

食品生物化学

全国高等农业院校教材

● 张国珍 主编

● 农产品加工专业用

● 中国农业出版社



全国高等农林专科统编教材

食品生物化学

张国珍 主编

农产品加工专业用

中国农业出版社

全国高等农林专科统编教材
食 品 生 物 化 学
张国珍 主编

责任编辑 赵源林

出 版 中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 中国农业出版社印刷厂

* * *

开 本 787mm×1092mm16开本

印 张 23 字数 521千字

版、印次 1992年10月第1版

1998年10月北京第4次印刷

印 数 9,001~11,000册 定价 24.20元

书 号 ISBN 7-109-02174-2/O·59

出 版 说 明

高等农林专科教育是高等农林教育体系中一个相对独立、不可缺少的层次。

我国高等农林专科教育，自进入80年代以来，有了长足发展，在校人数迅速增加，为适应发展的需要，改变教学多年来一直借用本科教材的局面，建设具有农林专科教育特色的教材体系，经国家教委批准，于1986年7月成立全国高等农林专科基础课程教材委员会，并在全国高等农林专科教育研究协作组制定的农林专科生培养基本要求和部分专业教学计划以及课程教学基本要求的基础上，首批组织统编了49门教材。

本批教材力求体现农林专科生培养基本要求，突出应用性，加强实践性，强调针对性，注意灵活性；遵循教学规律，具有科学性、系统性，由浅入深，循序渐进，理论联系实际；既具有广泛的适应性，又具有先进性和时代特征。

这批教材在适用农林专科教育的修业年限上，兼顾了二、三年制的需要，同时可供电大、函授等专科教育和中等专业学校教师，以及有关科技人员参考。

这批教材的编审出版是在国家教委高教司直接领导下进行的，并得到农业出版社、高等教育出版社、中国林业出版社、四川科学技术出版社、广西科学技术出版社的通力合作与大力支持，在此深致谢意。

本教材的编审出版，不仅是为了解决部分课程教学所用教材的有无问题，而更重要的是在新的历史条件下，为建设具有高等农林专科教育特色的教材体系探索路子，试图提供一些有益的尝试，故缺点错误在所难免，恳望各校在使用过程中提出宝贵意见，以便再版时作进一步修改。

全国高等农林专科基础课程教材委员会

1990年

前 言

本书是全国农林专科基础课教材委员会统一组织编写的教材之一。供农产品加工专业使用，也可供有关教师和科技人员参考。

食品生物化学内容丰富，涉及面广。我们将精选出的内容分类组合，分成三大部分，即食品成分的化学、物质代谢和能量代谢及食品成分的变化，共三篇。第一篇主要介绍食品的各种化学成分（包括营养成分和其他成分），包括它们的组成、结构、性质、营养功能和其他作用。第二篇介绍食品进入人体后的消化、吸收以及转化成能量和组成为机体成分的大致过程，这有助于进一步了解食品的重要作用并提高对食品加工目的性的认识。第三篇介绍食品成分在贮藏加工中的重要变化，讨论这些变化时以贮藏、加工中出现的各种物理和化学因子为线索，从“横向”来综合讨论食品成分的变化，从理论上进行概括，为专业课打下基础，但又避免了与专业课重复。这种按三篇或三段的安排使食品生物化学内容更为系统，且更符合循序渐进的原则。

食品生物化学的重点在于第一篇和第三篇。这是因为学习食品生物化学的目的在于了解食品各种成分的组成、性质和生理功能，从而在食品加工过程中避免养分的损失和增加适口性等。但第二篇也不可忽略，它有助于对食品营养功能的理解，从而在处理食品加工问题时有更深的考虑。

本教材既考虑基础知识、基本理论和基本生物化学实验技术，又对必要的新理论和最新进展作适当介绍，对一些食品加工实践中带普遍性的生化问题进行概括、抽象，使之系统化。当然最终还要落实到应用上。因本教材属专科教材，所以我们力求简明、系统，使之便于学生学习和将来在工作实践中参考。

本教材中绪论、第十一章由张国珍编写，第一、二、三、六章由吴汉民编写，第四、五、十二章由崔铁军编写，第七、八、九章由马之龙编写，第十章由李品愈编写，第十三、十四章由张志富编写。

