



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

食品生物化学

胡耀辉 主编 陈晓平 胡鑫 副主编



化学工业出版社

食品科学与工程系列教材

食品生物化学

食品化学

食品保藏原理与技术

食品加工与保藏原理 (第2版)

食品机械与设备

食品发酵设备与工艺

食品科学与工程导论

食品安全实验

功能食品学

食品感官分析与实验

食品无菌加工技术与设备

微生物油脂学

食品免疫学导论

谷物加工工程

食品工业生态学

油脂精炼与加工工艺学

食品酶学

食品化学

食品微生物学

食品保藏原理

食品专业英语

工业发酵分析

食品安全学

食品营养学

食品免疫学

食品分析

食品分析实验

食品工厂设计与环境保护

食品感官检验

天然产物化学

食品试验设计与SPSS应用

食品安全与卫生

食品科学导论

水产品营养与安全

现代食品微生物检测技术

畜产品加工学

胡耀辉

汪东风

曾名湧

曾庆孝

殷涌光

陈福生

刘学文

陈福生

刘静波 林松毅

张水华

殷涌光

何东平 陈 涛

江汉湖

刘 英

张文学

何东平

何国庆

冯凤琴

吕嘉桡

杨 瑞

许学书

吴国峰

钟耀广

何计国 金征宇

胥传来

杨严峻

张水华

王 颀

马永强

刘 湘

王 颀

陈宗道

卢蓉蓉

林 洪

张 伟

张柏林

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

★ 国家级“十一五”重点教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

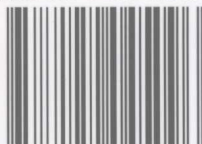
◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

◆ 教育部教学指导委员会推荐教材

ISBN 978-7-122-04509-6



9 787122 045096 >

定价：29.00元

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

食品生物化学

胡耀辉 主编
陈晓平 胡 鑫 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是为食品科学与工程学科的相关专业本科学生编写的,食品生物化学是该领域相关学科专业本科学生必修的专业基础课。本教材力求突出“现代”之特点,把生物化学深奥、抽象的理论尽量通俗化,并使之与食品科学与人类健康和食品制造以及相关领域的发展形成有机联系。希望能通过该课程的学习,使学生掌握食品物料的化学组成、生物大分子的结构、性质、生物学功能及在人体内的代谢规律,从分子水平认识和理解功能食品成分对人类生命活动的重要意义及对人类健康的重要性,为学生进一步学好专业课及从事该学科相关领域的科研与生产奠定坚实的基础。

本教材可供食品领域相关专业的各类研究生、科研和生产一线的科技人员使用与参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学/胡耀辉主编. —北京:化学工业出版社,
2009.2
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-122-04509-6

I. 食… II. 胡… III. 食品化学:生物化学-高等
学校-教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 002445 号

责任编辑:赵玉清
责任校对:周梦华

文字编辑:焦欣渝
装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 416 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员名单

主 编 胡耀辉

副 主 编 陈晓平 胡 鑫

编写人员 (按姓氏笔画排列)

于寒松 (吉林农业大学)

王玉华 (吉林农业大学)

邓景致 (黑龙江八一农垦大学)

刘俊梅 (吉林农业大学)

张平平 (天津农学院)

陈晓平 (吉林农业大学)

胡 鑫 (吉林大学生命科学学院)

胡耀辉 (吉林农业大学)

崔素萍 (黑龙江八一农垦大学)

彭 帅 (吉林农业大学)

詹冬玲 (吉林农业大学)

前 言

本教材可作为食品科学与工程学科及相关专业本科学生必修的专业基础课程教材。目前,“食品生物化学”教材有几个版本在使用,内容都很丰富、水平都很高。本教材力求取各家之精华,突出“现代”之特点,把生物化学深奥、抽象的理论尽量通俗化,并使之与食品科学与人类健康和食品制造以及相关领域的发展形成有机联系。希望能通过该课程的学习,使学生掌握食品物料的化学组成、生物大分子的结构、性质、生物学功能及在人体内的代谢规律,从分子水平认识和理解功能食品成分对人类生命活动的重要意义及对人类健康的重要性,为学生进一步学好专业课及从事该学科相关领域的科研与生产奠定坚实的基础。

本教材的编写团队以正在“食品生物化学”教学科研一线的年轻博士为主体,以发挥他们思想活跃、具有创新意识和现代理念、对学科前沿熟知的特点。本团队形成共识的教材编写指导思想为:食品生物化学重点介绍生命所需各类营养物质的组成、结构、理化性质、生物学功能及其在体内的代谢过程,物质代谢调控的机理;食品生物化学的研究方法、技术在新食品资源开发、食品加工工艺过程、食品保鲜、保质及贮藏技术中的应用;现代生物化学技术及其新进展。在准确把握经典理论的同时,尽量介绍学科发展的方向和前沿知识,科学拓展、注意应用。特别是注重引导学生的理论学习与实践的结合,经典理论与现代新技术的有机联系,注重培养学生运用理论知识进行创新设计的能力。尽管如此,由于团队能力有限,教材在成稿之后仍感不足,未完全实现上述之指导思想。书中不妥之处恳请同行和读者不吝斧正!本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,可作为食品科学与工程等相关专业的本科生、研究生的教材,也可供科研人员及生产一线的科技人员使用与参考。

本教材在编写过程中,采取参编作者互审、主编分工复审和终审的方式为书稿把关,充分体现团队精神与智慧。与此同时,得到参编学者所在各单位领导和同仁的多方支持和帮助,在此一并表示感谢!

