

食品科学与工程类 系列规划教材

全国高等院校食品专业规划教材

食品生物化学

(第二版)

辛嘉英 主编

Food Biochemistry

科学出版社

食品科学与工程类系列规划教材
全国高等院校食品专业规划教材

食品生物化学

(第二版)

辛嘉英 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以人体和食品体系为中心,以生物化学过程为重点,以食品的化学组成及其在人体代谢与加工储藏过程中的变化为主线,对生物化学的基础理论进行了全面系统的介绍,同时完善了食品加工储藏中的生物化学和生物化学技术在食品中的应用等相关内容。为了加强对学生的科学素养和应用能力的培养,使书本知识与科研、生产、生活实际紧密联系,同时便于授课教师制作课件,书中穿插了生物化学技术方法版块和食品与生物化学版块,并随书附赠授课教师大量相关备课资源,欢迎索取。

本书可作为食品科学与工程类及其相关学科的本科生教材,亦可作为食品领域相关专业的研究生、科研工作者和生产一线科技人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学/辛嘉英主编. —2版. —北京:科学出版社,2019.8
食品科学与工程类系列规划教材 全国高等院校食品专业规划教材
ISBN 978-7-03-061049-2

I. ①食… II. ①辛… III. ①食品化学-生物化学-高等学校-教材
IV. ①TS201.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第072004号

责任编辑:席慧 马程迪 / 责任校对:严娜
责任印制:师艳茹 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717
<http://www.sciencep.com>

天津文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2019年8月第 二 版 印张:25
2019年8月第八次印刷 字数:640 000

定价:69.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《食品生物化学》（第二版）编写委员会

主 编 辛嘉英

副主编 陈林林 张 帅 王 艳

王金玲 刘晓飞 王淑静

编 委 （以姓氏笔画为序）

王 艳 王金玲 王淑静

刘晓飞 辛嘉英 冷 波

张 帅 陈林林 窦博鑫

第二版前言

本书主要是为食品科学与工程类专业本科学学生编写的教材。为了既全面地介绍生物化学的基础理论知识又尽可能以应用于食品行业为目的，紧扣食品主题，突出食品生物化学有别于生物化学和食品化学的特性，编者在编写内容上尽量压缩了遗传信息的传递、表达、调控及相关内容，删减了矿物质、水分、食品的色香味化学、食品添加剂及相关内容。本书共分14章，前12章重点介绍组成食品的化学成分（如糖、脂类、核酸、蛋白质、酶、维生素和辅酶等）的结构、功能和理化性质，以及这些物质在人体内的化学变化和调节规律，后2章分别介绍食品加工储藏中的生物化学和生物化学技术在食品中的应用。

本书由哈尔滨商业大学、东北林业大学和闽南师范大学生物化学课程组的教师联合编写。他们都是长期从事生物化学教学和科研工作、富有经验的一线教师。在本书的编写过程中，他们认真工作，付出了大量的劳动。具体编写分工如下。

绪论和第八章由哈尔滨商业大学辛嘉英编写；第一章由哈尔滨商业大学窦博鑫编写；第二章由哈尔滨商业大学陈林林编写；第三章和第十一章由哈尔滨商业大学王淑静编写；第四章由哈尔滨商业大学王艳编写；第五章和第九章由哈尔滨商业大学张帅编写；第六章和第十二章由哈尔滨商业大学刘晓飞编写；第七章由东北林业大学王金玲编写；第十章由闽南师范大学冷波编写；第十三章和第十四章继续延续第一版的内容。编写过程中进行了编委互审和主编复审工作，最后的全书统稿由辛嘉英完成。

为了使授课老师更好地完成教学，本书附赠大量与本书内容紧密结合的授课及备课资源，这些视频和动画文件以章为单位采用AVI、MPEG、MOV、SWF、GIF等格式提供，可以单独使用或以PowerPoint为操作平台嵌入使用，欢迎授课老师索取。同时，书中每章后的复习思考习题内容均放在二维码中，每学期将更换习题内容，便于老师和学生灵活选择。习题由辛嘉英和张帅整理完成。

本书是在《食品生物化学》（第一版）的基础上，为适应科学和教育的发展而进行的改版。没有第一版编写同仁们的努力，就不可能有第二版的出版。在第二版出版之际，现列出第一版的作者名单，向因故未能参与第二版编写的同仁们表示深切谢意。

主编：辛嘉英；副主编：陈林林、檀建新、徐德昌、王金玲；其他编写者：刘璘、冷波、贡汉生、李海燕、张帅、刘晓飞、亢春雨、于宏伟、孙记录、裴家伟、代翠红。

在本书的编写过程中，得到了科学出版社的鼓励和支持，在此表示由衷的感谢。基于编者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