根据国家教委全国高等农林专科教育研究协作组1987年年会精神，配合本教材编写了实验指导。供开设《食品生物化学》课程的专业实验教学使用。也可供科研、生产部门的有关科技人员参考。

食品生物化学实验指导中各实验项目根据内容由编写有关章节的同志分别编写，最后由马之龙统一整理定稿。

由于编者的水平有限，书中还有不少的缺点或错误，诚恳希望读者不吝予以指正。

编 者

1990年9月

主编 张国珍 (山东农业大学)
编者 吴汉民 (浙江水产学院)
崔铁军 (大连水产学院)
马之龙 (郑州牧医专科学校)
李品愈 (莱阳农学院)
张志富 (南京农业专科学校)
主审 吴显荣 (北京农业大学)
审稿 汪沛洪 (西北农业大学)

内 容 简 介

本书将生物化学和食品化学两者基本内容合而为一,归纳成食品成分的化学、物质代谢和能量代谢以及食品成分的变化共三篇,内容包括水分和矿物质、碳水化合物、脂类、蛋白质、核酸、维生素和激素、色素、风味物质、添加剂和有毒物质、酶、物质代谢、能量代谢、食品成分的变化和变色作用等十四章。另外附有与上述内容相配合的包括二十一个实验项目的实验指导。

本书是全国农林专科基础课教材委员会统一组织编写的教材之一。供农产品加工专业教学用,也可供有关科技人员参考。

全国高等农林专科基础课程第一批统编教材书目

高等教育出版社出版书目

- | | |
|----------------|------------|
| 1. 高等数学 | 2. BASIC语言 |
| 3. 植物生理及生化 | 4. 遗传学 |
| 5. 植物学 | 6. 家畜生理学 |
| 7. 动物生物化学 | 8. 普通动物学 |
| 9. 淡水生物学 | 10. 鱼类生理学 |
| 11. 畜禽解剖与组织胚胎学 | 12. 组织胚胎学 |
| 13. 鱼类学 | 14. 生物化学 |

中国农业出版社出版书目

- | | |
|-----------------|---------------|
| 1. 无机及分析化学 | 2. 有机化学 |
| 3. 土壤肥料学 | 4. 农业气象学 |
| 5. 农业生态学 | 6. 兽医临床诊断学 |
| 7. 畜牧微生物学 | 8. 家畜育种学 |
| 9. 家畜环境卫生学附牧场设计 | 10. 田间试验及统计分析 |
| 11. 果树试验与统计 | 12. 生物统计及试验设计 |
| 13. 食品生物化学 | 14. 食品微生物学 |
| 15. 果蔬采后生理学 | 16. 果蔬原料学 |
| 17. 农业资源与区划 | 18. 实用电工学 |

中国林业出版社出版书目

- | | |
|-----------|------------|
| 1. 测量学 | 2. 森林植物学 |
| 3. 植物生理学 | 4. 土壤学 |
| 5. 气象学 | 6. 数理统计 |
| 7. 测树学 | 8. 测树学实习指导 |
| 9. 数理统计题解 | |

东北林业大学出版社出版书目

森林生态学

四川科学技术出版社出版书目

- | | |
|------------|----------------|
| 1. 农业概论 | 2. 农业经济学 |
| 3. 农业经济与管理 | 4. 经济应用数学 |
| 5. 兽医微生物学 | 6. 兽医药理学 |
| 7. 家畜病理学 | 8. 食品工业企业经营管理学 |

广西科学技术出版社出版书目

- | | |
|----------|------------|
| 1. 动物遗传学 | 2. 家畜繁殖学 |
| 3. 家畜饲养学 | 4. 淡水养殖水化学 |

目 录

前言

绪论 1

第一篇 食品成分的化学

第一章 水分与矿物质	5
第一节 水分与水分活度	5
一、水的生物营养作用	5
二、水与食品的关系	7
第二节 矿物质	15
一、无机盐的生理学功能	15
二、常量元素及其营养功能	16
三、微量元素及其营养功能	18
四、非必需元素	20
复习题	20
第二章 碳水化合物	22
第一节 单糖	23
一、单糖的分类	23
二、单糖的结构和立体化学	24
三、单糖的重要反应及其衍生物	27
第二节 寡糖	32
一、乳糖	32
二、麦芽糖	33
三、蔗糖	33
四、三糖	34
第三节 多糖 (高聚糖)	35
一、淀粉	35
二、糖原	38
三、菊糖及其他多聚果糖	39
四、纤维素及半纤维素	39
五、果胶物质	40
六、植物胶质	42
七、微生物多糖	44
八、氨基多糖	44

