、含量最多的有机化合物,也是自然界中分子结构复杂而且品系庞大的一类。它们与蛋白质、核酸、酶是生物体内最重要的四大家族。

一、多糖的分类



二、多糖的通性及功能

1. 构成植物和动物骨架的材料:如植物的纤维素是细胞壁成分,线性的均多糖几丁质则是节肢动物的结构成分。

2. 能源和碳源:多糖是各种生物能量的主要来源,这一点为人们所熟知。如“动物淀粉”——糖原在机体一旦需要时,即可通过生物体的酶系统作用而分解出单糖,进入代谢循环,产生能量,避免“低血糖”。多糖在体内通过代谢产生小分子碳物质,为合成大分子提供碳骨架来源。

3. 通过单糖间的糖甙键连接成生物大分子,有旋光性,但无变旋现象(这一点与单糖不

同),无甜味,无还原性,在水溶液中不能形成真溶液,只能形成胶体。

4. 生理功能:多糖分子作为接受信号的“天线”,在保证活性分子运往靶部位的过程中起着重要的作用。另外,还有人提出糖类成分能帮助糖蛋白延长活性寿命,稳定活性多肽三维空间结构,保护其蛋白质部分免遭其他酶类的攻击,或两者都有等。

多糖作为带有抗原的特殊免疫信息分子,是一种免疫促进剂,对防治肿瘤、肝炎和心血管疾病等都可能产生作用。

5. 生物导弹:有人把可能用于治疗肿瘤的免疫毒素称为生物导弹。就词义而言,生物导弹似乎有更广泛的含义,它可理解为能专一地作用于特定靶位,并进而产生特定生物效应的装置,其中“弹头”是产生生物效应的分子,而起专一结合作用的分子则是“导航”装置(“导航”装置主要是多糖类分子)。

三、糖类研究今昔——老兵新传

19 世纪末至 20 世纪初,德国化学家 Emil Fischer 就对糖类进行了开拓性的研究,就此而言,糖类和脂类的研究是同龄的。但由于蛋白质与很多的生物功能有关,蛋白质和多肽的研究在以后的几十年中是稳定和持续的,而糖类研究却出现过低谷,甚至在 20 世纪 50 年代以后被迅速崛起的核酸的研究抛在后面。出现这种情况的原因主要是人们认为糖类的结构复杂,而功能又显得非常单调。在 20 世纪 30 年代糖类的研究也曾有过辉煌的一页:糖类作为能量的来源以及与此有关的糖酵解是当时颇受重视的研究课题,同时也发现了一些多糖(粘多糖)在生物体内起到重要的结构支持作用。但有些科学家认为糖类的研究仅此而已,他们也就转向其他领域。

但是,在受到近 20 年的冷遇后,20 世纪 60 年代生物学和生化研究中的一些重大的进展使人们对糖类有了新的认识。在近 20 年中,糖类研究再次引起了人们的兴趣,与此同时,分离分析技术的发展,也为对糖类的检测和结构分析提供了有效的手段;20 世纪 90 年代诞生的糖生物学被称为“生物化学最后的巨大前沿之一”,并逐渐确立了“糖与核酸、蛋白质应列为生命体中最重要的三种大分子”的概念,为此糖类的研究取得了长足的进步,致使糖类这些“老兵”在生物学与生化飞快发展的年代中也谱写了新的传记。这主要表现在:

1. 糖类新的类型和结构的发现

在 20 世纪 30 年代,已知的单糖仅 20 余种,而就目前所知的单糖已超过 200 种,而且与它们相应的核苷酸衍生物很多也被发现,还有含糖的抗菌素的数目也与日俱增,新发现的糖蛋白更是不胜枚举。动物血清中的糖蛋白有上百种,仅 10 余种是不含糖的简单蛋白。