辛嘉英

2019年1月于哈尔滨

第一版前言

《食品生物化学》是为食品类专业本科学生编写的教材。为了既较全面地介绍生物化学的基础理论知识又尽可能以应用于食品行业为目的，紧扣食品主题，突出食品生物化学有别于生物化学和食品化学的特性，在教材编写内容的取舍上尽量压缩了遗传信息的传递、表达、调控及相关内容，删减了矿物质、水分、食品的色香味化学、食品添加剂及相关内容。本书共分14章，前12章重点介绍组成食品的化学成分（如糖、脂类、核酸、蛋白质、酶、维生素和辅酶等）的结构、功能和理化性质，以及这些物质在人体内的化学变化和调节规律，后2章分别介绍食品原料加工储藏过程中的生物化学和生物化学技术在食品中的应用。

本教材由哈尔滨商业大学、哈尔滨工业大学、东北林业大学、河北农业大学、浙江工业大学、鲁东大学和漳州师范大学生物化学课程组的教师联合编写。他们都是长期从事生物化学教学和科研工作、富有经验的一线教师。在本教材的编写过程中，他们认真工作，付出了大量的劳动。具体编写分工如下：

绪论由哈尔滨商业大学辛嘉英编写；第一章由鲁东大学贡汉生、哈尔滨商业大学刘晓飞编写；第二章由哈尔滨商业大学陈林林、辛嘉英编写；第三章由哈尔滨工业大学代翠红、徐德昌编写；第四章由河北农业大学檀建新、孙记录、亢春雨、于宏伟，漳州师范大学冷波编写；第五章由浙江工业大学刘璘编写；第六章由哈尔滨商业大学张帅编写；第七章由东北林业大学王金玲、哈尔滨商业大学张帅编写；第八章由哈尔滨商业大学辛嘉英、陈林林编写；第九章由哈尔滨商业大学张帅编写；第十章由漳州师范大学冷波编写；第十一章由哈尔滨工业大学侯爱菊、徐德昌编写；第十二章由哈尔滨商业大学刘晓飞编写；第十三章第一节由鲁东大学贡汉生编写；第十三章第二节由河北农业大学裴家伟编写；第十三章第三节由哈尔滨商业大学陈林林编写；第十三章第四节、第五节由东北林业大学王金玲编写；第十四章第一节由哈尔滨工业大学徐德昌编写；第十四章第二节、第三节、第五节由鲁东大学李海燕编写；第十四章第四节由河北农业大学檀建新编写。

编写过程中进行了参编作者互审和主编复审，最后的全书统稿由辛嘉英完成。在本书的编写过程中，得到了科学出版社的鼓励和支持，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平、经验有限，书中难免会有不当之处，敬请同行、专家和广大读者批评指正。

辛嘉英

2013年1月于哈尔滨

目 录


第二版前言	
第一版前言	
绪论	1
第一章 糖	7
第一节 概述	7
第二节 食品中的糖类化合物	8
第三节 食品中糖类的功能	33
第四节 多糖的分离与纯化	41
第二章 脂类	46
第一节 概述	46
第二节 脂肪	49
第三节 类脂	55
第四节 脂类的提取、分离与分析	61
第三章 核酸	64
第一节 概述	64
第二节 核苷酸	65
第三节 核酸的分子结构	71
第四节 核酸的理化性质	81
第五节 核酸的分离与含量测定	83
第四章 蛋白质	87
第一节 概述	87
第二节 氨基酸和肽	92
第三节 蛋白质的分子结构与功能	101
第四节 蛋白质的理化性质	112
第五节 蛋白质的分离纯化 与鉴定	117
第六节 食物体系中的蛋白质及 食品加工过程中蛋白质 的变化	133
第五章 酶	139
第一节 概述	139
第二节 酶的化学本质、分子结构 与化学组成	140
第三节 酶分子的空间结构与 酶活性中心	141
第四节 酶的命名与分类	143
第五节 酶的催化性质	145
第六节 酶的催化作用的机制	146
第七节 影响酶促反应速率的因素 ——酶促反应动力学	148
第八节 酶活性的调控	155
第九节 酶的分离与纯化及 活力测定	157
第六章 维生素和辅酶	165
第一节 概述	165
第二节 脂溶性维生素	166
第三节 水溶性维生素	169
第七章 生物氧化	179
第一节 概述	179
第二节 线粒体氧化体系	180
第三节 高能磷酸键的储存 和利用	190
第八章 糖代谢	193
第一节 概述	193
第二节 糖的无氧酵解	196
第三节 糖的有氧氧化	204
第四节 磷酸戊糖途径	215
第五节 糖的合成代谢	219
第六节 血糖及其调节	234
第九章 脂类代谢	239
第一节 脂类在机体内的消化、 吸收和储存	239
第二节 脂肪的分解代谢	241
第三节 脂肪的合成代谢	249
第四节 类脂代谢	254
第五节 血浆脂蛋白代谢	255
第十章 蛋白质代谢	259
第一节 蛋白质的消化、吸收 与腐败	259
第二节 氨基酸的分解代谢	262
第三节 氨基酸的合成代谢	272
第十一章 核酸代谢	280
第一节 核酸的消化与吸收	280
第二节 核酸的分解代谢	280
第三节 核苷酸的合成代谢	283
第四节 核酸的生物合成	290

