



普通高等教育农业部“十二五”规划教材

食品化学

第二版

夏延斌 王 燕 主编



 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材

食 品 化 学

第 二 版

夏延斌 王 燕 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品化学 / 夏延斌, 王燕主编. —2 版. —北京:
中国农业出版社, 2014. 11
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
ISBN 978-7-109-19769-5

I. ①食… II. ①夏… ②王… III. ①食品化学-高等学
校-教材 IV. ①TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 266183 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 王芳芳

文字编辑 李国忠

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版 2015 年 2 月第 2 版

2015 年 2 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26.25

字数: 623 千字

定价: 39.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第 二 版 编 者

主 编 夏延斌 (湖南农业大学)

王 燕 (湖南农业大学)

副主编 胡秋辉 (南京财经大学)

赵新淮 (东北农业大学)

王文君 (江西农业大学)

吉宏武 (广东海洋大学)

参 编 (按姓名笔画排序)

王玉昆 (河北工程大学)

王英丽 (内蒙古农业大学)

王佳宏 (南京林业大学)

王雅立 (福建省药品检验所)

付晓萍 (云南农业大学)

伊 莉 (山西农业大学)

陈海华 (青岛农业大学)

庞 杰 (福建农林大学)

郑惠娜 (广东海洋大学)

夏 菠 (湖南农业大学)

龚加顺 (云南农业大学)

第 一 版 编 者

主 编 夏延斌 (湖南农业大学)

副主编 胡秋辉 (南京农业大学)

赵新淮 (东北农业大学)

参 编 (按姓名笔画排列)

王 燕 (湖南农业大学)

王文君 (江西农业大学)

毕金峰 (中国农业科学院)

安辛辛 (南京农业大学)

宋莲军 (河南农业大学)

郑艺梅 (安徽技术师范学院)

常 泓 (山西农业大学)

第二版前言

食品化学是从化学的角度在分子水平上研究食品的组成、结构、理化性质、营养和安全性以及它们在生产、加工、贮藏、运输、销售过程中发生化学变化的规律。了解食品化学原理和掌握食品化学技术是从事食品科技工作必不可少的条件之一。食品化学已成为食品科学与工程专业、食品质量与安全专业或相关专业的必修课程。

本书第一版已经出版8年了。近几年来中国食品产业和食品科学发生了显著的变化，民以食为天，食以安为先，人民对食品质量与安全的要求，促进了科学技术的进步，食品科学类相关专业也成为高等教育体系中最重要专业类群之一。在此条件下，修订食品化学教材已成为必需，如何在原来的基本框架不变的前提下及时反映出本领域的科学技术进步，是每一位作者需要认真思考的问题。

本次修订保持原章节名称不变，全书仍由绪论和12章组成，各章分别为水、糖类、脂质、蛋白质、维生素、矿物质、酶、风味物质、食品中的天然色素、萜类与生物碱、食品添加剂、食品中的有害物质。但在每一章中根据现有的认识水平，添加了更实用的理论与实践知识，修订了过去不够明确的概念，希望新的《食品化学》在原版基础上有质的提升。

本次修订对内容的处理，力图层次清楚、知识点明确，有利于老师备课，也有利于学生自学。很多知识并非简单地组合相关资料中的内容，而是从相关交叉科学的最新研究中或编者自身的研究中提炼得来，充分体现了教材内容的新颖性和实用性。

编者分工如下：

绪论，湖南农业大学夏延斌编写；

水，东北农业大学赵新淮编写；

糖类，青岛农业大学陈海华编写；

脂质，湖南农业大学王燕编写；

蛋白质，福建农林大学庞杰与福建省药品检验所王雅立联合编写；

维生素，河北工程大学王玉昆编写；

矿物质，内蒙古农业大学王英丽编写；

酶，江西农业大学王文君与山西农业大学伊莉联合编写；

食品风味物质，湖南农业大学夏菠编写；

食品中的天然色素，南京林业大学王佳宏编写；

萜类与生物碱，南京财经大学胡秋辉编写；

食品添加剂，云南农业大学龚加顺与付晓萍联合编写；

食品中的有害物质，广东海洋大学吉宏武与郑惠娜联合编写；

全书由夏延斌、王燕统稿并定稿。

由于编者学术水平有限，书中难免有错，敬请批评指正。

编 者

2014年5月

第一版前言

食品化学是一门研究食品中的化学变化与食品质量相关性的科学。了解食品化学原理和掌握食品化学技术是从事食品科技工作必不可少的条件之一。食品化学已成为食品科学与工程专业、食品质量与安全专业或相关专业的必修课程。

