



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

• 高等职业教育教材 •

食品生物化学

SHIPIN SHENGWU HUAXUE

刘用成 主编

杨栋梁 主审



中国轻工业出版社

高等职业教育教材

食品生物化学

刘用成 主编

杨 君 张奇志 副主编

杨栋梁 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品生物化学/刘用成主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2005. 2

高等职业教育教材

ISBN 7-5019-4679-5

I. 食… II. 刘… III. 食品-生物化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 128521 号

责任编辑: 白洁 李海燕 姚怀芝 责任终审: 劳国强 封面设计: 邱亦刚
版式设计: 丁夕 责任校对: 李靖 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 天津新华印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.25

字数: 318 千字

书号: ISBN 7-5019-4679-5/TS·2738 定价: 24.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-65141375 85119845

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

40044J4X101ZBW

前 言

本书是为高职高专食品生物专业编写的教科书，也可作相应中职学生及成人教育的教材，亦可供相关专业的师生、食品生物行业的科技工作者参考。

食品行业涵盖了食品制造与加工业（粮食、植物油、屠宰和肉类、蛋品、乳品、水产品六个加工业和制糖、罐头食品、糕点、糖果、食品添加剂、调味品和其它七个制造业），饮料制造业（料酒、酒精、无酒精饮料、茶、其它饮料五个制造业），烟草加工业（烟草复烤业、卷烟制造业、其它烟草加工业三个）以及盐业（海盐业、湖盐业、井盐业、矿盐业四个）四大类二十五个中等行业。这也是人们常称谓的“大食品”概念。事实上，我国现行的食品企业，或为综合利用原料，或为更广泛地开拓市场，往往在一个企业中生产有分属不同行业的几个不同产品，如有的制糖企业，常利用下脚料生产酒精。有的饮料企业，既生产碳酸饮料，也生产果汁饮料，发酵乳饮料，甚至也生产罐头。这就要求食品专业的学生有较宽的专业基础知识来满足企业对人才的要求。

鉴于食品生物行业上述实际情况，本教材企图尝试从“大食品”的角度出发，以人和食物的关系为中心，扼要阐述食品生物化学的基本知识与理论，以及与食品质量、食品加工与制造、食品贮藏保鲜、发酵等有关的化学与生物化学常识，以适应企业对人才专业面拓宽的要求。本书讲述了以下几个主要问题：静态生物化学；动态生物化学；细胞生物化学；新鲜食物组织生物化学；食品加工生物化学；食品风味化学；食品添加剂化学；食品安全化学以及生物工程。生物工程是20世纪后半期国际上突飞猛进的技术领域之一。对食品生物行业的发展提供了前所未有的动力。本书虽对生物工程只作了非常简单的介绍，且是以阅读材

料形式提供给学生，但可以大大地拓展同学们的知识视野，了解食品科学发展的一些前沿领域。

本书编写了十二项食品生化实验，力求通过这些实验培养学生的动手能力以及分析问题和解决问题的能力。

在目前的高职高专食品生物专业教学计划中，食品生物化学课程的教学参考学时数大多为 72 学时，其中 24 学时实验，48 学时讲授理论。考虑到高职生源的不同以及各地侧重专门化方向的不同，教师可根据实际情况，对教材内容斟酌取舍。例如，高中生直升高职的，由于高中阶段已有一定的生物学基础，第二章细胞学基础就可作阅读教材，又如第三章新陈代谢，也可根据专业培养方向，适当取舍或详略。至于中职，更可根据“必需够用”原则而取用。

本书编写分工如下：广东省农工商职业技术学院绿色食品教研室杨君（第一章、第六章），刘后伟（第三章），黄丽（第五章、第七章），张奇志（第八章、第九章及阅读材料），湖南科技职业学院周力国（第十章），刘用成（绪论、第二章、第四章）。刘用成任主编兼统稿，杨君、张奇志为副主编。本书的编写得到了广东省农工商职业技术学院有关院、系领导的大力支持，同时也得到了中国轻工业出版社白洁编辑的无私帮助，特别是湖南科技职业学院院长、博士生导师杨栋梁教授，在百忙中担任本书主审，编者在此一并致以深深的谢意。