第五节 遗传密码与蛋白质的生物合成 299	第五节 食品加工储藏过程中产生的毒素 353
第十二章 物质代谢的相互关系和调节控制 310	第十四章 生物化学技术在食品中的应用 361
第一节 物质代谢的相互关系 310	第一节 基因工程技术在食品资源改造中的应用 361
第二节 物质代谢的调节和控制 312	第二节 生物化学技术改进食品生产工艺流程 366
第三节 整体水平的代谢调节 327	第三节 生物化学技术对新产品开发的作用 372
第十三章 食品加工储藏中的生物化学 330	第四节 生物化学技术在食品分析检测上的应用 377
第一节 糖类与食品加工储藏 330	第五节 酶制剂与酶工程技术在食品工业中的应用 383
第二节 蛋白质与食品加工储藏 334	
第三节 油脂的加工与储藏 340	
第四节 维生素在食品储藏和加工过程中的变化 346	
主要参考文献 390	

《食品生物化学》（第二版）教学资源索取单

凡使用本书作为教材的主讲教师，可获赠教学资源一份（视频和动画文件以章为单位采用多种格式，可以单独使用或嵌入 PPT 中使用）。欢迎通过电话、邮件与我们联系。本活动解释权在科学出版社。

姓名:	职称:	职务:
电话:	QQ:	电邮:
学校:	院系:	本门课程学生数:
地址:	邮编:	
您所代的其他课程及使用教材: (可填写多门)		
书名:	作者:	出版社:
书名:	作者:	出版社:
您对本书的评价及修改意见:		



扫码获取食品专业教材最新目录

绪 论

生物化学 (biochemistry) 就是生命的化学, 是运用化学的原理、技术和方法来研究生物体的化学组成及其化学变化规律, 进而深入揭示生命活动的化学本质的一门学科。生物化学介于化学、生物学及物理学之间, 其特点是在分子水平上探讨生命的化学本质, 研究生物体的分子结构与功能、物质代谢与调节及其在生命活动中的化学变化规律。食物是被人体摄取的含有供给人体营养成分和能量的物料。食品是指经过加工后的食物。相对而言, 食品生物化学是一门研究人与食品化学变化关系的科学, 其任务是从分子水平来阐明食品成分的组成、结构、性质、功能及其在人体内代谢和储藏加工过程中的化学变化规律。食品生物化学是食品科学的一个重要分支, 属于应用生物化学。食品生物化学的发展是以生物化学为基础, 沿着生物化学的演进历程不断发展完善的。

一、生物化学的研究进展

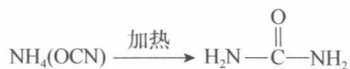
生物化学是在 18 世纪 70 年代以后, 伴随着近代化学和生理学的发展逐步兴起的一门年轻的学科, 尽管最早出现 “biochemistry” (生物化学) 一词是在 1882 年, 但人们普遍认为 “生物化学” 是由德国化学家纽伯格 (Carl Neuberg) 于 1903 年正式提出并成为一门独立学科的。纵观生物化学的发展史, 可将其粗略地划分为静态生物化学、动态生物化学与机能或分子生物化学三个阶段。

(一) 静态生物化学阶段 (1770~1903 年)

静态生物化学阶段是生物化学发展的准备和酝酿阶段, 其主要的工作是分析和研究生命物质的化学组成与理化性质, 此阶段又称为叙述生物化学阶段。

生物化学发展的萌芽可以追溯到 18 世纪。1775 年前后, 瑞典化学家舍勒 (Carl Wilhelm Scheele) 研究生物体各种组织的化学组成, 分离分析出酒石酸、尿酸、柠檬酸、苹果酸、没食子酸和甘油等, 奠定了生物化学的基础。1785 年, 法国的拉瓦锡 (Antoine Laurent Lavoisier) 第一次提出动物身体的发热是由体内物质氧化所致, 这种观点引发了人们对动物呼吸和生物体能量代谢的关注, 是研究生物化学中生物氧化与能量代谢的开端。

19 世纪, 生物化学现象已成为有机化学、生理学、营养学的研究重点, 生物化学的发展也多依附于有机化学。1828 年, 德国化学家维勒 (Friedrich Wohler) 在实验室中用化学方法将无机化合物氰酸铵合成了有机物尿素。



人工合成尿素的成功, 彻底地推翻了有机化合物只能在生物体内合成的错误观点, 也为生物化学的进一步发展开辟了广阔的道路。很多科学家把人工合成尿素作为生物化学学科诞生的标志, 这比大学中开始设立第一个生物化学专业足足早了 75 年。

1840 年, 德国科学家李比希 (Justus Von Liebig) 提出了食物中主要营养物质——糖、蛋

白质、脂类及其新陈代谢（metabolism）的概念。1857年和1860年，法国著名科学家巴斯德（Louis Pasteur）对乳酸和乙醇发酵进行了深入的研究，发现发酵是由微生物细胞中的活力成分“酵素”（ferment）引起的，并认为这种活力成分只有在细胞中才能发挥作用。