以前人们注意的糖蛋白,或是在体液中,或是在细胞的表面(细胞壁和细胞质膜),最近几年却发现在细胞核内、细胞浆中也都有糖蛋白。同样,蛋白聚糖也不仅存在于细胞间质中,也发现于细胞质膜,乃至细胞浆和细胞核中。另外,有些成熟的蛋白质并不含糖,但它们的前体是糖蛋白。

2. 糖类在生物体内的功能新发现

糖蛋白中的糖链可以改变蛋白质的溶解度,增加蛋白质的亲水性和水合度,进而影响它们的形态,提高蛋白质对热和被蛋白酶水解的稳定性。

有些蛋白质的功能和糖部分密切相关,失去糖基,蛋白质的活性会改变或失活。糖类还

是蛋白质、核酸以外的又一类重要信息分子,很多糖类具有抗原性,它们是人的血型、细胞和许多微生物分类的分子基础。

植物和有些植物病原体细胞壁的多糖长期以来都被认为仅起到结构支持作用,但近年来也发现有些结构多糖的降解碎片,被称为寡糖素,是一类新的植物调节分子。它们可以作为信息分子诱导植物基因表达,它所产生的与抗病有关的小分子和蛋白质,也能影响体外培养的植物组织的分化和形态发生。

糖领域还有很多问题有待回答:首先是

糖类的生物合成还是模糊的,仅知它们的合成与蛋白质、核酸不同,没有模板,是在糖基转移酶的作用下进行合成的。但是合成是如何终止的?为什么有复杂的微观不均一性?哪些因素影响了糖链的合成,又是怎样影响的,这些都未知。

糖类研究和核酸研究的结合将为分子生物学谱写新篇章。

糖类的研究也有巨大的应用前景,如植物细胞壁和甲壳质的开发利用等。特别是糖类在分子和细胞识别中的重要性,使得糖类在研究生物“导向”中成为最引人注目的一族大分子。

第二节 多糖的结构及构像分析

多糖结构的“元件”(或单体)是单糖及其简单的衍生物,通常由 10 种单糖或其衍生物中的一种或几种组成:

单糖 { D 系列(7 种):葡萄糖,甘露糖,半乳糖,果糖,木糖,葡萄糖醛酸,半乳糖醛酸
 L 系列(3 种):岩藻糖,鼠李糖,阿拉伯糖

注意: D 与 L 是指构型,它们是以丙糖(甘油醛)为参照物界定的,与旋光性的正负有别。

由于单糖分子中各个碳原子具有不同性质的羟基,糖环存在竖立键和平伏键的不同空间配置,以及连接各个糖单位的糖苷键又有 α 、 β 之不同键型,因此任何一种单糖均可能组成 11 种不同的二聚体和 176 种三聚体。如果某种多糖含 3 种单糖单位,三聚体的异构数可达 1 056 种之多。含 100 个单糖残基的多糖分子是不大的,但其理论上的异构体数目则是天文数字。不仅如此,很多糖单位的羟基部分地被氨基、乙酰基、甲基或硫酸根取代,各个单糖的糖环构像还可能扭曲或转变,所以天然的多糖分子具有高度种质特异性是可以理解的。

一、多糖结构的层次

应该提到,蛋白质中的肽键和多糖中的糖苷键在结构和性质上很有相似之处:(1)肽键平面 $C-N$ 键带有双键性质,显示刚硬的平面结构。糖苷键连接的糖环平面上环氧与 C_1 间的连接也具有双键性质。(2)多糖大分子的结构,虽然不像蛋白质分子那样有清楚的标准,但同样可以分为初级、二级、三级、四级等结构层次,其基本含义与对应的蛋白质结构相同,有关蛋白质大分子链型构造的原理和研究方法,同样是阐述多糖分子构像形态的基础。

1. 初级结构

多糖的初级结构指线性链中糖苷键连接单糖残基的顺序,不涉及任何次级的相互作用。具体地说,多糖的一级结构包括:(1)糖链中糖基的排列顺序;(2)糖基的构型(D 、 L)及糖苷