



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品化学

汪东风 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品化学

汪东风 主编



化学工业出版社

·北京·

食品化学是食品科学与工程学科的专业基础课。本书系统地阐述了食品化学的基础理论, 主要内容包括水分、碳水化合物、脂类、蛋白质、酶、维生素与矿质元素、食品色素和着色剂、食品风味、食品添加剂及食品中有害成分。本书的编写力求系统性和科学性的统一, 并紧密联系实际应用和食品化学最新的研究成果与前沿技术, 精简了与基础生物化学重复的部分, 相应增加了食品中有害成分化学内容, 同时, 配有实验教材、例题习题参考书和多媒体课件, 方便教学使用。

本书可作为食品科学的专业基础课教材, 也可供相关专业科研及工程技术人员参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

食品化学/汪东风主编. —北京: 化学工业出版社,  
2007.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-5025-9376-6

I. 食… II. 汪… III. 食品化学-高等学校-教材  
IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 096032 号

---

责任编辑: 赵玉清  
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 丁建华  
装帧设计: 潘 峰

---

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 539 千字 2007 年 8 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: 29.80 元

版权所有 违者必究

# 食品化学

**主 编** 汪东风 (中国海洋大学)  
**编 者** 薛长湖 (中国海洋大学)  
林 洪 (中国海洋大学)  
曾名湧 (中国海洋大学)  
李来好 (中国水产科学研究院南海水产研究所)  
张朝晖 (中国海洋大学)  
隋 晓 (青岛大学天然色素研究所)  
周裔彬 (安徽农业大学)  
张 莉 (中国海洋大学)  
**主 审** 管华诗 (中国海洋大学)

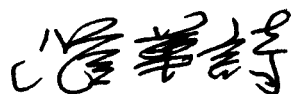
# 序 言 一

食品科学与工程学科是建立在食品工业基础上的对食品原料、加工、包装、物流、技术装备、生产过程自动控制、食品安全与质量控制、饮食与人类健康、法规与标准,以及食品企业管理与可持续发展等有关的基础理论和工程技术进行研究的完整体系。它的发生与发展充分体现了多学科融合和不断创新的过程。食品科学与工程学科的发展对我国食品工业的进步发挥着重要作用。

食品化学是食品科学与工程学科的一个重要方面,是食品科学与工程学科的专业基础。食品从原料生产,经过储藏、运输、加工到产品销售,每一个过程无不涉及一系列的化学和生物化学反应。例如,水果、蔬菜采收后和动物屠宰后,由于环境变化和酶的作用,将会产生各种需宜和非需宜的变化;食品中各种成分的稳定性乃至分子结构或大分子构象也随环境条件的不同而变化。阐明食品复杂体系中各成分之间的化学反应历程、中间产物和最终产物的化学结构及其与食品的营养价值、感官质量、安全性和对人体健康的相关性;控制食品中各种物质的组成、性质、结构、功能和作用机制;揭示食品的本质,寻找新的食品资源和食品原料中可再生资源的利用等构成了食品化学的重要内容。因此,食品化学为食品科学和工程学科的发展、食品加工储藏中新技术和新产品的研究与开发、膳食结构的科学调理和食品包装改进,提供了理论依据。

我国最早开设的食品化学课程是食品生物化学,这与当时在本专业尚未开设生物化学有关。到了20世纪80年代,随着食品科学与工程专业普遍开设了生物化学基础课后,目前我国160余所高校的食品科学与工程专业大部分都开设了食品化学课程并得到了普遍重视,不少高校的食品化学课程被列为校级、省级或国家级精品课程建设。中国海洋大学食品化学课程2000年列入校级第一批一类课程建设,2003年列入校级精品课程建设,2004年成为国家级精品课程。本书是作者集多年来对食品化学教学和研究的成果,并吸收和参考了国内外食品化学的最新著作和文献编写而成的,内容组织上既系统地介绍了食品化学的基础理论,又注意到食品工业的实际应用和食品化学最新的研究成果与前沿技术,在强调系统性和科学性的同时,突出其先进性和应用性;本书的另一特点是有多媒体课件和复习参考书相配套,可以较好地满足师生对食品化学的相关教学需要。

我对本书作者们比较熟悉,他们都是多年从事食品化学及相关方面研究与教学的教师和科技工作者,在工作中积累了丰富的经验并拥有大量的文献资料。该书已列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。相信该教材的出版对提高食品科学与工程专业的教学水平和促进我国食品科学与工程科学研究将有很好的促进作用,特此作序以此致贺。



2007年2月28日

## 序 二

我国高等院校的食品科学与工程专业大多建立于 20 世纪 80 年代改革开放的初期, 经过 20 多年的发展, 不仅为我国培养了大批食品科学与工程专业的专业人才, 其学科体系也在发展中日益完善。2005 年教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会第一次会议明确了生物化学、微生物学、食品化学、食品工艺学(或食品加工原理)、食品工程原理(或化工原理)、食品分析、食品营养学、食品安全性、食品工厂设计与环境保护、食品机械与设备等课程为本专业的主干课程, 且强调各高校的食品科学与工程专业本科教学计划中必须将这些主干课程设置为必修课程。