1897年，德国的化学家毕希纳（Eduard Buchner）发现磨碎的酵母细胞提取液仍能使糖发酵，否定了巴斯德等认为只有完整的微生物细胞所含的“活体酶”（vitalistic enzyme）才可以引起发酵作用的错误推断，开辟了采用离体方法进行生物化学研究的道路，他也因此获得了1907年的诺贝尔化学奖。生物催化剂概念的引进，成为酶学研究的开始，酶独立催化作用的发现打开了通向现代生物化学的大门，这是近代生物化学产生的标志和第一个里程碑。1903年德国化学家纽伯格正式提出了“生物化学”概念。所有这一切，都可以视为静态生物化学阶段。

（二）动态生物化学阶段（1903~1953年）

动态生物化学阶段是生物化学从建立到蓬勃发展的阶段，就在这一阶段，人们发现了一些重要的分子并基本上弄清了生物体内各种主要化学物质的代谢途径。

从20世纪初到20世纪40年代，生物化学进入迅速发展阶段，现代生物化学的基本框架已大致确立。伴随着分析鉴定技术的进步，特别是微量分析技术和放射性同位素示踪技术（radio isotope tracer technique）的应用，生化营养学、生物体的分子组成、物质代谢与能量代谢和代谢调节等均取得了显著成果，酶、人类必需氨基酸、必需脂肪酸、维生素和激素相继被发现。早在德国化学家纽伯格正式提出生物化学概念之前的1902年，美国生物化学家及药学家阿贝尔（John Jacob Abel）就分离出肾上腺素并制成结晶。1905年，英国生理学家斯大林（Ernest Henry Starling）提出“hormone”（激素）一词。1911年，波兰科学家丰克（Casimir Funk）在结晶出治疗“脚气病”的抗神经炎维生素（实际上是复合维生素B）后，首次提出了“vitamine”一词（意为生命之胺）；后来发现许多维生素并非胺类，又改为“vitamin”（维生素）。1924年，瑞典化学家斯韦德贝里（Theodor Svedberg）制成了第一台超速离心机，开创了生化物质离心分离的先河，并准确测定了血红蛋白等复杂蛋白质的分子质量，获得了1926年的诺贝尔化学奖。1926年，美国科学家萨姆纳（James Batcheller Sumner）首次制备出了脲酶（urease）结晶，1937年又制备出了过氧化氢酶（catalase）结晶，证明了酶的化学本质是蛋白质。萨姆纳因此与另外两位科学家共同获得了1946年的诺贝尔化学奖。

在以往研究的基础上，许多科学工作者运用多种实验方法进一步研究生物体内各种组成物质的代谢变化及相互转换。从营养的角度研究了生物对蛋白质的需要，又深入地研究出酶、维生素、激素等生物活性物质在代谢中的作用。酶促反应动力学、糖代谢的各条反应途径、脂肪酸的 β 氧化分解、氨基酸的分解代谢与鸟氨酸循环、三羧酸循环等均是这一时期的突出贡献。1932年，英国科学家克雷布斯（Hans Krebs）在前人工作的基础上，用组织切片实验证明了尿素合成反应，提出了鸟氨酸循环[也称尿素循环（urea cycle）]。1937年他又提出了各种化学物质的中心环节——三羧酸循环（tricarboxylic acid cycle）途径。1940年，埃姆登（Gustave Embden）、迈耶霍夫（Otto Fritz Meyerhof）和帕那斯（Jakub Karol Parnas）提出了糖酵解代谢途径[又称为埃姆登-迈耶霍夫-帕那斯途径（Embden-Meyerhof-Parnas pathway），简称为EMP途径]。1949年，美国生物化学家肯尼迪（Eugene Kennedy）和勒宁格尔（Albert Lehninger）等发现脂肪酸 β 氧化过程是在线粒体中进行的，并指出氧化的产物是乙酰CoA。至此，对糖、脂肪、蛋白质及其代谢中间产物在体内代谢的变化研究及它们之间的相互联系

和转换的研究，已经构成一幅较为完整的代谢图。可以看出，这一时期的生物化学主要是研究物质的代谢变化，所以被视为动态生物化学阶段。生物体内主要物质代谢途径与调控机理的阐明是生物化学的第二个里程碑。

（三）机能或分子生物化学阶段（1953年以后）

机能或分子生物化学阶段又称为现代生物化学阶段或分子生物学阶段，这一阶段的主要研究工作就是探讨各种生物大分子的结构与其功能之间的关系。

从20世纪50年代开始，生物化学迅猛发展，跨入了在分子水平上探讨生物分子的结构与功能之间关系的时期。在这期间，许多生物化学技术都得到了极大改进。例如，20世纪30年代在碳水化合物及类脂物质的中间代谢研究中建立起来的同位素示踪技术在20世纪50年代有了大的发展，为各种生物化学代谢过程的阐明起了决定性的作用；分离与鉴定化合物时使用的各种敏感而特异的层析（chromatography）、电泳和超速离心技术已发展成为分离生化物质的关键技术；氨基酸全自动分析仪在蛋白质测序中的使用，大大加快了蛋白质的分析工作。一些近代的物理方法，如红外光谱法、紫外光谱法、荧光光谱法、X射线（X-ray）衍射法、核磁共振光谱（NMR）法等已应用于测定生物分子的结构和功能。生物化学的分离、纯化和鉴定的方法已向微量、快速、精确、简便和自动化的方向发展。借助于这些手段，科学家将蛋白质、核酸、胆固醇、某些固醇类激素、血红素等的生物合成和分解过程研究得更加清楚，不但测出了某些有生物化学活性的重要蛋白质结构，包括一级结构和高级结构，而且测出了一些DNA和RNA的结构。