本教材收集了国际、国内最新的食品化学研究成果，采取了全新的编排方案，以适当的篇幅全面介绍了食品化学的原理及应用技术，既适合于教师讲授，也适合于学生自学。全书分为 13 章，分别为：绪论、水、碳水化合物、脂质、蛋白质、维生素、矿物质、酶、风味物质、食品中的天然色素、萜类与生物碱、食品添加剂、食品中常见的有害物质。

考虑到目前我国食品质量与安全面临诸多挑战，本书在内容的处理方面，讨论了食物成分在加工条件下的理化反应，也讨论了功能成分、有毒有害物质对人的影响。其中很多知识并非简单地组合相关教材的内容，而是从相关交叉科学的最新研究中或编者自身的研究中得来，充分体现了教材内容的新颖性和实用性。

编者分工如下：

夏延斌，湖南农业大学食品科技学院，编写：绪论、风味物质。

胡秋辉，南京农业大学食品科技学院，编写：萜类与生物碱

赵新淮，东北农业大学食品学院，编写：水、食品中的有害物质

宋莲军，河南农业大学生物技术与食品科学学院，编写：食品中的天然色素

毕金峰，中国农业科学院农产品加工研究所，编写：碳水化合物

王文君，江西农业大学食品科学与工程系，编写：酶

常泓，山西农业大学食品学院，编写：蛋白质

郑艺梅，安徽技术师范学院工程技术系，编写：维生素、矿物质

王燕，湖南农业大学食品科技学院，编写：脂质

安辛辛，南京农业大学食品科技学院，编写：食品添加剂

由于编者学术水平有限，书中错误之处，敬请批评指正。

编 者

2004 年 2 月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
0.1 食品化学的课程地位	1
0.2 食品化学的发展过程	1
0.2.1 天然动植物特征成分的分离与分析阶段	1
0.2.2 食品化学在农业化学发展的过程中不断充实	2
0.2.3 生物化学的发展推动食品化学的发展	2
0.2.4 关注人类营养, 推动食品化学发展	2
0.3 食品化学理论体系的特点	3
0.3.1 食品的品质特性	3
0.3.2 影响食品品质特性的化学反应	5
0.3.3 研究食品化学反应的关键条件实现反应干预	6
0.4 食品化学的学习方法	7
复习思考题	8
第1章 水	9
1.1 水的分子结构和性质	10
1.1.1 水的分子结构	10
1.1.2 冰的分子结构	11
1.1.3 水的物理性质	12
1.2 食品中水与非水成分的相互作用	13
1.2.1 食品中水的存在状态	13
1.2.2 水与非水成分的相互作用	14
1.3 水分活度	16
1.3.1 水分活度的定义	16
1.3.2 水分活度的测定	18
1.4 水分活度与水分含量的关系	18
1.4.1 水的吸湿等温线	18
1.4.2 吸湿等温线的数学描述	21
1.5 水与食品保存性的关系	22

1.5.1 水分活度与食品保存性的关系	22
1.5.2 冰冻与食品稳定性的关系	23
1.5.3 玻璃态、分子移动性与食品稳定性的关系	25
1.5.4 水分活度、分子移动性和玻璃化转变温度在预测食品稳定性的比较	29
1.6 含水食品的水分转移	30
1.6.1 水分的位转移	30
1.6.2 水分的相转移	30
复习思考题	32
第2章 糖类	33
2.1 单糖和低聚糖	33
2.1.1 单糖	33
2.1.2 糖苷	35
2.1.3 低聚糖	38
2.2 单糖和低聚糖的性质	44
2.2.1 单糖和低聚糖的物理性质	44
2.2.2 单糖和低聚糖的化学性质	47
2.3 多糖	56
2.3.1 多糖概述	56
2.3.2 多糖的性质	57
2.4 食品中的主要多糖	59
2.4.1 淀粉	59
2.4.2 果胶	70
2.4.3 纤维素和半纤维素	73
2.5 其他植物多糖	76
2.5.1 阿拉伯胶	76
2.5.2 魔芋胶	76
2.5.3 黄芪胶	77
2.5.4 瓜尔豆胶	77
2.5.5 刺槐豆胶	78
2.6 海洋多糖	78
2.6.1 琼脂	78
2.6.2 海藻胶	79
2.6.3 卡拉胶	80
2.6.4 壳聚糖	81
2.7 微生物多糖	82
2.7.1 黄原胶	82
2.7.2 茁霉胶	83
2.8 食品中糖类的功能作用	83