经教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会 2006 年第二次会议讨论, 将本专业的所有主干课程全面地进行教学现状调研, 并在教学现状调研的基础上按教学要求对教学内容进行规划, 规范本专业主干课程教学内容, 确保本专业的教学质量。

专业建设离不开课程体系的建设, 而教材建设对课程体系有重要影响。为满足食品科学与工程专业建设的需要, 培养更多的适应新世纪需要的合格人才, 迫切需要高水平的教材。

中国海洋大学的食品化学课程早在 2000 年就列入了校级第一批一类课程建设, 2003 年又列入了校级精品课程建设, 2004 年被遴选为国家级精品课程。汪东风教授为国家级精品课程食品化学的主讲教师。

教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会 2006 年第二次会议讨论, 确定由中国海洋大学汪东风教授主持主干课程食品化学的教学现状调研与规划。

汪东风教授在调研了国内 128 所、国外 32 所高校开设的食品化学情况和分析了国内 12 种、国外 5 种食品化学教材体系的基础上, 按 3 个学分和 10 个知识点(水分、碳水化合物、脂类、蛋白质、酶、维生素与矿物质、食品色素和着色剂、食品风味、食品添加剂和食品中有害成分)的要求, 编著了这套立体化教材(食品化学理论教材、实验教材及复习参考书、多媒体课件)。

本教材有以下特点:

1. 内容新颖。本教材在现有国内外教材基础上, 删除了相关章节中与基础生物化学重复的部分内容, 补充了相关新的研究成果。对近几年来食品中有毒、有害成分的研究成果, 作者进行了吸收消化, 并结合作者的研究, 专列一章介绍了食品中与安全性相关的成分化学, 以满足当前食品科学与工程及食品质量与安全专业对食品安全方面的知识教学需要。

2. 采用多样化的形式。除了文字教材这一基本形式外, 该教材还配套有多媒体课件、实验教材及复习参考书, 以利于教师教学和学生自学。

3. 适合按不同层次组织教学的需要。根据我国目前高校开设食品化学课程情况的调研, 在开设有食品科学与工程专业的高校中研究型及教学研究型的大学约有 67%, 食品化学课程在 40 学时以上的高校约占 54%。另外, 不同的学校该专业所达到的层次要求也有不同。本教材正是根据上述国内的教学情况, 其教材内容覆盖了目前我国高校食品化学教学的三个层次。该教材既可供农业院校、综合性大学、工业类及师范类院校食品科学与工程专业教学用, 也可供食品质量与安全专业教学需要。各类院校不同专业都可以从中选择到合适的教学内容。

本教材是他们多年在食品化学方面教学成果的结晶, 是在全面地进行教学现状调研与规划基础上完成的, 并于 2006 年列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 因此本教材适合我国高校目前本专业本科教学的需要, 符合本专业人才培养的要求, 是本届教学指导委员会教

学改革、教材建设的成果之一。

我们相信本教材的出版对我国食品科学与工程等专业的教学水平的提高将有所帮助。本人有幸为本书作序感到十分荣幸，并以此对本书及作者加以鼓励。

教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会主任委员

殷涌光

2007年5月28日

# 前 言

随着世界范围的社会、经济和科学技术的快速发展,各国人民的生活水平明显提高。为更好地满足人们对食品安全、营养、美味、方便的越来越高的需求,传统的食品加工快速向规模化、标准化、工程化及现代化方向发展,以及新工艺、新材料、新装备不断应用等,都极大地推动了食品化学的快速发展。食品化学已成为食品科学的一个重要方面,是食品科学与工程专业的骨干课程。

食品中成分相当复杂,有些成分是动、植物体内原有的;有些是在加工过程、储藏期间新产生的;有些是人为添加的;也有些是原料生产、加工或储藏期间因污染造成的;还有的是包装材料所带来的。很明显,为了提高食品的营养性、享受性和安全性,有必要了解食物生产、食品加工和储藏期间上述成分的变化及其所受的影响。食品化学就是从化学的角度和分子水平上研究食品(包括食物)中上述成分的结构、理化性质、营养作用、安全性及享受性,以及各种成分在原料生产、加工或储藏期间的变化。

随着食品化学的课程建设,食品化学教材建设也得到了各方面的重视,在引进的同时,国内近十年来陆续出版了多本食品化学教科书并投入教学,如王璋等编写的《食品化学》、谢笔钧主编的《食品化学》、阚建全主编的《食品化学》、赵新准主编的《食品化学》及江波等编写的《食品化学》等。

2005年在中国海洋大学召开的食品化学课程研讨会期间,不少高校的一线教师希望我们将食品化学课程建设成果编辑出版。为此我们着手就食品化学教材、食品化学课件、食品化学实验及食品化学复习题等内容进行准备,出版了这套食品化学立体教材。本书被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

教材要不断更新,要反映学科的新成就,才能满足学生的需求。本书在对现有教材研究的基础上,删除了相关章节中与基础生物化学重复的部分内容,相应增加了新的研究成果,如近几年来人们对食品中有毒、有害成分的研究得到了很大发展,涌现出较多新成果和新认识。为此,本书将食品中与安全性相关的成分化学,列为一章专门介绍。为便于师生更快地了解食品化学方面的新成果,本书将相关英文期刊汇总,作为附录,供参考。