复习题.....	45
第三章 脂类	47
第一节 脂肪	48
一、脂肪的化学结构与种类	48
二、甘油	48
三、脂肪酸	48
四、脂肪酸及脂肪的性质	50
五、油脂的乳化与乳化剂	53
第二节 类脂	54
一、磷脂	54
二、糖脂	56
三、非皂化物	57
复习题.....	59
第四章 蛋白质	60
第一节 蛋白质的分子组成	60
一、蛋白质的元素组成	60
二、组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸	61
第二节 蛋白质的分子结构	67
一、多肽	68
二、蛋白质分子结构	69
三、蛋白质分子结构与功能的关系	71
第三节 蛋白质的理化性质	73
一、蛋白质的胶体性质	73
二、蛋白质的两性解离和等电点	74
三、蛋白质的电泳	75
四、蛋白质的沉淀	75
五、蛋白质的生物学性质	76
六、蛋白质的颜色反应	76
第四节 蛋白质的分类	77
一、单纯蛋白质	77
二、结合蛋白质	78
第五节 蛋白质的提取分离和测定	78
第六节 食物体系中的蛋白质	80
一、肌肉蛋白质	80
二、胶元和明胶	80
三、乳蛋白质	80
四、植物蛋白质	81
五、单细胞蛋白质	82
复习题.....	82
第五章 核酸	84

第一节 核酸的化学组成	84
一、核酸的基本组成成分	84
二、构成核酸的基本单位——核苷酸	85
第二节 某些重要的核苷酸	87
一、核苷的多磷酸化合物	87
二、环状核苷酸	87
第三节 核酸的分子结构	88
一、核酸中核苷酸之间的连接方式	88
二、脱氧核糖核酸的分子结构	89
三、核糖核酸的分子结构	91
复习题	93
第六章 维生素和激素	94
第一节 维生素概述	94
第二节 脂溶性维生素	96
一、维生素A (视黄醇)	96
二、维生素D	97
三、维生素E (生育酚)	98
四、维生素K	99
第三节 水溶性维生素	99
一、维生素B ₁ (硫胺素)	99
二、维生素B ₂ (核黄素)	100
三、维生素B ₆ (吡哆素)	101
四、尼克酸和尼克酰胺	102
五、泛酸 (V _{B3})	102
六、生物素 (V _H)	102
七、叶酸 (V _{B11})	103
八、维生素B ₁₂ (氰钴胺素)	104
九、抗坏血酸 (V _C)	104
第四节 激素	107
一、主要的动物激素	107
二、植物激素	110
复习题	111
第七章 食品中的色素物质	112
第一节 食用天然色素	112
一、天然色素的分类	112
二、常见的天然食用色素	113
第二节 食品中的合成色素	124
一、合成色素的使用概况	124
二、我国批准使用的食品合成色素	125
三、使用合成色素的注意事项	126

复习题	127
第八章 食品风味物质	129
第一节 食品中的味感物质	129
一、味的形成及影响味觉的因素	129
二、甜味与甜味物质	130
三、酸味与酸味物质	136
四、苦味物质	138
五、咸味物质	140
六、辣味物质	140
七、涩味物质	142
八、鲜味物质	142
第二节 食品中的嗅感物质	144
一、嗅味及嗅感生理	144
二、气味与分子结构	145
三、食品中气味的形成方式	146
四、食品中的嗅感成分	146
复习题	153
第九章 食品中的其他成分	154
第一节 食品添加剂	154
一、食品添加剂概述	154
二、几种重要的食品添加剂	155
第二节 食品中的有毒物质	162
一、食品中的有毒物质概述	162
二、食品中常见的有毒物质	163
复习题	169