编 者
2008 年 11 月于长春

目 录

1 绪论	1
1.1 生物化学的研究进展	1
1.2 生命的物质基础	2
1.3 生物化学领域重大事件	2
1.4 新陈代谢概论	3
1.4.1 新陈代谢的概念	3
1.4.2 代谢途径及其相互关系	4
1.5 学习食品生物化学的目的	4
2 食品物料重要成分化学	6
2.1 糖类化学	6
2.1.1 糖类化合物的种类	6
2.1.2 食品中的糖类化合物	7
2.1.3 单糖	8
2.1.4 寡糖（低聚糖）	13
2.1.5 多糖	21
2.1.6 食品中糖类的功能	25
2.1.7 食品中的功能性多糖化合物	27
2.2 脂类化学	33
2.2.1 脂类的种类	34
2.2.2 脂类的理化性质	37
2.2.3 油脂的分析技术	40
2.3 蛋白质化学	40
2.3.1 蛋白质的元素组成	40
2.3.2 氨基酸	41
2.3.3 蛋白质的结构	43
2.3.4 蛋白质的理化性质	52
2.3.5 蛋白质的分离纯化	54
2.3.6 蛋白质相对分子质量的测定	57
2.4 核酸化学	60
2.4.1 核酸的分子组成	60
2.4.2 核酸的分子结构	64
2.4.3 核酸的变性、复性和分子杂交	69
3 酶与维生素	70
3.1 酶的概述	70
3.1.1 酶的发展简史	70
3.1.2 酶的分类	70
3.1.3 酶的命名	71
3.2 酶催化作用的特性	71
3.2.1 酶具有高度专一性	71
3.2.2 酶具有极高的催化效率	72
3.2.3 酶活性的可调节性	72
3.2.4 酶活性的不稳定性	72
3.3 酶的组成	72
3.4 单体酶、寡聚酶、多酶复合体	73
3.4.1 单体酶	73
3.4.2 寡聚酶	73
3.4.3 多酶复合体	73
3.5 酶分子的活性中心及其催化作用 机制	73
3.5.1 酶分子的活性中心	73
3.5.2 酶的催化作用机制	74
3.6 酶促反应动力学	74
3.6.1 酶浓度对酶促反应速度的影响	75
3.6.2 底物浓度对酶促反应速度的 影响	75
3.6.3 温度对酶促反应速度的影响	76
3.6.4 pH 对酶促反应速度的影响	77
3.6.5 激活剂和抑制剂对酶促反应速度 的影响	77
3.7 同工酶	78
3.8 酶活性的调控	79
3.8.1 别构调节作用	79
3.8.2 酶的反馈调节作用	80
3.8.3 可逆共价修饰调节	80
3.8.4 酶原激活	80
3.9 酶活力测定	80
3.9.1 酶活力、酶单位、比活力	80
3.9.2 酶促反应的时间进程曲线和初 速度	81