本书由中国海洋大学食品科学与工程学院汪东风教授主编,并编写了第1章、2章、4章、7章、11章及第8章的8.1、8.3节。林洪教授编写了第5章。曾名湧教授编写了第10章。张朝晖副教授编写了第3章和第9章。汪东风教授及张莉博士编写了第6章。中国水产科学研究院南海水产研究所李来好研究员、青岛大学天然色素研究所隋晓副教授和安徽农业大学周裔彬副教授分别参与了膳食纤维、天然色素及维生素等章节的编写。中国海洋大学薛长湖教授对本书的编写大纲提出了有益建议,食品化学方向的研究生曹荣、吴昊、孙丽平、刘阮阮等帮助了资料收集等工作,汪曙晖编写了附录。全书由汪东风教授统稿,汪曙晖协助了部分文字及图表的录入工作。

化学工业出版社和中国海洋大学对本书的出版给予了大力支持,我国著名海洋药物及食品学家、中国工程院院士管华诗教授和教育部高等学校食品科学与工程专业教学指导分委员会主任委员殷涌光教授为本书作序鼓励,在此一并致以最真挚的谢意。

本书是在作者为食品科学与工程专业本科生讲授食品化学课程所用讲义基础上,参阅近期国内外的食品化学教材及文献编写而成的,在力求做到系统性和先进性的同时,强调其可读性,但由于作者水平有限,难免存在缺点乃至错误,敬请老师和同学批评指正。

本书配套课件,可到化学工业出版社网站(<http://edu.cip.com.cn>)免费下载。

汪东风

2007年3月8日



# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....             | 1  |
| 1.1 食品化学的概念及发展简史 .....            | 1  |
| 1.1.1 食品化学的概念 .....               | 1  |
| 1.1.2 食品化学发展简史 .....              | 2  |
| 1.1.3 “食品化学”体系的形成与现状 .....        | 3  |
| 1.2 食品化学在食品科学与工程学科中的地位 .....      | 3  |
| 1.2.1 食品化学对食品工业技术发展的作用 .....      | 4  |
| 1.2.2 食品化学对保障人类营养和健康的作用 .....     | 4  |
| 1.3 食品化学的研究方法 .....               | 5  |
| <b>第 2 章 水分</b> .....             | 7  |
| 2.1 水和冰的物理特性 .....                | 7  |
| 2.1.1 水分子及其缔合作用 .....             | 7  |
| 2.1.2 冰和水的结构 .....                | 8  |
| 2.2 食品中水的存在状态 .....               | 10 |
| 2.2.1 水与溶质的相互作用 .....             | 10 |
| 2.2.2 水分存在状态 .....                | 13 |
| 2.3 水分活度 .....                    | 14 |
| 2.3.1 水分活度的定义 .....               | 14 |
| 2.3.2 水分活度对温度的关系 .....            | 14 |
| 2.4 水分的吸着等温线 .....                | 16 |
| 2.4.1 定义和区间 .....                 | 16 |
| 2.4.2 水分吸着等温线与温度的关系 .....         | 17 |
| 2.4.3 滞后现象 .....                  | 18 |
| 2.5 水分活度与食品稳定性 .....              | 18 |
| 2.5.1 食品中 $a_w$ 与微生物生长的关系 .....   | 19 |
| 2.5.2 食品中 $a_w$ 与化学及酶促反应的关系 ..... | 19 |
| 2.5.3 食品中 $a_w$ 与脂质氧化的关系 .....    | 19 |
| 2.5.4 食品中 $a_w$ 与美拉德褐变的关系 .....   | 20 |
| 2.6 冰在食品稳定性中的作用 .....             | 21 |
| 2.7 分子流动性与食品稳定性 .....             | 22 |
| 2.7.1 状态图 .....                   | 22 |
| 2.7.2 分子流动性、状态图与食品性质的关系 .....     | 24 |
| 2.7.3 分子流动性、状态图与食品稳定性 .....       | 26 |
| <b>第 3 章 碳水化合物</b> .....          | 28 |
| 3.1 概述 .....                      | 28 |
| 3.1.1 碳水化合物的一般概念 .....            | 28 |
| 3.1.2 食品原料中的碳水化合物 .....           | 28 |
| 3.1.3 碳水化合物与食品质量 .....            | 29 |
| 3.2 碳水化合物的理化性质及食品功能性 .....        | 29 |