第二篇 物质代谢和能量代谢

第十章 酶	171
第一节 酶的基本概念	171
一、酶的概念	171
二、酶的组成与结构	172
三、酶催化作用的特征	177
第二节 酶的分类与命名	179
一、分类	179
二、命名	181
第三节 酶催化作用的机理	182
一、中间产物学说	182
二、活性中心理论	184
三、酶催化作用的机制	185

第四节 酶促反应动力学	187
一、温度的影响	187
二、pH的影响	188
三、酶浓度的影响	189
四、底物浓度的影响	189
五、抑制剂的影响	192
六、激活剂的影响	195
第五节 酶的分离提纯与活力测定	195
一、酶的分离提纯	195
二、酶的活力测定	200
第六节 重要的食品酶	200
一、淀粉酶	201
二、蛋白酶	202
三、其他食品酶	203
第七节 酶和细胞的固定化	205
一、固定化酶	205
二、固定化细胞	208
三、共固定化作用	211
复习题	211
第十一章 物质代谢	213
第一节 代谢概述	213
一、新陈代谢的概念	213
二、物质的消化、吸收和排泄	213
第二节 碳水化合物的代谢	214
一、碳水化合物的分解	214
二、碳水化合物的生物合成	225
三、人体内糖代谢的异常	228
第三节 脂类的代谢	229
一、脂类的消化和吸收	229
二、脂肪的分解代谢	229
三、脂肪的合成代谢	234
四、磷脂的代谢	238
五、胆固醇的代谢	240
六、脂类代谢的异常	241
第四节 蛋白质的代谢	241
一、蛋白质的营养作用	241
二、蛋白质的分解代谢	243
三、氨基酸的分解代谢	244
四、氨基酸的合成代谢	248
第五节 核酸代谢和蛋白质的生物合成	250
一、核酸的分解代谢	250

二、核酸的合成代谢	251
三、蛋白质的生物合成	256
第六节 物质代谢的相互联系和调节	259
一、物质代谢的相互联系	259
二、代谢调节	261
复习题	265
第十二章 能量代谢	266
第一节 生物氧化	266
一、生物氧化的方式和特点	266
二、生物氧化的酶类	267
三、呼吸链	269
四、生物氧化中能量的转变	271
第二节 能量平衡	274
一、人体对能量的需要	275
二、食物能值的测量与计算	279
复习题	281

第三篇 食品成分的变化

第十三章 食品成分的变化	283
第一节 因酶而发生的变化	283
一、糖类的变化	283
二、蛋白质的变化	284
三、油脂的变化	284
四、维生素的变化	284
第二节 因氧化而发生的变化	285
一、不饱和油脂的自动氧化	285
二、维生素的变化	289
第三节 因温度而发生的变化	291
一、糖类的变化	291
二、油脂的变化	293
三、蛋白质的变化	295
四、维生素的变化	298
第四节 因光线而发生的变化	300
一、维生素的光分解	300
二、氨基酸及蛋白质的变化	301
复习题	301
第十四章 变色作用	303
第一节 褐变作用	303
一、酶促褐变	303

二、非酶褐变	308
第二节 其他变色作用	315
一、肉的变色	315
二、甲壳类变红	315
三、绿色蔬菜的变化	316
复习题	316
实验指导	317
实验室规则	317
实验一 水分活度的测定 (A _w 测定仪法)	317
实验二 食品灰分的测定	319
实验三 多糖的提取和性质试验	320
实验四 总糖和还原糖测定 (3, 5-二硝基水杨酸法)	321
实验五 脂肪的快速测定 (氯仿-甲醇法)	323
实验六 蛋白质的颜色反应	325
实验七 氨基酸的纸层析	328
实验八 血清蛋白的醋酸纤维薄膜电泳	330
实验九 维生素C的定量测定 (2, 6-二氯酚酚滴定法)	332
实验十 吸附层析法分离胡萝卜素	333
实验十一 甜叶菊苷的测定 (蒽酮比色法)	335
实验十二 苯甲酸及其盐的测定 (碱滴定法)	336
实验十三 影响酶活性的因素	337
实验十四 α -淀粉酶活性的测定	339
实验十五 蛋白酶活力的测定	340
实验十六 糖酵解中间产物的鉴定	342
实验十七 发酵过程中无机磷的利用	344
实验十八 脂肪转化为糖的定性试验	345
实验十九 食品热能的测定	346
实验二十 脂肪碘值的测定	348
实验二十一 脂肪酸价的测定	351
主要参考文献	352