3.10 酶的分离、纯化	83	3.11.1 酶在食品工业中的应用	88
3.10.1 酶分离纯化一般原则与注意 事项	83	3.11.2 酶工程技术应用发展趋势	89
3.10.2 菌体细胞的破碎	84	3.12 辅酶与维生素	89
3.10.3 酶的抽提	84	3.12.1 NAD^+ 、 NADP^+ 与维生素 B_5 ...	90
3.10.4 发酵液的预处理	85	3.12.2 FMN、FAD 和维生素 B_2	91
3.10.5 酶液的浓缩	85	3.12.3 辅酶 A 和维生素 B_3	91
3.10.6 酶的粉剂和液体制剂	85	3.12.4 四氢叶酸和维生素 B_{11}	92
3.10.7 酶的精制	86	3.12.5 TPP 和维生素 B_1	93
3.10.8 回收率、纯化倍数和纯度的 鉴定	86	3.12.6 磷酸吡哆素与维生素 B_6	94
3.10.9 酶制剂的保存	87	3.12.7 生物素	94
3.11 酶制剂与酶工程技术在食品工业中 的应用	88	3.12.8 维生素 B_{12}	95
		3.12.9 硫辛酸	95
		3.12.10 辅酶 Q	96
4 生物氧化	97		
4.1 概述	97	4.4 呼吸链的排列顺序与氧化磷酸化	109
4.1.1 线粒体的结构	97	4.4.1 呼吸链的排列顺序	109
4.1.2 生物氧化的特点	99	4.4.2 呼吸链抑制剂	110
4.1.3 生物氧化的方式	99	4.4.3 氧化磷酸化	112
4.2 生物能及其存在形式	100	4.4.4 氧化磷酸化作用的机理	115
4.2.1 高能化合物及高能键	100	4.4.5 影响氧化磷酸化的因素	118
4.2.2 高能化合物的类型	101	4.4.6 线粒体的穿梭系统	119
4.3 呼吸链及其组成成分	104	4.5 非线粒体氧化体系	121
4.3.1 呼吸链	104	4.5.1 微粒体氧化体系	121
4.3.2 呼吸链的组成成分	104	4.5.2 过氧化物酶体氧化体系	123
4.3.3 生物体内重要的呼吸链	107	4.6 高能磷酸键的储存和利用	124
5 糖代谢	126		
5.1 糖与生命活动的关系	126	5.3 糖的合成代谢	147
5.1.1 供给能量	126	5.3.1 糖异生作用	147
5.1.2 参与物质构成	126	5.3.2 糖原的合成代谢	150
5.1.3 保肝解毒作用	126	5.4 糖代谢紊乱	151
5.1.4 抗生酮和节约蛋白质作用	126	5.4.1 血糖水平异常	151
5.1.5 血糖	126	5.4.2 糖尿病	152
5.2 糖的分解代谢	127	5.4.3 先天性酶缺陷导致糖原累积症 ...	152
5.2.1 糖酵解	127	5.4.4 果糖代谢障碍	153
5.2.2 三羧酸循环	134	5.4.5 半乳糖代谢障碍	153
5.2.3 磷酸戊糖途径	141	5.4.6 丙酮酸代谢障碍	153
5.2.4 糖原的分解	146		
6 脂类代谢	154		
6.1 概述	154	6.2.2 甘油的分解代谢	156
6.1.1 脂类的主要生理功能	154	6.2.3 脂肪酸的分解代谢	156
6.1.2 脂类的吸收和运输	154	6.2.4 酮体的生成与利用	159
6.2 脂肪的分解代谢	155	6.3 脂肪的合成代谢	161
6.2.1 脂肪的酶促水解	155	6.3.1 甘油的生物合成	161

6.3.2 脂肪酸的合成	161	6.6.1 酮血症、酮尿症	169
6.3.3 脂肪的合成	164	6.6.2 脂肪肝	170
6.4 类脂代谢	165	6.6.3 动脉粥样硬化	170
6.4.1 磷脂合成代谢	165	6.7 与脂类代谢相关的疾病	172
6.4.2 胆固醇代谢	166	6.7.1 脂肪肝	172
6.5 血浆脂蛋白代谢	168	6.7.2 酮体代谢病	172
6.5.1 血浆脂蛋白的分类及组成	168	6.7.3 鞘脂代谢病	173
6.5.2 血浆脂蛋白的代谢	168	6.7.4 高脂蛋白血症	173
6.6 脂类代谢紊乱	169		
7 蛋白质降解与氨基酸代谢	175		
7.1 蛋白质的消化吸收	175	7.2.2 氨基酸的脱羧基作用	180
7.1.1 蛋白质的消化	175	7.2.3 氨基酸代谢产物的去路	182
7.1.2 蛋白质的吸收	176	7.3 氨基酸的合成代谢	185
7.2 氨基酸的分解代谢	177	7.3.1 氨基酸的生物合成	186
7.2.1 氨基酸的脱氨基作用	177	7.3.2 一碳基团	190
8 核酸代谢	193		
8.1 核酸的分解代谢	193	8.3 核酸的生物合成	200
8.1.1 核苷酸的分解代谢	193	8.3.1 DNA 的生物合成	200
8.1.2 嘌呤碱的分解代谢	194	8.3.2 RNA 的生物合成	207
8.1.3 嘧啶碱的分解	195	8.4 蛋白质的生物合成	209
8.2 核苷酸的合成代谢	196	8.4.1 遗传密码	209
8.2.1 嘌呤核苷酸的合成	196	8.4.2 原核生物中的翻译	210
8.2.2 嘧啶核苷酸的合成	198	8.4.3 真核生物中的翻译	213
8.2.3 脱氧核糖核苷酸的合成	199	8.4.4 翻译后加工	214
9 矿物质代谢	216		
9.1 人体的无机元素种类及其含量	216	9.2.1 钙、磷代谢	218
9.1.1 无机元素的种类及含量	216	9.2.2 钠、钾与氯的代谢	220
9.1.2 矿物质在生物体内的功能	217	9.2.3 某些微量元素的代谢	221
9.1.3 成酸与成碱食物	218	9.3 对人体有害的元素——重金属代谢	224
9.2 人体必需的矿物质的代谢	218		
10 现代生物化学技术在食品中的应用及展望	225		
10.1 基因工程技术及其在食品中的应用 及展望	225	10.2.1 现代生化分离技术概述	229
10.1.1 基因工程技术概述	225	10.2.2 生化分离技术在食品中 的应用	231
10.1.2 基因工程技术在食品中的 应用	226	10.3 现代生化分析检测技术及其在食品中 的应用	236
10.1.3 展望	229	10.3.1 现代生化分析检测技术概述	236
10.2 现代生化分离技术及其在食品中的 应用和展望	229	10.3.2 现代生化分析检测技术在食品中 的应用	237
参考文献	242		