这一时期的主要标志是1953年沃森（James Dewey Watson）和克里克（Francis Harry Compton Crick）的DNA双螺旋结构模型的建立。这是20世纪自然科学中的重大突破之一，为进一步阐明遗传信息的贮存、传递和表达，揭开生命的奥秘奠定了结构基础。接下来1955年英国生物化学家桑格（Frederick Sanger）完成了结晶牛胰岛素一级结构的测定，从此开始了以核酸和蛋白质等生物大分子的结构与功能为研究焦点的阶段。随着生物化学在这一阶段的发展，以及物理学、微生物学、遗传学、细胞学等其他学科的渗透，分子生物学应运而生，并成为生物化学的主体，它全面地推动了生命科学的发展。克里克于1958年提出分子遗传的中心法则（central dogma），从而揭示了核酸和蛋白质之间的信息传递关系，又于1961年证明了遗传密码的通用性。1966年美国生化遗传学家尼伦伯格（Marshall Nirenberg）、分子生物学家霍利（Robert Holly）和生物化学家科拉纳（Har Gobind Khorana）合作破译了遗传密码，三人共同获得1968年诺贝尔生理学或医学奖。至此遗传信息在生物体由DNA到蛋白质的传递过程已经弄清，对基因传递与表达的调控的研究也取得了可喜的成果。1961年法国生物学家雅各布（François Jacob）和莫诺德（Jacques Lucien Monod）阐明了基因通过控制酶的生物合成来调节细胞代谢的模式，提出了操纵子学说（operon theory）。布伦纳（Sydney Brenner）获得信使RNA（mRNA）存在的证据，阐明其碱基序列与染色体中DNA互补，并假定mRNA将编码在碱基序列上的遗传信息带到蛋白质的合成场所——核糖体，在此翻译成氨基酸序列。1962年，瑞士生物学家阿尔伯（Wemer Arber）提出限制性内切核酸酶存在的第一个实验证据；1967年，美国国立卫生研究院的盖勒特（Martin Gellert）从大肠杆菌中发现了DNA连接酶；1973年，美国斯坦福大学的伯格（Paul Berg）和美国加利福尼亚大学旧金山分校的博耶（Herbert Boyer）等创建了DNA重组技术（基因克隆技术），使分子遗传学与蛋白质化学紧密地结合起来，开辟了基因工程这个崭新的领域。它打破了种属的界限，使

人们改造生物物种和使用微生物生产人类所需的蛋白质成为可能。在此基础上, 衍化出了转基因技术、基因剔除技术及基因芯片技术等, 大大地开阔了人们有关基因研究的视野。

近二三十年来, 生物化学研究成果日新月异, 几乎每年都有从事生物化学和分子生物学研究的科学家获得诺贝尔生理学或医学奖或诺贝尔化学奖。生化科学家对生物大分子的分解代谢、生物合成途径及相互之间的关系了解得更加清楚。科学家在 DNA 分子的双螺旋结构假说被证实的基础上完善了 DNA、RNA 和蛋白质三者之间关系的“中心法则”; 发现了在 DNA 位点上能够进行切割的限制性内切核酸酶; 由 DNA 链中的核苷酸顺序所决定的遗传密码的破译及多种酶结构的发现催生了生物工程的诞生和迅速发展。科学家还测定了许多蛋白质中氨基酸的排列顺序并且以此为基础测定数以百计的蛋白质的空间结构和一些酶活性部位的结构; 测定了许多核酸分子的结构, 人工合成了多种具有生物化学活性的蛋白质和基因。2000 年, 参与人类基因组计划(human genome project, HGP)的科学家宣布人类基因草图绘制完毕, 这表明从 1990 年开始的人类基因组计划已完成对人类基因组的测序工作, 标志着人类生命科学的发展进入了一个新纪元。继之而来的后基因组计划, 将在基因组多样性, 遗传疾病产生的原因, 基因表达调控的协调作用, 以及蛋白质产物的功能方面进行深入研究。这些庞大工程的完成, 将对生命的本质、进化、遗传、变异, 疾病的发病机制, 疾病的预防、治疗, 延缓衰老和新药的开发, 以及整个生命科学产生深远的影响。同时, 随着结构基因组学、功能基因组学、蛋白质组学、转录组学、糖组学、脂组学、代谢组学等新兴学科的不断涌现, 生物化学的发展前景将更加广阔。

近代生物化学的研究在我国起步较晚。我国生物化学的主要先驱是吴宪教授(1893~1959 年), 他早年留学美国哈佛大学, 回国后于 1924~1942 年担任私立北平协和医学院(现“北京协和医学院”)的生物化学教授, 兼生物化学系主任, 在国际上负有盛名。他在血液分析方面, 创立了血滤液制备与血糖测定等方法; 1936 年提出了蛋白质的变性理论; 在免疫化学上, 首先采用定量分析方法, 研究出抗原抗体反应的机制等, 这些成果为当时的生物化学界所赏识。