在本书的编写中，各位编者都参阅了大量书籍和有关参考资料，并结合我国食品生物行业现状和未来发展趋势以及高职高专教育的特点，力求内容新颖，系统完善，深入浅出、简明扼要。虽然各位编者是硕士或副教授以上学历，但由于编写经验不足和水平有限，时间亦仓促，因此，本书无论内容还是编排结构，疏漏和不妥之处在所难免，诚请广大读者和同仁不吝批评指正。

编者

2004 年 10 月

目 录

绪论	1
一、食品的概念及化学组成	1
二、食品生物化学的研究对象和内容	2
三、食品生物化学在食品生物行业中的地位和作用	5
四、食品生物化学的学习方法	6
第一章 食品成分化学	8
第一节 糖类	8
一、单糖	8
二、寡糖（低聚糖）	13
三、多糖	17
第二节 脂类	22
一、脂类的概念及分类	22
二、脂肪的结构与种类	23
三、脂肪酸	24
四、脂肪的理化性质	25
五、磷脂	27
第三节 蛋白质	28
一、蛋白质的化学组成	29
二、氨基酸	29
三、蛋白质的结构与分类	33
四、蛋白质的主要性质	38
第四节 核酸	41
一、核酸的种类、存在、生物学功能	41
二、核酸的化学组成与结构	42
三、核酸的理化性质	45
第五节 维生素	46
一、脂溶性维生素	47

二、水溶性维生素	51
第六节 水	56
一、水在生物体内的含量和作用	56
二、水与食品的关系及水在食品中的状态	57
三、水分活度	58
第七节 矿物质	59
一、矿物质营养对人体的作用	60
二、影响矿物质营养吸收的因素	61
三、食品中重要矿物质元素的存在及作用	62
本章小结	66
思考题	68
第二章 酶	70
第一节 酶的化学本质及作用特点与分类	70
一、酶的化学本质及组成	70
二、酶的作用特点	72
三、酶的分类	75
第二节 酶的作用机理	77
一、酶的催化作用与活化能	77
二、中间产物理论	77
三、酶的活性中心	78
第三节 影响酶促反应速度的因素	80
一、酶浓度对酶促反应的影响	80
二、底物浓度对酶促反应的影响	80
三、温度对酶促反应的影响	84
四、pH 对酶促反应的影响	85
五、活化剂对酶促反应的影响	86
六、抑制剂对酶促反应的影响	87
第四节 调节酶、诱导酶	89
一、调节酶	89
二、诱导酶	90
第五节 酶的提取及活力测定	91
一、酶的分离提取	91

二、酶活力的测定	96
第六节 酶在食品生物行业中的应用	97
一、食品生物行业常用酶的特性	97
二、酶在食品生物行业中的应用	105
本章小结	113
思考题	114
第三章 细胞生物学基础	116
第一节 细胞概述	116
第二节 细胞的化学组成	119
第三节 细胞的一般结构	121
一、细胞壁	121
二、细胞膜	123
三、细胞质	125
四、细胞核与染色体	125
第四节 主要细胞器简介	126
一、核糖体	126
二、线粒体	127
三、叶绿体	128
四、内质网	129
五、高尔基体	130
六、溶酶体	130
第五节 细胞吸收营养物质的方式	130
一、被动扩散	131
二、促进扩散	131
三、主动运输	132
四、基团转位	132
本章小结	133
思考题	135
第四章 新陈代谢	137
第一节 生物氧化	137
一、生物氧化过程中二氧化碳的生成	138
二、生物氧化过程中水的生成	138

三、ATP 的生成	139
第二节 糖代谢	141
一、糖的分解代谢	141
二、糖的合成代谢	152
第三节 脂代谢	155
一、脂肪的分解代谢	155
二、脂肪的合成代谢	157
第四节 蛋白质与氨基酸代谢	160
一、蛋白质的分解代谢	160
二、氨基酸的分解代谢	161
三、氨基酸的生物合成与发酵	168
四、蛋白质的生物合成	172
第五节 核酸代谢	172
一、核酸的分解代谢	173
二、核酸的合成代谢	174
第六节 生物代谢各途径之间的联系与调节	177
一、生物代谢的联系	177
二、物质代谢的调节	177
本章小结	180
思考题	182
第五章 新鲜食物组织生物化学	184
第一节 新鲜食物组织的类别及特点	184
一、新鲜植物组织	184
二、新鲜动物组织	184
第二节 新鲜果蔬采后生理	185
一、成熟与衰老的一般概念	185
二、采收后果蔬组织的呼吸及生理变化	186
三、成熟与衰老过程中的生理变化	190
四、成熟机理	193
第三节 新鲜动物组织生物化学	195
一、肌肉结构	195
二、屠宰后肌肉组织的代谢变化	197