1 绪 论

生命是物质的一种高级运动形式，生物体内各种物质的化学结构和化学反应过程是生命活动的体现。生物化学（biochemistry）就是以物理、化学及生物学的现代技术研究生物体的物质组成和结构，物质在生物体内发生的化学变化，以及这些物质的结构和变化与生物的生理机能之间的关系，进而在分子水平上深入揭示生命现象本质的一门科学，即生命的化学。

食品生物化学是生物化学的一个重要分支。它是运用生物化学的原理阐述食品物料中人体所需的主要营养成分的化学组成、结构、性质和加工过程中的变化，以及其在人体内的代谢过程，进而从分子水平认识物质的化学组成、生命活动中所进行的化学变化及其调控规律等生命现象本质的科学。因此，必须循着生物化学的轨迹，对其发展演进历程加以认识、学习和掌握。

1.1 生物化学的研究进展

生物化学是一门既古老又年轻的学科。所谓古老是因为我们的祖先远在上古时代，就有许多生产、饮食及医药等方面的发明创造，对生物化学的发展作出不可磨灭的贡献。例如，早在公元前 21 世纪就已经发酵酿酒；公元前 2 世纪《黄帝内经》就记载了多种膳食对人体的作用，即“五谷为养，五畜为益，五果为助，五菜为充”；公元 5 世纪对缺乏维生素 B，引起脚气病的现象已有详细记载；公元 7 世纪对地方性甲状腺肿、维生素 A 缺乏症、糖尿病等均有详尽的描述。当然，当时还不可能出现现在这些分析上述病因的专业术语。所谓年轻是因为直到 1903 年才提出“biochemistry”这一名词，并成为一门独立的学科。在此之前，生物化学的相关内容主要在有机化学和生理学中分别进行研究。

随着科学技术的不断发展，生物化学研究的内容和方法也不断拓展和更加深入。早期的生物化学采用有机化学的方法分析生物体的物质组成，阐述这些成分的理化性质，这个时期可称为“静态生物化学”时代。静态生物化学仅研究生命现象的物质基础，尚不能了解生命的奥秘，更不能满足实践方面的要求。追求促进发展，在静态生物化学的基础上，科学家用离体的器官、组织切片和匀浆以及精制纯酶等方法，进一步研究生物体内组成物质的代谢变化，以及生物活性物质（酶、维生素和激素等）在代谢变化中的作用。这个时期的生物化学是以研究代谢变化为主体，称其为“动态生物化学”阶段。动态生物化学为医学发展和人们生活生产实践解决了诸多的问题，但是它忽略了代谢变化与生理机能的联系。人们通过不断的科学实践认识了这些问题的存在，在生物科学发展和研究手段改进的基础上，在动态生物化学研究的基础上，进而结合生理机能，并注意了环境对机体代谢的影响，使生物化学进入了“机能生物化学”时期。当然，这种划分并不是绝对的，它只是表明生物化学发展的趋势和规律。人们只有对生命的物质组成有了一定了解后，才能着手研究其代谢变化；只有对生命的物质组成和代谢变化有了一定认识，才能进一步研究它们与生理机能之间的关系。而且很明显，生物化学发展到今天，仍远远未能彻底了解生命的物质组成、代谢变化及其调控机

理，它们仍然是当前与未来生物化学研究的重要范畴。

生物化学的研究曾经历了一个缓慢发展的时期。随后，尤其是近 20 年来，由于各学科的相互促进，特别是现代新技术的利用，使生物化学研究有了突飞猛进的发展。由于生物化学的发展，特别是对于蛋白质和核酸的结构和功能深入了解和高效利用，使人们不仅在分子水平上认识了生命的本质和规律，并且运用生物化学技术和手段调控生命过程，设计生命蓝图，从而推动了生命科学各领域的协调发展，使生命科学进入了“生物技术”的新时代。生物化学研究的一系列重要进展深刻地说明了，虽然生命现象在形式上是多种多样的，但其本质的东西在生物群体中是高度一致的。例如，所有生物的遗传密码都蕴藏在核酸中。生物化学的最新成就不仅全面带动了生物科学各个领域的深入发展，同时也为食品科学与工程领域的发展开辟了美好的前景。

1.2 生命的物质基础

生物化学的研究揭示了生物体是由多种有机和无机物质组成的，它们都是生命活动不可或缺的成分。蛋白质和核酸两大类物质是生命的最基本物质或物质基础。

生物体内存在有种类繁多的蛋白质，它们执行着各种生理功能。例如蛋白质酶具有催化功能，催化各种代谢反应；激素（绝大多数都是蛋白质）起着代谢调节的作用；血红蛋白运输氧；肌肉蛋白进行收缩和舒张；免疫蛋白执行防御功能等。而这些功能的综合表现就是有序的生命活动，因此认为生物的生命活动是通过蛋白质来实现或体现的。