绪 论

一、生物化学的概念、意义和发展

生物化学就是生命的化学。它是研究生物有机体的化学组成和生命过程中的化学变化的科学。生物化学的任务是用化学、物理和生物学的方法，研究参与生命活动的基本物质（蛋白质、核酸、糖类、脂类等）的结构、功能和在生命活动过程中的化学变化（代谢）及其调控规律，从而阐明生命现象（生长、运动、繁殖、遗传等）的化学本质，并把这些知识应用于科研、医药卫生、工农业生产实践中去，为社会主义建设服务。

生物化学是各门生物科学，特别是生理学、微生物学、遗传学、细胞学等学科的基础。生物化学的理论和方法，对于探讨各种生命现象的本质极为重要。生物化学也是工业、农业、医药卫生等有关学科的基础，它与工农业生产、人类生活休戚相关。

生物化学因研究对象的不同，可分为动物生化、植物生化和微生物生化，分别以动物、植物和微生物作为研究对象。如研究对象为一般生物，则称之为普通生物化学。根据不同的应用领域和目的，生物化学还可分为工业生化、农业生化、医学生化、食品生化等等。

生物化学是19世纪末形成的独立学科。生物化学的发展，概括起来可分为三个阶段：

（1）静态生化（或叙述生化），主要是研究生物体组成成分的性质和含量；（2）动态生化，主要研究组成物质在生物体内的代谢变化以及酶、维生素、激素等在代谢中的作用；（3）机能生化，它是在动态生化的基础上，进一步研究器官、组织、细胞、亚细胞以及生物分子等的结构与功能的关系，并注意到环境对机体代谢的影响。由于生物化学的迅速发展，特别是对于蛋白质和核酸结构与功能的深入了解，使得人们有可能在分子水平上认识生命的本质，从而推动了生物科学各个领域的发展，使生物学进入了所谓“分子生物学”的新时代。

当前，生化研究在以下几个方面最为活跃：（1）生物大分子如蛋白质和核酸等的结构与功能及其生物合成；（2）分子遗传学与遗传工程；（3）膜的分子生物学；（4）中间代谢及其调控机制。这些问题的研究使分散的、孤立的生化知识和概念综合化、系统化，从而加深了对生命本质的了解。这不仅促进了生物各学科的发展，也给工、农、医等的发展开辟了新的前景。

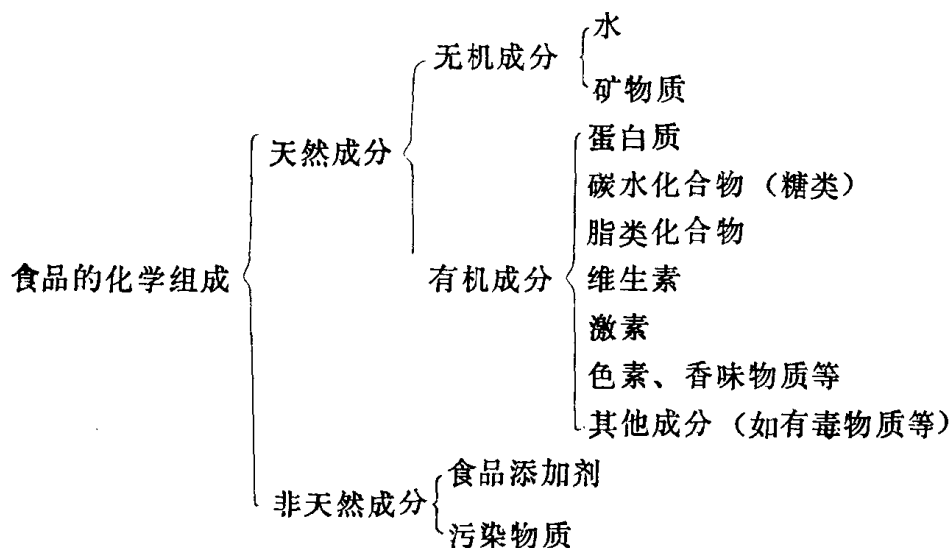
在古代，我国人民对生物化学就有过杰出的贡献。例如酿酒、制酱、制饴、制醋等工艺的发明，都远早于欧洲，居世界领先地位；在医药方面，用含碘丰富的海藻治疗甲状腺肿、用猪肝治疗夜盲症等等，也为我国人民首创。但由于当时封建统治限制了科学的发展，生物化学亦不能幸免。特别是从19世纪中叶开始，我国沦为半封建半殖民地，科学技术的发展就更加缓慢了。只是在新中国成立后，我国的科学技术，包括生物化学才得到了