2.8.1 单糖和低聚糖的功能	83
2.8.2 多糖的功能	85
复习思考题	87
第3章 脂质	88
3.1 脂质的组成与分类	88
3.1.1 脂质的分类	88
3.1.2 脂质的主要组成成分	89
3.1.3 三酰基甘油的结构和分类	91
3.1.4 具有保健作用的脂质	93
3.1.5 其他脂质	100
3.2 油脂的物理性质	101
3.2.1 油脂的气味和色泽	101
3.2.2 油脂的熔点和沸点	101
3.2.3 油脂的烟点、闪点和着火点	101
3.2.4 油脂的晶体结构与固态脂特点	102
3.2.5 天然油脂中脂肪酸位置分布	105
3.2.6 油脂熔融	106
3.2.7 油脂的液晶相	108
3.2.8 乳浊液与乳化剂	108
3.3 食用油脂的劣变反应	112
3.3.1 脂解反应	112
3.3.2 脂质氧化	112
3.3.3 脂质热解	126
3.3.4 油炸用油的化学变化	128
3.3.5 辐照	129
3.4 油脂品质鉴评	130
3.4.1 油脂的重要化学特征值	130
3.4.2 油脂氧化稳定性的测定	131
3.5 油脂加工化学	133
3.5.1 油脂的制取	133
3.5.2 油脂的精炼	133
3.5.3 油脂的改性加工	134
3.6 脂质与健康	139
3.6.1 脂肪酸的生物活性	139
3.6.2 脂肪替代品	141
复习思考题	141
第4章 蛋白质	142
4.1 蛋白质概述	142

4.1.1 蛋白质的化学组成	142
4.1.2 组成蛋白质的基本单位氨基酸	142
4.2 氨基酸和蛋白质的分类和结构	142
4.2.1 氨基酸的分类和结构	142
4.2.2 蛋白质的分类和结构	144
4.2.3 维持蛋白质各级结构的作用力	145
4.3 蛋白质在食品加工中的功能性质	147
4.3.1 蛋白质的水合性质	147
4.3.2 蛋白质的溶解度	149
4.3.3 蛋白质的黏度	150
4.3.4 蛋白质的胶凝作用	151
4.3.5 蛋白质的质构化	152
4.3.6 面团的形成	153
4.3.7 蛋白质的乳化性质	154
4.3.8 蛋白质的发泡作用	155
4.3.9 蛋白质与风味物质的结合	157
4.3.10 蛋白质的其他功能性质	158
4.4 食品加工对蛋白质功能和营养价值的影响	159
4.4.1 热处理对蛋白质功能和营养价值的影响	159
4.4.2 低温处理对蛋白质功能和营养价值的影响	161
4.4.3 脱水处理对蛋白质功能和营养价值的影响	162
4.4.4 氧化剂对蛋白质功能和营养价值的影响	162
4.4.5 机械处理对蛋白质功能和营养价值的影响	164
4.4.6 酶处理引起的蛋白质变化	164
4.4.7 蛋白质与其他物质的反应	164
4.4.8 蛋白质的专一化学改性	166
4.5 常见食品蛋白质	167
4.5.1 肉类蛋白质	167
4.5.2 胶原和明胶	168
4.5.3 乳蛋白质	168
4.5.4 卵蛋白质	169
4.5.5 鱼肉中的蛋白质	171
4.5.6 谷物类蛋白质	171
4.5.7 大豆蛋白质	172
4.6 蛋白质新资源	173
4.6.1 单细胞蛋白质	174
4.6.2 叶蛋白质	174
4.6.3 动物浓缩蛋白质	174
复习思考题	175