生命现象多种多样，生物界更是丰富多彩，体现生命现象的蛋白质必然数目极其繁多，但是构成蛋白质的氨基酸却只有 20 多种。人们不禁要问，这 20 多种氨基酸是如何构成如此丰富多彩的蛋白质的呢？一个简单的计算即可以回答这个问题：一个由 100 个氨基酸组成的蛋白质是一种比较小的蛋白质，但是 100 个 20 种不同的氨基酸以一定顺序排列就可以提供 20^{100} 个蛋白质，可见在生物进化过程中，由这 20 多种氨基酸构成的蛋白质种类和数目是无限的，从而展示了生物界的千变万化。然而，不同的生物各自有其特定的生命活动特征，并且这种特征又是世代相传的。换句话说，就是每种生物在其生长发育过程中，都要合成其特有的成千上万种蛋白质，并且世代相传。

那么生物是怎样控制其蛋白质的合成，并保持其生命特征呢？这就要靠生命活动的另一种基本物质——核酸。核酸是一种生物大分子，它有两个基本特征和功能：一是核酸能自我复制，因而能够使生命特征世代相传；二是核酸能指导、参与合成生物所特有的蛋白质，并通过蛋白质的生理功能，体现每个生物的生命活动特征。因此，核酸是生物遗传的物质基础。

1.3 生物化学领域重大事件

1897 年，Buchner 发现了酵母细胞质能使糖分子发酵。

1902 年，Fischer 提出了肽键理论。

1904 年，F. Knoop 提出了脂肪酸体内氧化的“ β 氧化学说”。

1926 年，Sumner 结晶得到了脲酶，证明酶就是蛋白质。

1932 年，H. A. Krebs(1900—1981) 发现了哺乳动物体内尿素合成的途径，建立了尿素合成的鸟氨酸循环。

1937 年, H. A. Krebs 又提出了各种化学物质代谢反应的中心环节——三羧酸循环的基本过程和理论, 并解释了机体内所需能量的产生过程和糖、脂肪、蛋白质的相互联系及相互转变机理。

1940 年, Emben 和 Meyerhof (德国科学家) 提出了糖酵解途径。

1944 年, Avery 发现 DNA 是遗传物质, 并证明了核酸的生物学功能。

1945 年, F. A. Lipman (1899—1986, 德裔美国生物化学家), 发现并分离出辅酶 A, 证明其对生理代谢的重要性。

1953 年, 历经 10 年时间, F. Sanger (英国化学家) 完成了牛胰岛素的氨基酸组成结构分析, 这是第一个蛋白质组成结构的分析。

1953 年, J. D. Watson 和 F. H. Crick 提出了 DNA 双螺旋三维结构模型。这一模型的建立, 从遗传物质结构变化的角度解释了遗传性状突变的原因, 为进一步阐明遗传信息贮存、传递和表达, 揭开生命的奥秘奠定了结构基础, 并标志着遗传学完成了由“经典”时代向“分子”时代的过渡。

1958 年, Crick 提出了中心法则。

1965 年, 中国成功地人工合成了牛胰岛素。这是世界上第一个人工合成的蛋白质。

1970 年, R. Yuan 和 H. O. Smith 发现了 DNA 限制性内切酶。

1970 年, Temin 发现了逆转录酶, 完善了中心法则的内容。

1978 年, F. Sanger 发明了末端终止法以用来测定核苷酸序列。

1982 年, T. R. Cech 等在四膜虫中发现了具有催化活性的 RNA——核酶 (ribozyme), 从而向酶的化学本质是蛋白质这一传统概念提出了挑战。这一重大发现对进一步深入了解生命活动过程和本质具有深远的意义。

1985 年, Mullis 等发明了聚合酶链反应 (PCR) 的特定核酸序列扩增技术。

1995 年, Cuenoud 等发现了具有酶活性的 DNA 分子, 并命名为脱氧核酶 (deoxyribozyme 或 DNAzyme)。

1997 年, I. Wilmut (英国科学家) 等运用羊的体细胞 (乳腺细胞) 成功克隆出“多莉”。克隆羊技术是人类在生物科学领域取得的一项重大技术突破, 反映了细胞核分化技术、细胞培养和控制技术的进步。

2003 年 4 月 14 日, 中、美、日、德、法、英六国科学家宣布人类基因组序列图谱绘制成功。已完成的序列图谱覆盖了人类基因组所含基因区域的 99%, 精确率达到 99.99%。

1.4 新陈代谢概论

1.4.1 新陈代谢的概念

恩格斯对新陈代谢作过精辟的阐述, 他指出: “生命, 即通过摄食和排泄来实现的新陈代谢, 是一种自我完成的过程, 这种过程是为它的体现者——蛋白质所固有的, 生来就具备的。没有这种过程, 蛋白质就不能存在。” 恩格斯在这里一方面指出了生命的物质基础是蛋白质, 同时还指明了生命的特征就是不断地进行新陈代谢, 这些论断都为现代科学所证实。