本章小结	203
思考题	204
第六章 主要食物成分的加工化学	206
第一节 糖类的食品性质与加工化学	206
一、单糖、寡糖的食品性质与功能及加工中的变化	206
二、多糖的食品性质与功能及加工中的变化	209
第二节 油脂加工化学	216
一、油脂的生产与加工	217
二、主要食用油脂	220
三、油脂加工和贮藏中的变化	221
第三节 蛋白质加工化学	227
一、蛋白质的功能性质	227
二、加工对蛋白质的影响	233
本章小结	235
思考题	236
第七章 食品风味化学	237
第一节 食品的色泽化学	237
一、食品中的天然色素	237
二、食品加工中的褐变现象	247
第二节 食品的气味化学	255
一、动物性食品的气味	255
二、植物性食品的香气	258
三、焙烤食品的香气	260
四、发酵食品的香气	261
第三节 食品的呈味化学	262
一、味觉生理及味的分类	262
二、影响味觉的因素	268
三、各种风味物在食品加工中的变化	270
本章小结	271
思考题	272
第八章 食品添加剂	273

第一节 食品添加剂概述	273
一、食品添加剂的概念、种类	273
二、食品添加剂的要求	273
三、食品添加剂的使用标准	274
第二节 常用食品添加剂简介	275
一、防腐剂	275
二、抗氧化剂	278
三、膨松剂	280
四、乳化剂与增稠剂	282
五、着色剂和发色剂	285
六、漂白剂	288
七、调味剂	289
八、香料和香精	294
九、消泡剂	298
十、其它食品添加剂	299
本章小结	301
思考题	303
第九章 食品安全	304
第一节 食物安全	304
第二节 食品中的嫌忌成分	306
一、植物性食品中的毒素	307
二、动物性食品中的毒素	309
三、微生物毒素	310
四、化学毒素	313
第三节 有机食品、绿色食品和无公害食品	318
一、安全食品的内涵与提出的背景	319
二、有机食品、绿色食品和无公害食品的异同	321
本章小结	322
思考题	324
阅读材料 生物技术简介	325
一、生物技术概述	325
二、基因工程	328

三、细胞工程	331
四、酶工程	335
五、发酵工程	337
六、生物技术在食品生物行业中的应用	340
第十章 食品生物化学实验指导	345
实验一 还原糖含量的测定	345
实验二 淀粉的实验	348
实验三 油脂酸价的测定	349
实验四 氨基酸的纸上层析	351
实验五 蛋白质含量的测定 (双缩脲法)	354
实验六 清蛋白的醋酸纤维膜电泳	356
实验七 蛋白质的等电点测定	359
实验八 酵母 RNA 的提取与分离	361
实验九 水分活度的测定	363
实验十 酶的催化特性	366
实验十一 影响酶活性的因素	371
实验十二 α -淀粉酶活力的测定	375
主要参考资料	378