第 5 章 维生素	176
5.1 维生素概述	176
5.1.1 维生素的概念和特点	176
5.1.2 维生素的研究历史	176
5.1.3 维生素的分类与命名	177
5.2 脂溶性维生素	177
5.2.1 维生素 A	177
5.2.2 维生素 D	178
5.2.3 维生素 E	180
5.2.4 维生素 K	181
5.3 水溶性维生素	182
5.3.1 维生素 C	182
5.3.2 维生素 B ₁	183
5.3.3 维生素 B ₂	186
5.3.4 烟酸	187
5.3.5 维生素 B ₆	188
5.3.6 叶酸	188
5.3.7 维生素 B ₁₂	189
5.3.8 泛酸	190
5.3.9 生物素	190
5.4 维生素类似物	191
5.4.1 胆碱	191
5.4.2 肉碱	191
5.4.3 肌醇	192
5.4.4 其他维生素类似物	192
5.5 维生素的生物可利用性	194
5.5.1 维生素生物可利用性的含义	194
5.5.2 影响维生素生物可利用性的因素	194
5.6 维生素在食品加工与贮藏过程中的变化	194
5.6.1 食品原料本身对维生素的影响	194
5.6.2 食品加工前预处理对维生素的影响	195
5.6.3 食品加工过程对维生素的影响	195
5.6.4 贮藏过程对维生素的影响	198
复习思考题	199
第 6 章 矿物质	200
6.1 矿物质概述	200
6.1.1 矿物质的功能	200

6.1.2 矿物质的分类	200
6.1.3 动物性食品中的矿物质	201
6.1.4 植物性食品中的矿物质	202
6.2 矿物质的理化性质	203
6.2.1 矿物质的溶解性	203
6.2.2 矿物质的酸碱性	203
6.2.3 矿物质的氧化还原性	204
6.2.4 微量元素的浓度	204
6.2.5 矿物质的整合效应	204
6.3 食品中主要的矿物质	204
6.3.1 食品中的常量元素	204
6.3.2 食品中的微量元素	206
6.4 矿物质生物可利用性	213
6.4.1 矿物质生物可利用性的概念	213
6.4.2 食品中矿物质利用率的测定	213
6.4.3 影响矿物质生物可利用性的因素	214
6.5 矿物质在食品加工和贮藏过程中的变化	214
6.5.1 遗传因素和环境因素对食品中矿物质的影响	214
6.5.2 食品加工中矿物质的变化	214
6.6 矿物质营养强化	216
6.6.1 矿物质营养强化概况	216
6.6.2 矿物质营养强化的意义	216
6.6.3 食品矿物质营养强化的原则	216
复习思考题	217
附录 食品矿物质营养强化剂使用标准 (GB 14880—2012)	218
第7章 酶	222
7.1 酶概述	222
7.1.1 酶在食品科学中的重要性	222
7.1.2 酶在生物材料中的分布	222
7.2 酶的化学本质与分类	224
7.2.1 酶的化学本质	224
7.2.2 酶的催化特性	224
7.2.3 酶催化专一性的两种学说	225
7.2.4 酶的命名与分类	226
7.2.5 酶的辅助因子	229
7.2.6 酶的纯化与活力测定	230
7.3 酶催化反应动力学	231
7.3.1 影响酶催化反应速度的因素	231