研究证实, 新陈代谢包括同化和异化两个基本过程。生物体在其生命活动中, 不断地从外界摄取氧、水、蛋白质、糖、脂类、无机盐和其他营养物质, 通过一系列化学反应, 将这些物质转化为其自身的组成成分, 这就是同化作用 (assimilation)。与此同时, 生物体不断地将本身已有陈旧的组成成分分解转化为其他物质排出体外, 这就是异化作用 (dissimila-

tion)。机体的同化和异化作用称之为物质代谢 (substance metabolism)，这一过程同时还伴有能量释放、贮存和利用，因此称其为能量代谢 (energy metabolism)，这些过程统称为新陈代谢 (metabolism)。生物体在不断的新陈代谢过程中，演绎着生长发育、繁殖、分泌和运动等生理活动，新陈代谢一旦停止，生命就会终止。

综上所述，新陈代谢分为下列三个阶段：

第一阶段：消化吸收阶段。即在机体的消化器官中，将食物中的营养成分进行机械的、生物学和化学的加工，把它们转化成可吸收的形式，从消化道吸收进入体内。

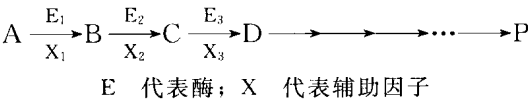
第二阶段：中间代谢过程。即机体利用消化吸收的物质进行组织的建造和更新，同时把陈旧的组织成分和吸收物质的剩余部分分解、释放能量并产生残余物的过程。

第三阶段：排泄阶段。机体在中间代谢过程中产生的残余物，即不能被机体利用的废物，以粪、尿、汗和呼出气体的方式排出体外。

以上三个阶段不是各自孤立存在的，它们的协调统一构成了一部复杂而有序的“生命交响乐”，三个不同的阶段就是这部生命交响乐的“三部曲”。第一阶段是“序曲”，第二阶段是“高潮”，第三阶段就是“尾声”。生物化学的使命就是演奏“生命交响乐”的高潮。

1.4.2 代谢途径及其相互关系

中间代谢过程是极其复杂的，它包括许许多多的化学反应，且几乎所有这些代谢反应都是以极快的速度发生并完成的。然而这些复杂的代谢过程都是在温和的条件下（体温和 pH 近中性）进行的。其之所以能够如此，是因为几乎所有的代谢过程的化学反应都是在生物催化剂——酶的催化下进行的，同时伴随有一些辅助因子参加。代谢过程的每种物质的合成与分解都经过若干个化学反应历程，按照一定顺序和方向有条不紊地进行。我们常把某一物质经过若干步反应（无论是合成还是分解）生成某一特定产物的一系列过程称为“一个代谢途径”。一个典型的代谢途径可用简图表示如下：



把参加代谢途径的起始物质 A 称为前体，中间物质 B、C、D 等称为中产物，最后生成的物质 P 称为终产物。

新陈代谢过程虽然可以分成若干途径来研究，但必须注意代谢过程是一个整体，各个代谢途径之间密切关联而不可分割，它们相互衔接、彼此交错。例如一种前体可有数种代谢途径，产生不同的产物；而同一产物又可由不同的前体经不同的代谢途径产生。各代谢途径相互配合又相互制约，体现或完善着各种生理机能。因此，我们在研究新陈代谢时既要探索每个代谢途径的特点，更要重视研究它们之间的有机联系和调控机制，这样才能掌握生命活动的规律和全貌，用以指导食品科学与工程学科的科学研究和生产实践。

1.5 学习食品生物化学的目的

食品生物化学是食品科学与工程专业、食品质量与安全专业以及与之相关的学科必修的专业基础课。通过生物化学的学习使我们充分理解食品的物质组成、各类营养物质的结构、理化性质、对人体的营养作用以及在人体内的代谢过程与规律；从分子水平上理解人类的物质需要及食品各成分对人类健康的重要作用；理解和认识各类食品成分在食品加工贮藏过程中的化学变化、对人体的影响及重要意义；为从事食品科学与工程的研究和生产奠定良好的

科学思维、解决实践问题的技能基础。目前食物短缺和食品加工技术发展的不协调是全球性问题，因此，学习好生物化学知识，掌握现代生物化学技术对开发新食品资源和研发现代食品加工技术有着十分重要的意义。食品与生命密切相关，食品产业是“生命产业”，还有许许多多的谜没有解开，还有许许多多的难题有待解决，食品资源的高效利用、食品加工技术水平的不断提升和食品生物技术的应用拓展都需要生物化学的原理与技术。