|            |                |            |
|------------|----------------|------------|
| 3.2.1      | 碳水化合物的结构       | 29         |
| 3.2.2      | 碳水化合物的理化性质     | 35         |
| 3.2.3      | 碳水化合物的食品功能性    | 39         |
| 3.2.4      | 非酶褐变反应         | 42         |
| 3.3        | 食品中的重要低聚糖和多糖   | 55         |
| 3.3.1      | 食品中重要的低聚糖      | 56         |
| 3.3.2      | 淀粉及糖原          | 57         |
| 3.3.3      | 纤维素和半纤维素       | 64         |
| 3.3.4      | 果胶             | 66         |
| 3.3.5      | 琼脂             | 68         |
| 3.3.6      | 卡拉胶            | 68         |
| 3.3.7      | 褐藻胶            | 69         |
| 3.3.8      | 海藻硒多糖          | 70         |
| 3.3.9      | 甲壳质与壳聚糖        | 71         |
| 3.3.10     | 瓜尔豆胶和角豆胶       | 73         |
| 3.3.11     | 黄蓍胶            | 74         |
| 3.3.12     | 微生物多糖          | 74         |
| 3.3.13     | 魔芋葡甘露聚糖        | 75         |
| 3.3.14     | 阿拉伯树胶          | 76         |
| 3.4        | 膳食纤维           | 77         |
| 3.4.1      | 膳食纤维的结构与性质     | 77         |
| 3.4.2      | 膳食纤维的代谢        | 79         |
| 3.4.3      | 膳食纤维的生理功能      | 79         |
| 3.4.4      | 膳食纤维的安全性       | 80         |
| <b>第4章</b> | <b>脂类</b>      | <b>82</b>  |
| 4.1        | 概述             | 82         |
| 4.1.1      | 脂类的命名          | 82         |
| 4.1.2      | 分类             | 84         |
| 4.1.3      | 天然脂肪中脂肪酸的分布    | 85         |
| 4.2        | 脂类的物理性质        | 87         |
| 4.2.1      | 脂类的一般物理性质      | 87         |
| 4.2.2      | 油脂的同质多晶现象      | 88         |
| 4.2.3      | 油脂的塑性          | 89         |
| 4.2.4      | 油脂的乳化和乳化剂      | 89         |
| 4.3        | 脂类的化学性质        | 90         |
| 4.3.1      | 脂类的水解          | 90         |
| 4.3.2      | 脂类的氧化          | 90         |
| 4.3.3      | 脂类在高温下的化学反应    | 95         |
| 4.3.4      | 油脂加工化学         | 96         |
| <b>第5章</b> | <b>蛋白质</b>     | <b>100</b> |
| 5.1        | 氨基酸和蛋白质的物理化学性质 | 100        |
| 5.1.1      | 氨基酸的性质简介       | 100        |
| 5.1.2      | 氨基酸的反应         | 101        |
| 5.1.3      | 氨基酸的呈味性质       | 102        |

|            |                     |            |
|------------|---------------------|------------|
| 5.2        | 蛋白质的结构              | 106        |
| 5.2.1      | 蛋白质的一级结构            | 106        |
| 5.2.2      | 蛋白质的空间结构            | 106        |
| 5.2.3      | 蛋白质的结构与功能的关系        | 108        |
| 5.3        | 蛋白质的分类              | 109        |
| 5.3.1      | 按氨基酸的种类和数量分类        | 109        |
| 5.3.2      | 按蛋白质的溶解度分类          | 109        |
| 5.3.3      | 按蛋白质的化学成分分类         | 109        |
| 5.4        | 蛋白质的变性              | 109        |
| 5.4.1      | 变性的定义               | 109        |
| 5.4.2      | 变性的机理               | 110        |
| 5.4.3      | 变性蛋白质的特性            | 110        |
| 5.4.4      | 变性的影响因素及其作用机理       | 111        |
| 5.4.5      | 高压和热结合处理对牛肉蛋白质变性的影响 | 113        |
| 5.4.6      | 冷冻对水产品蛋白质变性的影响      | 114        |
| 5.5        | 蛋白质的功能性质            | 114        |
| 5.5.1      | 蛋白质的界面性质            | 115        |
| 5.5.2      | 黏弹性                 | 120        |
| 5.5.3      | 胶凝作用                | 121        |
| 5.5.4      | 水化性质                | 122        |
| 5.5.5      | 溶解性                 | 122        |
| 5.5.6      | 黏度                  | 123        |
| 5.6        | 食品蛋白质原料特性及新型蛋白质开发   | 123        |
| 5.6.1      | 肌肉蛋白                | 123        |
| 5.6.2      | 酪蛋白                 | 123        |
| 5.6.3      | 乳清蛋白                | 124        |
| 5.6.4      | 小麦蛋白质               | 124        |
| 5.6.5      | 大豆蛋白质               | 125        |
| 5.6.6      | 新型蛋白质资源的开发          | 125        |
| 5.7        | 蛋白质的营养及安全性          | 127        |
| 5.7.1      | 蛋白质的质量              | 127        |
| 5.7.2      | 消化率                 | 128        |
| 5.7.3      | 有毒蛋白质类              | 129        |
| 5.8        | 蛋白质在食品加工和储藏中的变化     | 129        |
| 5.8.1      | 食品加工方法对蛋白质质量的影响     | 129        |
| 5.8.2      | 食品加工对蛋白质损失的机理       | 131        |
| 5.8.3      | 加工对蛋白质营养价值的影响       | 132        |
| 5.9        | 蛋白质对色香味的影响          | 134        |
| 5.9.1      | 蛋白质的苦味              | 134        |
| 5.9.2      | 蛋白质的异味              | 134        |
| 5.9.3      | 天然蛋白质衍生物的甜味         | 135        |
| 5.9.4      | 风味结合                | 135        |
| <b>第6章</b> | <b>酶</b>            | <b>137</b> |
| 6.1        | 概述                  | 137        |