7.3.2 酶的抑制作用和抑制剂	234
7.4 固定化酶	236
7.4.1 固定化酶及其制备原则	237
7.4.2 酶固定化的方法	238
7.5 内源酶对食品质量的影响	239
7.5.1 内源酶对食品颜色的影响	239
7.5.2 内源酶对食品风味的影响	240
7.5.3 内源酶对食品质构的影响	241
7.5.4 内源酶对食品营养的影响	243
7.6 食品科学领域常用的酶	243
7.6.1 氧化还原酶在食品科学领域的应用	245
7.6.2 水解酶在食品科学领域的应用	246
7.6.3 应用于食品工业的其他酶简介	250
7.6.4 酶在食品工业中的应用实例	250
7.6.5 酶在食品分析中的作用	260
7.7 酶促褐变	262
7.7.1 酶促褐变的机理	262
7.7.2 酶促褐变的控制	264
复习思考题	265
第8章 食品风味物质	267
8.1 风味物质概述	267
8.1.1 食品的感官反应	267
8.1.2 食品风味物质的特点	267
8.1.3 研究食品风味的重要性	269
8.2 味觉和味感物质	269
8.2.1 味觉生理	269
8.2.2 甜味和甜味物质	270
8.2.3 酸味和酸味物质	272
8.2.4 苦味和苦味物质	273
8.2.5 咸味和咸味物质	275
8.2.6 其他味感	275
8.3 嗅觉和嗅感物质	277
8.3.1 嗅觉生理	277
8.3.2 原嗅	278
8.3.3 麝香	279
8.4 风味化合物形成的途径	280
8.4.1 酶催化反应	281
8.4.2 非酶催化反应	283

8.5 几类典型食品的风味	284
8.5.1 植物源性食品的风味	284
8.5.2 动物源性食品的风味	286
8.5.3 发酵食品的风味	289
复习思考题	292
第9章 食品中的天然色素	293
9.1 色素的呈色机理	293
9.2 食品原料中的天然色素	294
9.2.1 叶绿素	294
9.2.2 血红素	297
9.2.3 类胡萝卜素	299
9.2.4 花青素	301
9.2.5 类黄酮色素	304
9.3 天然食品着色剂	305
9.3.1 甜菜色素	306
9.3.2 红曲色素	306
9.3.3 姜黄素	307
9.3.4 虫胶色素	307
9.3.5 焦糖色素	307
复习思考题	308
第10章 萜类与生物碱	309
10.1 食品中常见的萜类化合物	309
10.1.1 萜类化合物概述	309
10.1.2 单萜类化合物	310
10.1.3 倍半萜类化合物	312
10.1.4 二萜类化合物	317
10.1.5 多萜	320
10.2 生物碱化学	323
10.2.1 生物碱概述	323
10.2.2 生物碱的生物活性	326
10.2.3 食品中的生物碱	327
10.2.4 生物碱的提取与分离	329
复习思考题	332
第11章 食品添加剂	333
11.1 食品添加剂概述	333
11.1.1 食品添加剂的定义	333

11.1.2	食品添加剂的分类	334
11.1.3	食品添加剂的作用	334
11.1.4	食品添加剂的使用原则	334
11.1.5	食品添加剂的应用	335
11.1.6	食品添加剂的安全性评估和管理	335
11.2	食品防腐剂	336
11.2.1	食品防腐剂简介	336
11.2.2	食品防腐剂的分类	337
11.2.3	影响食品防腐剂防腐效果的因素	337
11.2.4	常用食品防腐剂简介	337
11.3	食品抗氧化剂	341
11.3.1	食品抗氧化剂概述	341
11.3.2	食品抗氧化剂的作用原理	341
11.3.3	常用食品抗氧化剂简介	342
11.4	食品漂白剂	344
11.4.1	食品漂白剂概述	344
11.4.2	常用食品漂白剂简介	344
11.5	食品增稠剂	345
11.5.1	食品增稠剂概述	345
11.5.2	食品增稠剂使用注意事项	345
11.5.3	常用食品增稠剂简介	346
11.6	食品乳化剂	349
11.6.1	食品乳化剂概述	349
11.6.2	食品乳化剂的作用机理	349
11.6.3	乳化剂在食品中的作用	349
11.6.4	常用食品乳化剂简介	350
	复习思考题	352
第 12 章	食品中的有害物质	353
12.1	植物性毒素	354
12.1.1	蛋白酶抑制剂、血细胞凝集素和皂苷	355
12.1.2	硫代葡萄糖苷	357
12.1.3	生氰苷类	358
12.1.4	棉酚	358
12.1.5	植物抗毒素	359
12.1.6	双稠吡咯啉生物碱类	359
12.1.7	植酸盐和草酸盐	360
12.1.8	其他植物性毒物	361
12.2	动物性毒素	362