（胡耀辉 胡鑫）

2 食品物料重要成分化学

食品物料成分是指食品中含有的可以用化学方法进行分析的各种物质。单从化学意义上讲，食品物料是由多种化学物质成分组成的一种混合物。这也是大多数食品的共同之处，它由外源性物质成分和内源性物质成分组成。食品物料的外源性物质成分包括食品添加剂和污染物质两类，一般在食品中所占比例很小。但是，它们对食品的影响却很大。内源性物质是食品构成中的重要成分，分为有机物和无机物两类，共 15 种成分，其中，无机物成分包括水和无机盐 2 种，有机物成分则包括蛋白质和氨基酸、碳水化合物（含纤维素）、脂质、维生素、核酸、酶、激素、乙醇、生物碱、色素成分、香气成分和呈味成分，共计 13 种。此外，根据食品物料成分的含量，也可以将食品物料大致地划分为 7 种，即：蛋白质、脂肪、碳水化合物（含纤维素）、核酸类、水、维生素和无机质。其中，前 5 种为主体成分；维生素和无机盐则属于微量成分。食品物料重要成分的含量总和基本上为食品的总量。

从化学分析和营养成分分析的角度看，构成食品的物料成分复杂，结构功能各异，理论上将它们列成若干组分。由于教材的篇幅所限，本章仅就食品物料中部分主体成分进行阐述，包括糖类、脂类、蛋白质和核酸类物质。

2.1 糖类化学

糖类（saccharide）化合物是绿色植物光合作用的直接产物，因此是自然界分布广泛、数量最多的有机化合物。糖类化合物是构成食品的重要组成成分之一。自然界的生物物质中，糖类化合物约占 3/4，从细菌到高等动物都含有糖类化合物，植物体中含量最丰富，约占其干重的 85%~90%，其中又以纤维素最为丰富。其次是节肢动物，如昆虫、蟹和虾外壳中的壳多糖（甲壳质）。

糖类化合物的分子组成可用通式 $C_n(H_2O)_m$ 表示，统称为碳水化合物。但后来发现有些糖〔如鼠李糖（ $C_6H_{12}O_5$ ）和脱氧核糖（ $C_5H_{10}O_4$ ）〕并不符合上述通式，而且有些糖还含有氮、硫、磷等成分，显然碳水化合物的统称已经不恰当，但由于沿用已久，至今还仍然在使用这个名词。根据糖类的化学结构特征，可将其定义为多羟基醛或酮及其衍生物和缩合物的总称。

糖类化合物是生物体维持生命活动所需能量的主要来源，是合成其他化合物的基本原料，同时也是生物体的主要结构成分。人类摄取食物的总能量中大约 80% 由糖类提供，因此，糖类化合物是人类及动物生命活动的主要能量源泉。我国传统膳食习惯是以富含糖类化合物的食物为主食，但近十几年来随着动物性食品的逐年增加和食品工业的发展，人们膳食的结构也在逐渐发生变化。

2.1.1 糖类化合物的种类

糖类化合物常按其组成为单糖、寡糖（低聚糖）和多糖。单糖是一类结构最简单的糖，根

据其所含碳原子的数目分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖等；根据官能团的特点又分为醛糖和酮糖。寡糖一般是由 2~20 个单糖分子缩合而成，水解后产生单糖。多糖是由多个单糖分子缩合而成，其聚合度很大。多糖的性质不同于单糖和低聚糖。多糖不溶于水，也没有甜味，其物理化学性质与分子量大小、结构和形状相关。常见的多糖有淀粉、纤维素和果胶等。由相同的单糖组成的多糖称同聚多糖，不相同的单糖组成的称杂聚多糖；如按其分子中有无支链，则有直链、支链多糖之分；按其功能不同，则可分为结构多糖、贮存多糖、抗原多糖等。

2.1.2 食品中的糖类化合物

食品中的糖类化合物主要以单糖、寡糖及多糖形式存在。

大部分食品物料中都含有糖类化合物。例如：谷物、果蔬等植物都含有复杂的糖类化合物，而作为食品物料的海藻，其干重的 3/4 都由糖类化合物构成。

作为食品物料的大多数植物中只含有少量蔗糖，大量的膳食用蔗糖是从甜菜或甘蔗中分离得到的，水果和蔬菜中只含少量蔗糖、D-葡萄糖和 D-果糖（表 2-1~表 2-3）。在加工食品中添加蔗糖是比较普遍的，如表 2-4 所示。

表 2-1 豆类中游离糖含量（鲜重计）/%

豆 类	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖	豆 类	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖
利马豆	0.04	0.08	2.59	青豌豆	0.32	0.23	5.27
嫩荚青刀豆	1.08	1.20	0.25				

表 2-2 水果中游离糖含量（鲜重计）/%

水 果	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖	水 果	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖
苹果	1.17	6.04	3.78	甜柿肉	6.20	5.41	0.81
葡萄	6.86	7.84	2.25	枇杷肉	3.52	3.60	1.32
桃	0.91	1.18	6.92	杏	4.03	2.00	3.04
梨	0.95	6.77	1.61	香蕉	6.04	2.01	10.03
樱桃	6.49	7.38	0.22	西瓜	0.74	3.42	3.11
草莓	2.09	2.40	1.03	番茄	1.52	1.51	0.12
温州蜜橘	1.50	1.10	6.01				