|            |                   |            |
|------------|-------------------|------------|
| 6.1.1      | 酶的化学本质            | 137        |
| 6.1.2      | 酶的辅助因子及其在酶促反应中的作用 | 138        |
| 6.1.3      | 同工酶               | 138        |
| 6.1.4      | 酶作为催化剂的特点         | 138        |
| 6.2        | 影响酶催化反应的因素        | 138        |
| 6.2.1      | 底物浓度的影响           | 139        |
| 6.2.2      | pH对酶反应速率的影响       | 139        |
| 6.2.3      | 温度对酶反应速率的影响       | 139        |
| 6.2.4      | 水分活度对酶活力的影响       | 141        |
| 6.2.5      | 酶浓度对酶反应速率的影响      | 141        |
| 6.2.6      | 激活剂对酶反应速率的影响      | 141        |
| 6.2.7      | 抑制剂对酶催化反应速率的影响    | 142        |
| 6.2.8      | 其他因素的影响           | 143        |
| 6.3        | 酶在食品加工及保鲜中的作用     | 144        |
| 6.3.1      | 氧化还原酶             | 144        |
| 6.3.2      | 水解酶               | 145        |
| 6.3.3      | 异构酶               | 149        |
| 6.3.4      | 转移酶               | 149        |
| 6.4        | 酶与食品质量的关系         | 149        |
| 6.4.1      | 与色泽相关的酶           | 149        |
| 6.4.2      | 与质地相关的酶           | 151        |
| 6.4.3      | 与风味相关的酶           | 155        |
| 6.4.4      | 与营养相关的酶           | 156        |
| 6.5        | 固定化酶在食品工业上的应用     | 157        |
| 6.5.1      | 固定化酶的评价指标及性质      | 157        |
| 6.5.2      | 固定化酶在食品中的应用       | 159        |
| <b>第7章</b> | <b>维生素与矿质元素</b>   | <b>161</b> |
| 7.1        | 概述                | 161        |
| 7.2        | 影响食品中维生素含量的因素     | 162        |
| 7.2.1      | 维生素的稳定性           | 162        |
| 7.2.2      | 原料成熟度对维生素含量的影响    | 163        |
| 7.2.3      | 采后及储藏过程中维生素的变化    | 163        |
| 7.2.4      | 谷类食物在研磨过程中维生素的损失  | 164        |
| 7.2.5      | 浸提和热烫过程中维生素的损失    | 165        |
| 7.2.6      | 化学药剂处理过程中维生素的损失   | 165        |
| 7.2.7      | 维生素的每日参考摄入量的确定    | 165        |
| 7.3        | 食品中的维生素           | 166        |
| 7.3.1      | 维生素A              | 167        |
| 7.3.2      | 维生素D              | 169        |
| 7.3.3      | 维生素E              | 170        |
| 7.3.4      | 维生素K              | 172        |
| 7.3.5      | 维生素B <sub>1</sub> | 173        |
| 7.3.6      | 维生素B <sub>2</sub> | 176        |
| 7.3.7      | 泛酸                | 177        |