我国在生物化学研究中最突出的成就是王应睐和邹承鲁等于 1965 年首次人工合成了具有生物活性的结晶牛胰岛素, 接下来在 1983 年又用有机合成和酶促反应相结合的方法人工合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸, 这标志着我国在多肽和核酸的人工合成方面已居于世界先进行列。此外, 我国在酶的作用机理、血红蛋白变异、生物膜结构与功能等方面都取得了国际先进水平的研究成果。

进入 21 世纪以后, 我国生物化学工作者出色地完成了人类基因组计划中 1% 的测序工作, 为世界人类基因组计划的完成贡献了力量; 率先完成了水稻的基因组精细图, 为水稻的育种和防病研究奠定了基因基础。我国在生物化学的许多领域均已达到国际先进水平, 与全世界的科技工作者一道, 攀登生命科学的顶峰。

二、生物化学与食品科学及其他学科的关系

生物化学是介于生物学与化学之间的一门交叉学科, 它与生物学和化学的许多分支学科有密切的关系。有机化学、分析化学、无机化学及物理化学的基本原理、方法在生物化学中都得到了广泛的应用。例如, 生物体的基本组成可以用有机化学和分析化学的有关理论、方法得到解决; 生物分子的反应服从于非生命界的化学定律, 生物分子间的相互作用、结构与其功能间的关系, 酶促反应的机理及反应过程中的能量变化关系等可以利用物理化学的相关理论和方法进行研究和阐明, 而生物化学的发展也必将进一步丰富物理化学的研究内容。

生物化学的研究对象是生物体，它是在分子水平上对生物学的各个领域进行探索，属于生物学的分支学科，同时也是生物学各分支学科的基础和领头学科。生物化学的理论与技术已渗透到生物学的各个领域，与生物学的其他学科如细胞学、微生物学、遗传学、生理学等领域有着密切联系，如生物化学在研究生命物质的化学组成、结构及生命活动过程中各种化学变化时，常采用微生物作为研究对象，微生物的代谢、遗传变异等都是生物化学讨论的焦点；而微生物学在研究微生物的种类、结构、功能、分类、代谢及生理时也无时无刻不渗透着生物化学的理论和技術方法。生物化学作为生物学和物理学之间的桥梁，将生物学领域所提出的重大而复杂的问题展示在物理学面前，产生了生物物理学、量子生物化学等交叉学科，从而丰富了物理学的内容，促进了物理学和生物学的发展。

生物化学同样是食品科学的重要基础学科，是食品科学发展的重要理论依据和技术基础，它使人们对食品的化学组成、食品在人体中代谢及加工储藏中变化的认识提高到了分子水平，奠定了包括食品资源开发、食品营养、食品加工工艺研究、食品储藏技术完善等方面的分子基础。尤其是食品的概念由农业食品、工业食品发展到转基因食品，必将为 21 世纪食品科学的发展带来新的突破。

三、食品生物化学研究的主要内容

食品生物化学 (food biochemistry) 不同于以研究生物体的化学组成、生命物质的结构与功能、生命过程中物质变化和能量变化的规律、一切生命现象的化学原理为基本内容的普通生物化学，它不涉及基因的贮存、传递、表达及其调控的生命自我复制部分，也不涉及调节机体的生长、增殖、分化、衰老等生命过程的细胞内信号转导部分。同时，食品生物化学也不同于以研究食品的组成特性及其产生的化学变化为基本内容的食品化学，它注重于食品成分在人体内的变化规律及转化过程中的能量转换问题研究。食品生物化学是将生物化学和食品化学的基本原理有机地结合起来，应用于食品科学的研究中所产生的一门交叉学科。作为生物化学的一门应用性分支学科，其内容还包括与食品储藏加工有关的生物化学原理和技术应用。食品生物化学研究的主要内容包括如下几点。

(1) 研究生物体和食品成分的化学组成、结构、理化性质及生理功能。

简单元素构成各种含碳有机化合物等生物小分子，组成基本生物分子，再合成生物大分子。研究生物大分子、基本生物分子和生物小分子的结构、性质和功能，也称为静态生物化学。

(2) 以代谢途径为中心，研究食品在人体内的变化规律及伴随其发生的能量代谢与代谢调节。

研究食品的动态生化过程，包括食品营养素在加工中的变化，糖、脂类、蛋白质、核酸等大生物分子在体内的分解、合成、转化及转化过程中的能量转换问题，也称为动态生物化学。

(3) 运用生物化学原理和方法，研究作为食品成分的相关物质在加工、储藏等条件下的变化，研究食品储藏、加工新技术。

(4) 开发新产品和新的食物资源。

现代生物化学技术，特别是基因工程技术的出现，从本质上改变了食品的性能，越来越受到食品科学领域的重视，并使得食品的概念从农业食品、工业食品发展到了基因工程或生物技术食品。以基因工程为核心的生物技术在 21 世纪必将给食品工业带来一场革命。例如，通过基因工程技术，将谷类植物基因导入豆类植物，开发甲硫氨酸含量较高的转基因大豆，可以解决豆类植物中甲硫氨酸含量低的难题。美国 DuPont 公司通过反义抑制油酸酯脱氢酶，