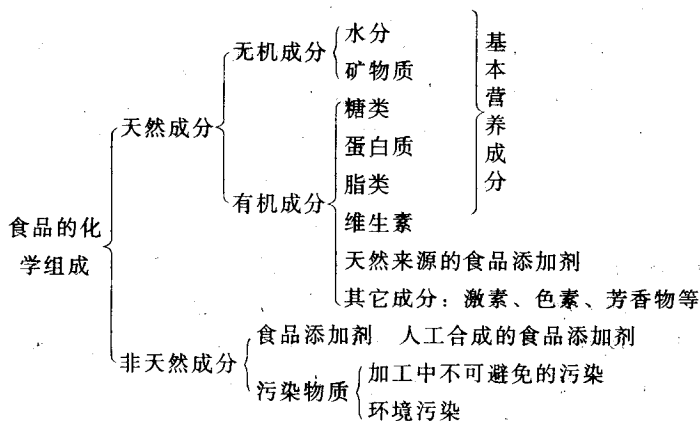
绪 论

一、食品的概念及化学组成

人类为了维持正常的生命活动并保持健康的体魄，每天必须从外界摄取食物，以获得各种营养成分和能量。因此，食物就是被人体摄取的含有供给人体营养成分和能量的物料。人类最初是生食各种自然食物，以后随着社会的进步和文明程度的提高，由生食自然食物逐步进化为进食经过加工的熟食。在漫长的人类历史中，逐渐积累了各种食物的加工方法和技术，特别是人类高度文明和科学技术进步的今天，人们已能运用各种自然食物为原料，以不同的配方和加工方法，制成形态、色泽、风味、营养价值各异，花色品种繁多的食用加工品。像各类花色和品种的蛋糕、饼干、糖果、酒、饮料、味精以及酱油等等。这些经过加工后的食物，就称为食品，但通常也泛指一切食物为食品。

从食品的上述定义出发，作为食品，应符合以下几项基本要求：具有能引起人们食欲的色、香、味、形；有一定的营养价值；对人体安全无害。但是有一些特殊物质是部分人群的一种嗜好品，没有营养价值，对人体健康或是有害无益，或是无害无益，像烟草、槟榔等，但它们也属“食品”。这是因为它们也是通过食用途径被人体吸收。卷烟、雪茄是通过燃吸方式被人体吸收，鼻烟通过闻吸方式被人体吸收，槟榔则是直接通过嚼食而摄取其中并无营养价值可言的部分可溶性物质。因此，凡是通过食用途径被人体消化、吸收的一切物料都称食品。这也就是所谓“大食品”概念，从这一概念出发，烟草业也就属食品生物行业了。但本书以及人们通常所提的食品仍是指应符合上述三项基本要求的物质。

要满足食品的上述几项基本要求，首先就应了解食品的化学组成及理化性质。作为食品，虽然主要来源于自然生物，但在化学组成上与自然生物不可能完全相同，这是由于在食品的生产、加工、贮运等过程中不可避免地引入了一些非天然成分。这些成分在不同程度上也会参与或干扰人体的代谢和生理机能活动。从这种意义出发，食品的化学组成如下所示：



二、食品生物化学的研究对象和内容

食品生物化学是研究食物的化学组成、性质及其化学变化规律的科学，是生物化学的一个应用性分支学科。食品生物化学是一门非常年轻的学科，1963年，国际上第一本以“食品生物化学”为名的教科书问世，1977年国际上第一本生物化学专业杂志在美国创刊，都不过三、四十年的历史。但是随着人类文明的进步，人们对食物的要求不再是果腹为满足，而是对食物营养质量、感官质量提出愈来愈多、愈来愈高的要求。这些要求中有许多问题须从生物化学中解决；随着生产的发展、食品加工、贮藏进入现代大工业化，这里产生了一连串的问题也须寻求从生物化学中突破，因而推动了食品生物化学迅猛异常发展，其研究领

域和内容不断扩展和丰富。

我们知道，人体的生长发育、细胞的增殖更新、组织的修补、各种机能活动及调节、体温的维持、生命活动所消耗的能量等，都依赖于食物中各种营养成分。因此，食物的营养成分问题就成了食品研究的基本课题。糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐等是人类生活所必需的营养素，都来源于食物。所以，食品生物化学首要研究的内容，就是食品的化学组成及其理化性质和对人体所产生的生理功能。

人是生物，人类的食物基本上都是来自动、植物等生物，而细胞是生物的基本结构单位，也是新陈代谢的场所，所以生物细胞及细胞器、生物膜的结构、功能，即细胞生物化学常识是食品生物化学在研究食物在人体内的代谢变化，研究新鲜动、植物组织代谢变化，研究风味物质形成特别是发酵研究的理论基础。

人体摄取各种食物营养素后，是通过怎样的动态变化过程来满足机体的需要，即食物中的糖类、脂类、蛋白质、维生素、矿物质等在人体内是怎样降解与合成，生物能量（主要是ATP）是怎样产生及这些化学过程的调控，新鲜食物组织中的这些成分在自身体内的变化与调控等等，这些代谢理论是食品生物化学重要的研究内容。通过这些研究对如何合理地满足人体的营养需求，对延长果蔬的贮运保鲜，对禽畜肉、蛋、乳的贮藏及在低温冷藏或冷冻条件下的化学变化与质量关系的了解等非常重要。物质的代谢作用基本上都是在酶的催化下进行，新鲜食物组织加工过程中酶活性的控制与利用，酶技术、酶制剂在食品生物行业中的应用等等都与酶的特性有关，所以酶学和代谢理论是正确指导果蔬的贮运保鲜、发酵产物的积累、食品的加工与保藏的必备知识。因此，动态生物化学、细胞生物化学、食物组织生物化学、酶学都是食品生物化学的重要内容。