|               |                     |            |
|---------------|---------------------|------------|
| 7.3.8         | 维生素 B <sub>5</sub>  | 178        |
| 7.3.9         | 维生素 B <sub>6</sub>  | 179        |
| 7.3.10        | 维生素 H               | 180        |
| 7.3.11        | 维生素 B <sub>11</sub> | 180        |
| 7.3.12        | 维生素 B <sub>12</sub> | 181        |
| 7.3.13        | 硫辛酸                 | 183        |
| 7.3.14        | 维生素 C               | 183        |
| 7.4           | 食品中的矿质元素            | 185        |
| 7.4.1         | 食品中矿质元素的特性          | 185        |
| 7.4.2         | 食品中的矿质元素的含量及影响因素    | 187        |
| 7.4.3         | 矿质元素的理化性质           | 189        |
| 7.4.4         | 食品中矿质元素的利用率         | 191        |
| <b>第 8 章</b>  | <b>食品色素和着色剂</b>     | <b>192</b> |
| 8.1           | 概述                  | 192        |
| 8.1.1         | 食品中色素来源             | 192        |
| 8.1.2         | 食品中色素分类             | 192        |
| 8.2           | 食品中原有的色素            | 193        |
| 8.2.1         | 四吡咯衍生物类色素           | 193        |
| 8.2.2         | 类胡萝卜素               | 200        |
| 8.2.3         | 多酚类色素               | 204        |
| 8.2.4         | 甜菜色素                | 212        |
| 8.3           | 食品中添加的着色剂           | 214        |
| 8.3.1         | 天然色素                | 214        |
| 8.3.2         | 人工合成色素              | 217        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>食品风味</b>         | <b>220</b> |
| 9.1           | 食品中的呈味物质            | 220        |
| 9.1.1         | 食品的味                | 220        |
| 9.1.2         | 甜味                  | 221        |
| 9.1.3         | 苦味                  | 222        |
| 9.1.4         | 酸味                  | 223        |
| 9.1.5         | 咸味                  | 223        |
| 9.1.6         | 鲜味                  | 224        |
| 9.1.7         | 辣味                  | 224        |
| 9.1.8         | 涩味                  | 225        |
| 9.2           | 食品中的风味成分            | 226        |
| 9.2.1         | 植物性食品的香气成分          | 226        |
| 9.2.2         | 动物性食品的风味物质          | 229        |
| 9.3           | 风味化合物的形成途径          | 232        |
| 9.3.1         | 酶促反应                | 232        |
| 9.3.2         | 非酶促反应               | 235        |
| <b>第 10 章</b> | <b>食品添加剂</b>        | <b>237</b> |
| 10.1          | 概述                  | 237        |
| 10.1.1        | 食品添加剂的种类            | 237        |
| 10.1.2        | 食品添加剂使用原则及注意事项      | 237        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 10.2 常用非天然食品添加剂                | 237        |
| 10.2.1 酸度调节剂                   | 237        |
| 10.2.2 防腐剂                     | 240        |
| 10.2.3 抗氧化剂                    | 243        |
| 10.2.4 甜味剂                     | 245        |
| 10.2.5 膨松剂                     | 248        |
| 10.2.6 水分保持剂                   | 249        |
| 10.2.7 稳定剂和增稠剂                 | 249        |
| 10.2.8 其他                      | 250        |
| 10.3 常用天然食品添加剂                 | 251        |
| 10.3.1 常用的天然食品防腐剂              | 251        |
| 10.3.2 常用的天然食品抗氧化剂             | 254        |
| 10.3.3 常用的天然增味剂                | 257        |
| 10.3.4 常用的天然食品乳化剂              | 260        |
| 10.3.5 常用的天然食品增稠剂              | 261        |
| <b>第11章 食品中有害成分</b>            | <b>265</b> |
| 11.1 内源性有害成分                   | 266        |
| 11.1.1 过敏源                     | 266        |
| 11.1.2 有害糖苷                    | 267        |
| 11.1.3 有害氨基酸                   | 268        |
| 11.1.4 凝集素                     | 269        |
| 11.1.5 皂素                      | 271        |
| 11.1.6 水产食物中有害成分               | 272        |
| 11.2 外源性有害成分                   | 275        |
| 11.2.1 食品中重金属元素                | 275        |
| 11.2.2 农药残留                    | 276        |
| 11.2.3 二噁英及其类似物                | 278        |
| 11.2.4 兽药                      | 280        |
| 11.3 食品中抗营养素                   | 284        |
| 11.3.1 植酸及草酸                   | 284        |
| 11.3.2 多酚类化合物                  | 285        |
| 11.3.3 消化酶抑制剂                  | 287        |
| 11.4 加工及储藏中产生的有毒、有害成分          | 289        |
| 11.4.1 烧烤、油炸及烟熏等加工中产生的有毒、有害成分  | 289        |
| 11.4.2 硝酸盐、亚硝酸盐及亚硝胺            | 294        |
| 11.4.3 氯丙醇                     | 295        |
| 11.4.4 容具和包装材料中的有毒有害物质         | 296        |
| <b>附录 刊载与食品化学内容相关的主要英文期刊简介</b> | <b>297</b> |
| <b>参考文献</b>                    | <b>300</b> |

# 第 1 章 绪 论

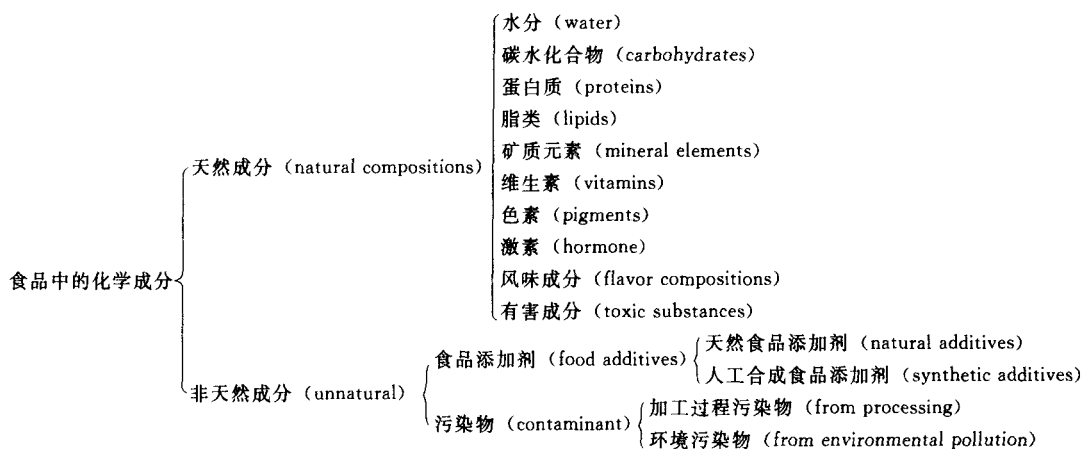
## 1.1 食品化学的概念及发展简史

### 1.1.1 食品化学的概念

营养素 (nutrients) 是指那些能维持人体正常生长发育和新陈代谢所必需的物质。人体所需要的营养物质较多, 从化学性质及对人体营养的作用可将人体所需要的营养物质分为 6 类: 水、碳水化合物、蛋白质、脂类、矿质元素和维生素。