成功开发了适合做煎炸油的具有良好氧化稳定性的高油酸大豆油。随着生物化学和分子生物学的进一步发展，新产品和新的食物资源将不断被开发，这将大大促进食品工业的发展，也为人类最终解决粮食短缺、消除饥饿带来希望。

四、学习食品生物化学的目的

食品生物化学是生物化学的分支学科，它主要研究食品的化学组成及结构，新鲜天然食品的代谢变化，食品在人体中的代谢及营养功能，以及加工过程对食品的影响。食品生物化学也是将生物化学基本理论应用于食品加工、保藏技术的重要基础课程，是食品科学与工程、食品加工、食品质量与安全、酿酒等专业必修的一门重要专业基础课，是各专业的主干课之一。通过食品生物化学的学习，我们能够充分掌握生命活动中重要组成成分——糖、脂类、蛋白质、酶、核酸的结构和性质，了解维生素、辅酶的结构和功能，对于生物体内分子水平上所发生的重要代谢反应原理、基本过程及部位等有较深入的认识，熟悉其中重要的生物化学反应过程及与代谢相关的基本概念；了解各种代谢反应与生产及生活的关系，从而进一步理解各种代谢反应；系统地掌握作为食品成分的这些物质在加工、储藏等条件下的变化，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及解决实际问题的技能基础。

糖是自然界中数量最多的有机化合物,约占自然界生物物质的3/4。糖在自然界中分布广泛,微生物、植物和动物体内都含有糖,其中植物体内含量最为丰富,每年全球植物光合作用可将1000亿吨 CO_2 和 H_2O 转换为纤维素和其他糖类。

糖在生物体内所起的作用主要有以下几个方面。

(1) 氧化供能,如淀粉在体内氧化时,可产生大量能量。人体所需能量的70%来自糖的氧化。

(2) 提供合成体内其他物质的原料,如糖可提供合成某些氨基酸、脂肪和胆固醇等物质的原料。

(3) 作为生物体细胞组织的组成成分,如纤维素是植物组织中起支持作用的结构物质。糖是蛋白聚糖、糖脂、糖蛋白等的组成成分,蛋白聚糖是结缔组织如软骨、骨的结构成分;糖脂和糖蛋白在生物膜中占有重要位置,担负着细胞和生物分子相互识别的作用。此外,糖还可作为核酸类化合物的成分,构成核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)。

第一节 概 述

一、糖类化合物的概念及分布

糖是多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和衍生物的总称。主要由C、H、O组成,分子式常用 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ 来表示,其中氢和氧的原子比例是2:1,因此糖又称为碳水化合物。后来人们发现符合通式的不一定是糖,如 CH_3COOH (乙酸)、 CH_2O (甲醛)、 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (乳酸);是糖的也不一定都符合通式,如 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$ (脱氧核糖)、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$ (鼠李糖),而且有些糖还含有氮、硫、磷等成分。所以碳水化合物这个名称并不确切,但因沿用已久,所以至今在西文中仍广泛使用。

糖广泛分布于各种生命机体中,其中植物中糖含量占其干重的85%~90%。植物细胞壁、木质部等主要由纤维素构成,我们生活中应用的竹、木、棉、麻制品,也都是由纤维素构成的。甘蔗中含有蔗糖等,水果中含有果糖、葡萄糖和果胶等,谷物中含有大量的淀粉,这些纤维素、蔗糖、果糖、葡萄糖、果胶和淀粉等都属于糖类。微生物中糖含量占菌体干重的10%~30%,它们以糖或与蛋白质、脂类结合成复合糖存在。人体和动物中糖含量较少,不超过干重的2%。人体中,糖主要有以下存在形式:①以糖原形式储藏在肝脏和肌肉中,糖原代谢速度很快,对维持血糖浓度恒定,满足机体对糖的需求,有重要意义。②以葡萄糖形式存在于体液中。细胞外液中的葡萄糖是糖的运输形式,它作为细胞的内环境条件之一,浓度相当恒定。③存在于多种含糖生物分子中。糖作为组成成分直接参与多种生物分子的构成,如DNA分子中含脱氧核糖,RNA和各种活性核苷酸中含有核糖,糖蛋白和糖脂中有各种复杂的糖结构。

二、糖类化合物的种类

根据能否被水解及其水解产物的情况，糖主要可分为以下几类。

(1) 单糖：单糖是一类结构最简单的糖，是不能用水解方法再降解的糖及其衍生物，根据其所含碳原子的数目可分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖，根据官能团的特点分为醛糖和酮糖。

(2) 寡糖：也称低聚糖，指能水解生成2~10个单糖分子的糖，各单糖之间借脱水缩合的糖苷键相连。以双糖（二糖）存在最为广泛，蔗糖、麦芽糖和乳糖是重要代表。

(3) 多糖：能水解为多个单糖分子的糖称为多糖，是聚合度很大的高分子物质，以淀粉、糖原、纤维素等最为重要。由相同的单糖基组成的多糖称为同聚多糖；由不相同的单糖基组成的多糖称为杂聚多糖。