迅猛的发展。我国科学家在血液测定、中药成分测定等方面都有一定的贡献，对于蛋白质变性首先提出了科学的定义。但最突出的成就是1965年人工合成蛋白质（牛胰岛素），这不仅是生化研究的重大突破，而且在哲学上也有重大的意义。1981年我国又成功地合成了由76个核苷酸组成的酵母丙氨酸转运核糖核酸分子，为天然核糖核酸的人工合成打开了一条通路。这些成就标志着我国在生命物质的人工合成方面已达到世界先进水平。可以预期，随着我国“四化”建设的不断推进，生物化学作为科学领域中的一门重要学科肯定会得到迅速发展。

二、食品 and 食品生物化学

食物是维持人类的生存和健康的物质基础。所谓食物，是指能被食用并经消化吸收后能构成机体、供给活动所需能量或调节生理机能的无毒物质。经过加工的食物称为食品。不过通常也泛指一切食物为食品。食物中能供给人用于构成机体和维持正常生理机能所需的有效成分称为营养成分或营养素，它主要包括蛋白质、碳水化合物（糖类）、脂类化合物、维生素、矿物质和水分。因此，我们可以将食物简单定义为：含营养素的无毒的物料。食物中至少要含有一种以上的营养成分，否则就不应算作食物。例如咖啡，因为只含起兴奋作用的咖啡因，而不含营养成分，所以它们不是食物，而只可算是饮料或药物。

人类的食物，除少数物质如盐类外，几乎全部来自动、植物。当然，经过加工、贮运等过程，食品中就难免要增加一些非生物来源的、非天然的成分。这些成分对人体的代谢与生理机能活动也有一定的影响。食品的来源和组成可概括表示如下图。



食品大都来源于生物，两者关系密切，其化学成分及代谢过程有共同之处和相似的规律，组成一个特殊的领域。食品生物化学就是以人及其食物体系为研究对象的生物化学的一个分支。具体来说，食品生物化学是研究食品成分的组成、结构、性质、形成和在人体内的代谢以及在贮藏加工过程中的化学变化规律的一门科学。

食品生物化学的任务，一是研究食品成分的结构、性质和营养价值；二是研究食品在贮藏加工中的化学变化及其被人体的消化吸收和转化利用。

食品生物化学是生物化学在食品科学中的应用，并在食品科学中占有重要地位。它是开发食品资源、研究食品工艺、质量管理和贮藏技术的理论基础。食品生物化学的研究和应用必将促进满足人的营养需要、适应人的生理特点、感官质量高的食品生产的大发展。

三、学习食品生物化学的方法

食品生物化学内容广泛、复杂，涉及人类及其食物体系，与生物学和化学等学科密切相关。所以在学习食品生物化学时首先要“理清头绪，分清主次”。本教材共有三部分内容：（1）食品（实际上也是生物体）的化学成分，即静态生化部分；（2）新陈代谢，即动态生化部分；（3）食品在贮藏加工中的化学变化。我们在学习每一部分的具体内容时不能忘记它在食品生物化学中所处的位置、重要性，不要忘记每一部分都有其特点等。学习后要尽量达到“网络清楚，条理分明”。

另外，要注意“静动结合，加深理解”。因为静态生化是动态生化的基础，后者是前者的发展，只有懂得前者，才能更好地理解后者。

再就是“有关课程、注意联系”。例如化学，特别是有机化学的知识对于理解生物化学反应是必不可缺的，而生物学知识则对于生物化学反应的理解大有帮助。

最后要注意“循环复习，重点记忆”。记忆是理解的基础，理解则有助于记忆。在复习时注意前后联系，反复循环。在复习理解的基础上找出重点，适当记忆，以形成完整、清晰、正确的概念。