食物或食料 (foodstuff) 是指含有营养素的物料。将上述物料进行加工 (包括从简单的清洗到现代化的工厂加工) 以满足人们的营养和感官需要的产品称为食品 (food)。也就是说营养性和享受性是食品的两大属性。食品的营养性主要与食品中一些营养成分有关, 其数量有限, 研究也较清楚。食品的享受性涉及内容较多, 除与人们的文化背景、喜好有关外, 它涉及食品的颜色、质构、风味和形状等内容, 与其相应的化学成分更为复杂。

食品的化学组成可分为:



食品中成分相当复杂, 有些成分是动、植物体内原有的; 有些是在加工过程、储藏期间新产生的; 有些是人为添加的; 也有些是原料生产、加工或储藏期间所污染; 还有的是包装材料所带来的。很明显, 食品化学 (food chemistry) 就是从化学的角度和分子水平上研究食品 (包括食物) 中上述成分的结构、理化性质、营养作用、安全性及可享受性, 以及各种成分在食物生产、食品加工和储藏期间的变化及其对食品营养性、享受性和安全性影响的科学; 是为改善食品品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、科学调整膳食结构、改进食品包装、加强食品质量与安全控制及提高食品原料加工和综合利用水平奠定理论基础的科学。

由此可见, 食品化学研究的内涵和要素较为广泛, 涉及化学、生物化学、物理化学、植物学、动物学、食品营养学、食品安全、高分子化学、环境化学、毒理学和分子生物学等诸多学科与领域, 是一门交叉性明显的应用学科。其中食品化学与化学及生物化学尤为紧密, 是化学及生物化学在食品方面的应用, 但食品化学与化学及生物化学研究的内容又有明显的不同, 化

学侧重于研究分子的构成、性质及反应，生物化学侧重于研究生命体内各种成分在生命的适宜条件或较适宜条件下的变化，而食品化学侧重于研究动、植物及微生物中各成分在生命的不适宜条件下，如冰藏、加热、干燥等条件下各种成分的变化，在复杂的食品体系中不同成分之间的相互作用，各种成分的变化和相互作用与食品的营养、安全及感官享受（色、香、味、形）之间的关系。

### 1.1.2 食品化学发展简史

食品化学成为一门独立学科的时间不长，它的起源虽然可追溯到远古时代，但与食品化学相关的研究和报道则始于18世纪末期。在这个时期，一些化学家、植物学家等开始以食物为对象，从中分离某些成分。1847年出版的《食品化学研究》是本学科第一本有关食品化学方面的书籍。

随着食品交易的进行，人们对检测食品中水分、非食品成分的要求越来越强烈，并随着分析手段的进步，人们对食品中天然特性了解的欲望也日益增强。因此，在1820~1850年期间，化学及食品化学研究开始在欧洲有重要地位，极大地推动着食品化学的发展。1860年，德国学者 Hanneberg W. 和 Stohman F. 介绍了一种综合测定食品中不同成分的方法：先将某一样品分成几部分，测其水分含量、粗脂肪、灰分和氮，将氮乘以6.25得蛋白质含量。其后不久，人们发现仅食用蛋白质、脂肪和碳水化合物的膳食不足以维持人类生命。

到了20世纪，随着分析技术的进步及生物化学等学科发展，特别是食品工业的快速发展，面临着食品加工新工艺的出现、储藏期的延长等需要，食品化学得到了较快发展，有关食品化学方面的研究及论文也日渐增多，刊载食品化学方面论文的期刊也日益增多，主要有 Agricultural and Biological Chemistry (1923 创刊)、Journal of Food Nutrition (1928 年创刊)、Archives of Biochemistry and Biophysics (1942 年创刊)、Journal of Food Science and Agricultural (1950 年创刊)、Journal of Agricultural and Food Chemistry (1953 年创刊) 及 Food Chemistry (1966 年创刊) 等刊物。随着食品化学的文献的日益增多和有关食品化学方面研究的深入及系统性增加，逐渐形成了食品化学较为完整的体系。

夏延斌、杨瑞金等学者根据国内外文献将食品化学的发展归纳成四个阶段：第一阶段，天然动植物特征成分的分离与分析阶段。该时期是在化学学科发展的基础上，化学家应用有关分离与分析食物的理论与手段，对很多食物特征成分如乳糖、柠檬酸、苹果酸和酒石酸等进行了大量研究，积累了许多零散的有关食物成分的分析资料。第二阶段，19世纪早期（1820~1850年），食品化学在农业化学发展的过程中得到不断充实，开始在欧洲占据重要地位，体现在建立了专门的化学研究实验室，创立了新的化学研究杂志。与此同时，食品中的掺假日益严重，检测食品中杂质的要求成为食品化学发展的一个主要推动力。在此期间，Justus von Liebig 优化了定量分析有机物质的方法，并于1847年出版了《食品化学研究》。第三阶段，19世纪中期英国的 Arthur Hill Hassall 绘制了显示纯净食品材料和掺杂食品材料的微观形象的示意图，将食品的微观分析提高至一个重要地位。1871年 Jean Baptis M. D. M. 提出一种观点：仅由蛋白质、碳水化合物和脂肪组成的膳食不足以维持人类的生命。人类对自身营养状况及食品摄入的关注，进一步推动食品化学的发展。20世纪前半期，食品中多数成分被逐渐揭示，食品化学的文献也日益增多，到了20世纪中期，食品化学就逐渐成为一门独立的学科。