表 2-3 蔬菜中游离糖含量（鲜重计）/%

蔬 菜	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖	蔬 菜	D-葡萄糖	D-果糖	蔗 糖
甜菜	0.18	0.16	6.11	洋葱	2.07	1.09	0.89
硬花甘蓝	0.73	0.67	0.42	菠菜	0.09	0.04	0.06
胡萝卜	0.85	0.85	4.24	甜玉米	0.34	0.31	3.03
黄瓜	0.86	0.86	0.06	甘薯	0.33	0.30	3.37
苜菜	0.07	0.16	0.07				

表 2-4 普通食品中的糖含量

食 品	糖的含量/%	食 品	糖的含量/%
可口可乐	9	蛋糕(干)	36
脆点心	12	番茄酱	29
冰淇淋	18	果冻(干)	83
橙汁	10		

谷物只含少量的游离糖，因为大部分游离糖输送至种子中并转变为淀粉。如玉米粒中含有 0.2%~0.5%的 D-葡萄糖、0.1%~0.4%的 D-果糖和 1%~2%的蔗糖；小麦粒中这三种

糖的含量分别为小于 0.1%、小于 0.1%和小于 1%。

水果一般是在完全成熟之前采收的，果实有一定硬度利于运输和贮藏。在贮藏和销售过程中，其中的糖类物质在酶的作用下生成蔗糖或其他甜味糖，水果经过这种后熟作用而变甜变软。这种后熟作用和谷物籽粒、植物块茎中的糖转变为淀粉的过程正好相反。

淀粉是植物中最普遍的糖类化合物，甚至树木的木质部分中也存在淀粉，而以植物籽粒、根和块茎中含量最丰富。天然淀粉的结构紧密，在相对湿度较低的环境中容易干燥，同水接触又很快变软，并且能够水解成葡萄糖。

动物产品所含的糖类化合物比其他食品物料少，而肌肉和肝脏中的糖原是一种葡聚糖，结构与支链淀粉相似，以与淀粉代谢相同的方式进行代谢。

乳糖存在于人与动物乳汁中，牛奶中含 4.8%，人乳中含 6.7%，市售液体乳清中为 5%。工业上采取从乳清中结晶的方法制备乳糖。

2.1.3 单糖

单糖是不能再水解成更小分子的糖。从结构上看，单糖属于多羟基醛或多羟基酮。通常将多羟基醛称为醛糖，将多羟基酮称为酮糖。单糖又可根据分子中所含碳原子数目不同而分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖。在单糖中，与生命活动关系最为密切的是葡萄糖、果糖、核糖和脱氧核糖等。

单糖的分子量较小，一般含有 3~6 个碳原子，分子式为 $C_mH_nO_p$ ，它们是 D-甘油醛的衍生物，如图 2-1 所示。单糖在自然界中很少以游离状态存在。在营养学上比较重要的单糖有戊糖（五碳糖）和己糖（六碳糖）。而己糖中最重要的是葡萄糖、果糖和半乳糖。

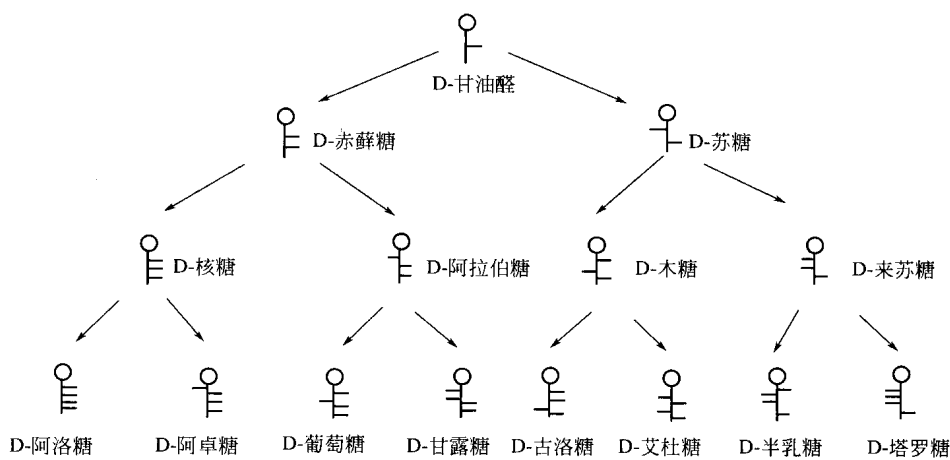


图 2-1 甘油醛产生的 8 种 D-己糖的结构示意图

单糖可以形成缩醛和缩酮，糖分子的羰基可以与分子内的一个羟基反应，形成半缩醛或半缩酮。分子内的半缩醛或半缩酮，又进一步形成五元呋喃糖环或更稳定的六元吡喃糖环。

2.1.3.1 单糖的结构

(1) 葡萄糖的分子结构

① 链状结构 葡萄糖是己醛糖，分子式为 $C_6H_{12}O_6$ 。在葡萄糖分子中，6 个碳原子依次相连成开链状，醛基位于第 1 位碳原子上，其余 5 个碳原子上各连有一个羟基。其结构式为：