(4) 复合糖：糖与蛋白质、脂质等分子聚合而成的化合物称为复合糖或糖复合物，如糖蛋白和糖脂等。

三、糖类的作用

糖类物质的主要生物学作用是通过氧化而释放大量的能量，以满足生命活动的需要。淀粉、糖原是重要的生物能源，它也能转化为生命必需的其他物质，如蛋白质和脂类物质。其中，纤维素是植物结构糖。

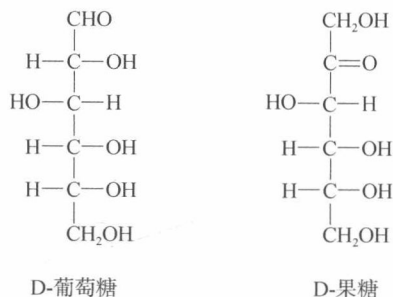
第二节 食品中的糖类化合物

一、几种重要单糖的结构、物理性质和化学性质

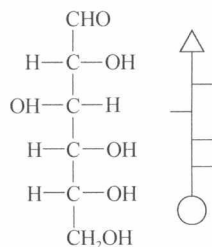
(一) 单糖的结构

1. 化学组成和链状结构

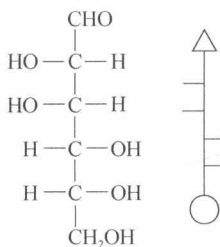
单糖是不能再被水解的多羟基醛或酮，是碳水化合物的基本单位。单糖一般分为醛糖和酮糖两类，最简单的醛糖是甘油醛，最简单的酮糖是二羟基丙酮。其他所有单糖都可以看作这两个单糖碳链的加长。葡萄糖可看作甘油醛碳链的加长，是醛糖的代表；果糖可看作二羟基丙酮碳链的加长，是酮糖的代表，这两种糖都能以链状形式存在。



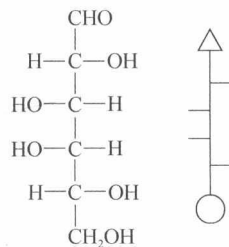
糖的链状结构式可以简化表示，用“┆”表示碳链及不对称碳原子羟基上的位置；“△”表示醛基“—CHO”；“—”表示羟基“—OH”；“○”表示第一醇基。



D-葡萄糖



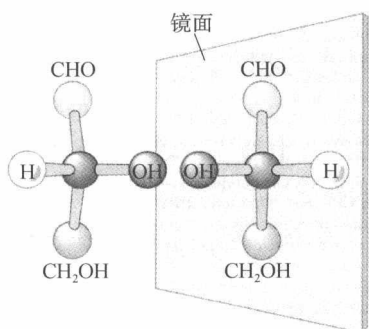
D-甘露糖



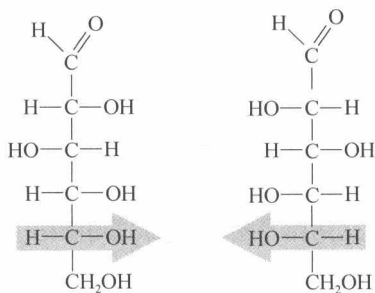
D-半乳糖

纯净的葡萄糖，其成分是碳、氢、氧，相对分子质量为 180，分子式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。有多种证据表明葡萄糖具有链状结构：葡萄糖可与费林（Fehling）试剂或醛试剂反应，说明葡萄糖中有游离的醛基；葡萄糖可以和乙酸酐结合，产生 5 个乙酰基的衍生物，说明葡萄糖中有 5 个羟基存在；葡萄糖可与钠汞齐（Na、Hg 的合金）作用，被还原为具有 6 个羟基的山梨醇，这些说明葡萄糖的 6 个碳是连成直链的结构分子。

甘油醛分子中含有手性碳原子，它连接 4 个不同的原子或基团，在空间上形成两种不同的差向异构体（即 D-型和 L-型），立体构型呈镜面对称。甘油醛的 D-型或 L-型最初是随意规定的，甘油醛不对称碳原子上的—OH 在右边的称为 D-型，在左边的称为 L-型。单糖分子中也含有手性碳原子，判断单糖是 D-型还是 L-型是将单糖分子中离羰基最远的不对称碳原子上—OH 的空间排布与甘油醛比较，若与 D-甘油醛相同，即—OH 在不对称碳原子右边的为 D-型，若与 L-甘油醛相同，即—OH 在不对称碳原子左边的为 L-型。



D-甘油醛和 L-甘油醛呈镜面对称



D-葡萄糖

L-葡萄糖

甘油醛可以通过延长碳链衍生出 2 个丁糖、4 个戊糖和 8 个己糖，人体中的单糖多为 D 构型系列，由 D-甘油醛衍生出来，从 L-甘油醛也可衍生出相同数目的 L-型单糖。同样，酮糖也可由二羟基丙酮衍生出来。