目前食品化学的发展处于第四阶段。随着世界范围的社会、经济和科学技术的快速发展和各国人民生活水平的明显提高，为更好地满足人们对食品安全、营养、美味、方便食品的越来越高的需求，以及传统的食品加工快速向规模化、标准化、工程化及现代化方向发展，新工艺、新材料、新装备不断应用，极大地推动了食品化学的快速发展。另外，基础化学、生物化学、仪器分析等相关科学的快速发展也为食品化学的发展提供了条件和保证。食品化学已成为食品科学的一个重要方面。



### 1.1.3 “食品化学”体系的形成与现状

#### 1.1.3.1 国外“食品化学”体系的形成与现状

食品化学的教学是随着食品科学的教学和发展而逐步完善起来的,至20世纪60年代末才形成比较完整的体系。1976年到1985年间,美国、日本、德国等国出版了一些较权威的食品化学著作,其中有林淳三编写的《最新食品化学》(日本)、楼井芳人编写的《食品化学》(日本)、Owen R. Fennema 主编的《食品化学》(美国)及 Belitz H. D. 主编的《食品化学》(德国)等教材。随着食品行业对食品工作者提出更高的要求,国外高校的食品化学课程也随之更新。美国学者 Fennema 对当今食品化学教材的体系的形成和发展做出了极大的贡献,他三次主持编写《食品化学》一书,并不断进行内容的充实和系统化,现已被多国学者所接受。1995年发行的 Fennema 第三版《食品化学》已被世界多国的高等院校作为教学参考书。在欧美、日本等国,食品化学都是食品科学与工程专业的专业基础课,其教学目的是为学生今后从事食品加工、保藏、安全、检测和开发新产品提供宽广的理论基础和基本技术技能。

#### 1.1.3.2 国内“食品化学”体系的形成与现状

我国最早开设的食品化学课程是食品生物化学,这与当时在本专业尚未开设生物化学有关。到了20世纪80年代,随着生物化学的开设,食品化学就取代了食品生物化学,并逐渐成为食品科学与工程各专业的骨干课程。在国内原无锡轻工业大学率先开设“食品化学”课程,该课程采用由 Fennema 主编的《食品化学》(第二版)英文版作为参考教材。在1991年 Fennema 主编的《食品化学》(第二版)中译本出版后,成为各高校教学的参考书。随后该校王璋教授等根据 Fennema 主编的《食品化学》教材和国内外食品化学的最新发展,编写出版了《食品化学》教材。经过多年的实践证实,该教材在我国食品类专业高等教育中发挥着重要的作用。随着我国食品工业在国民经济中已发展成为支柱性产业,其后许多高校也相继在食品科学、食品工程等专业,开设了食品化学课程。尽管各大学食品化学的课程名称不完全一致,例如,华中农业大学称为“食品化学与分析”,西南农业大学称为“食品化学与营养学”,但是其食品化学部分的教学基本上都有理论教学和实验教学两部分,而且理论部分的教学内容都差异不大。为适应我国食品教学、科研和食品加工生产的需要,在引进教材的同时,国内近十年来陆续出版了多本食品化学教科书并投入教学。食品化学教学学分一般为2~3,并配有1个学分的食品化学实验课程。

## 1.2 食品化学在食品科学与工程学科中的地位

食品科学与工程科学是建立在食品工业基础上的对食品原料、加工、包装、物流、技术装备、生产过程自动控制、食品安全与质量控制、饮食与人类健康、法规与标准,以及食品企业管理与可持续发展等有关的基础理论和工程研究体系。食品从原料生产,经过储藏、运输、加工到产品销售,每一个过程无不涉及一系列的化学和生物化学变化。有些变化会产生各种有营养性和享受性成分,也有些变化会产生非需宜的甚至是有害的成分。食品化学就是要阐明食品在加工、储运等过程中食品中成分之间的化学反应历程、中间产物和最终产物的化学结构及其与食品的营养价值、感官质量、安全性和对人体健康的影响,为食品加工及储藏工艺、新技术和新产品的研究与开发、膳食结构的科学调量和食品包装改进等,提供理论依据和基础。近年来,在控制食品中各种物质的组成、性质、结构、功能和相互作用机制,复杂的食品体系的营养性和享受性的化学本质,寻找新的食品资源和食品原料中可再生资源利用的化学基础等方面的研究,也已构成了食品化学的重要内容。随着科技的进步和基础学科在食品科学方面的应用,食品化学在揭示食品与营养方面有了较快发展,如分子营养学、比较营养学等内容不断涌现,食品中有毒、有害成分化学的研究,已成为保障食品质量与