人类食物绝大多数都是通过加工后才食用的，所以，食物中营养成分糖类、脂类、蛋白质、维生素、矿物质等不仅仅作为自然物来研究，而且多把这些物质放在加工过程来研究，了解它们在加工、烹调、贮藏等过程中的理化变化，寻求最大限度地满足人的营养质量的需要、感官质量的需要和适应人的生理特点，这就成了加工食品生物化学的核心内容。

随着人民生活水平的提高，人们对食品不仅仅局限在对营养的要求，而且对食品色、香、味的要求也越来越高。不难想象，食品的悦目颜色、诱人香气、可口滋味，一定会极大地诱发人的食欲，使人们在摄食过程中既得到一种愉快的享受，而且还会直接地促进消化吸收。俄国著名生理学家巴甫洛夫曾说过“食欲即消化液”。也就是说，有食欲，才可能分泌消化液，从而促进食物的消化吸收。所以要求食品的色、香、味俱佳，并非是过分的奢求，而是人类生理上的需要，当然也是人类文明和社会进步的表现。另外，人们还可通过对食品中色、香、味的变化，凭感官直接判断食品的新鲜度、成熟度、加工精度、品种特征及其发生的变化情况等。因此，食品风味化学，也就成了食品生物化学中必不可少的研究内容。

为了极大地满足人们对食品色泽、滋味的要求，或为改善食品的质构、贮藏保鲜，或为某些加工上的特殊需要，或为提高营养价值等，在食品的加工过程中，日益广泛地使用着食品添加剂，如防腐剂、抗氧化剂、疏松剂、发色剂、染料、甜味剂、营养强化剂等。食品添加剂的性质、使用对象、使用要求、使用效果以及在卫生上的安全性，都是食品工作者应了解的重要问题。这就要求食品生物化学对食品添加剂的化学结构与生理生化效应之间的关系以及食品改性同质构变化之间的关系有较全面的研究。

食品在生产加工中，有时不可避免地产生一些毒素，或者由于环境的污染、贮藏条件的不适宜、添加剂的引入等产生了嫌忌

成分。食品的安全性是食品的基本要求。在食品的加工、贮运等过程中如何最大限度地防止嫌忌成分的产生，这也是食品加工者应注意的重要问题，因此，食品生物化学对嫌忌成分及其产生的条件、机理等方面的研究也是不可忽视的问题。

食品工业的快速发展，使食品生物化学的研究不仅仅局限在上述内容，还纵深到了食物的免疫学研究。特别是近年来，人们运用量子力学的原理来研究食物，形成了食品量子生物化学。食品量子生物化学是运用量子力学原理，通过求解描述电子运动的薛定谔方程，得到分子中电子的行为以及电子间相互作用的微观图像来研究化学键、化学反应活性以及食物分子的结构与功能的关系，从电子水平上解释生物分子的理化性质。可以预计随着科学技术的进步、食品生物行业的发展，食品生物化学还会向更高更深的领域扩展，并反过来促进食品生物行业更快发展。

三、食品生物化学在食品生物行业中的地位和作用

无论是食品保鲜、贮藏方法的发展，还是食品生产加工方法的改进，都是建立在食品生物化学理论基础上的。

社会主义的生产目的就是为了解不断满足人民物质和文化生活日益提高的需要。随着现代化建设和人民生活水平的不断提高，人民的购买力也在不断增长，不但要求有足够数量的食品，而且需要有更多更好的营养食品和保健食品。并且随着人们生活节奏的加快和有充分的休闲时间，也希望食品工厂能生产更多、更好的方便食品和快餐食品。这些都需要我们以食品生物化学为理论基础，进行更广泛更深入地研究。同时，食品生物化学对食品资源的开发，对新型食品的生产，都将提供重要的理论指导。随着食品生物化学理论的发展，还可以创造出更新、更优良的食品贮藏方法。我们可以充分相信，食品生物化学一定会为食品工业的不断发展做出更大的贡献。