



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



教育部普通高等教育精品教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品化学

## 第二版

汪东风 主编



化学工业出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



教育部普通高等教育精品教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 食品化学

第二版

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，主要包括水分、碳水化合物、脂类、蛋白质、维生素、矿质元素、酶、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. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2014.7

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-122-20603-9

I. ①食… II. ①汪… 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 092024 号

责任编辑: 赵玉清  
责任校对: 王素芹

文字编辑: 丁建华  
装帧设计: 尹琳琳

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 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张21½ 字数538千字 2014年8月北京第2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: 36.00 元

版权所有 违者必究

## 编写人员

主 编 汪东风 (中国海洋大学)  
编 者 林 洪 (中国海洋大学)  
辛志宏 (南京农业大学)  
王明林 (山东农业大学)  
周裔彬 (安徽农业大学)  
李宏军 (山东理工大学)  
张朝辉 (中国海洋大学)  
张 莉 (中国海洋大学)  
汪曙晖 (中国海洋大学)  
吴 昊 (青岛农业大学)

# 序 言

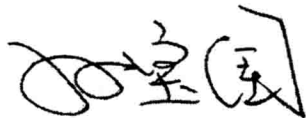
食品化学是食品科学与工程各专业的专业基础课，也是本专业的骨干课程之一。食品化学研究的内涵和要素较为广泛，涉及有机化学、生物化学、物理化学、分析化学、植物学、动物学、食品营养学、食品安全、高分子化学、环境化学、毒理学和分子生物学等诸多学科与领域，是一门交叉性明显的应用学科。

食品在人们生活中占有重要地位，民以食为天！一个好的食品应具有三个属性：安全性、营养性和享受性。也就是说一个食品不仅要好看好吃，老百姓喜爱；还要有营养性和安全性。食品是一个复杂的体系，构成成分很多，有来源于原料的，有来源于人为添加的，也有在加工和贮藏过程新产生的，还有在原料生产、加工和贮藏过程中污染的。本教材依据食品的安全性、营养性和享受性等基本属性，将复杂的化学成分进行归类 and 编排章节，从化学成分的结构、性质、在加工与贮藏中的变化及它们对食品的安全性、营养性和享受性的影响等方面，系统地进行了介绍。

本教材除有较强的系统性外，在内容上，较好地与基础课程相衔接，吸收了本行业及与之相关学科的新知识、新技术、新成果，较好地学科前沿发展动态呈现给学生，可增强学生的专业兴趣、求知欲望和自信心。另外，为便于相关师生更快地了解食品化学方面的新成果和各国在食品质量管理、食品安全、营养等方面的研究动态，该教材还将相关英文期刊信息、重要网站进行汇总介绍，作为附录，供其参考。

本书作者都是多年从事食品科学研究和教学的专家和教授，他们编写的《食品化学》第一版是国家级精品教材，也是教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。他们在第一版基础上，本着“厚基础、宽口径”和“创新型人才”等本科人才培养目标的需要，进行了修订，以《食品化学》第二版的版本出版，现已列为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。相信本教材的出版，对提高食品科学与工程专业的教学质量和行业研究水平都有重要的作用。特此作序，以资鼓励。

中国工程院院士  
北京工商大学副校长、博士生导师



2014年3月

# 第一版序言一

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 and 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

## 第一版序言二

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

Handwritten signature in black ink, reading '殷涌光' (Yin Yongguang).

2007 年 5 月 28 日



# 前 言

《食品化学》(第一版)为教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,自2007年8月由化学工业出版社出版发行以来,受到了多数高校师生的欢迎,取得了良好的社会效益和经济效益。五年来重印9次,销售3万多册;2008年获国家级精品教材,2009年获中国海洋大学优秀教材一等奖,2011年获山东省高校优秀教材二等奖等,此后又进一步被教育部评为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。这些成绩的取得是对我们工作的肯定和鼓励,激励我们更加努力地为学生服务。

食品科学学科是关系人类生存与发展的重要学科之一。它融合了生物学、化学、农学、物理学、医学、材料学、工程学与管理学等多学科的理论和方法,是以综合性和应用性为特色的交叉学科。多年来食品科学工作者正是应用了上述基础学科的理论和方法,不断地研究食品的安全性、营养性、享受性及质量控制等,形成了食品化学、食品营养、食品分析、食品工艺等多个学科。

食品是一个复杂的体系,构成成分很多。这些成分有些是食品原料中固有的,有些是在加工和贮藏过程产生的,有些是人为添加的,也有些是在原料生产、加工或贮藏过程中所污染的。它们是赋予食品安全性、营养性和享受性的化学基础。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、营养功能、安全性及可享受性,以及它们在食品加工和贮藏期间的变化、影响因素及其对食品营养性、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、创新食品加工工艺和贮运技术、科学引导膳食结构、改进食品保鲜、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。

《食品化学》(第二版)编写的指导思想和第一版基本相同,在考虑内容系统性的同时,强调实用性、可读性和先进性。因此,本教材依据食品的安全性、营养性和享受性等基本属性,将复杂的化学成分进行归类 and 编排章节。从营养性角度,将六大营养素分章介绍,共有6章;食品的享受性与食品的色素和着色剂、食品中风味成分和人工添加的成分有密切关系,特此分3章介绍;在食品原料中往往有内源性及外源性有害成分,在加工或贮藏过程中也会产生一些污染或有害成分,它们的存在都对食品的安全性有重要影响,为此设食品中有害成分一章进行介绍;由于食品原料及在加工和贮藏过程常涉及酶,酶的种类及活性对食品的安全性、营养性和享受性都有重要影响,因此,酶学这一章中就食品中常见酶的种类、对食品的安全性、营养性和享受性的影响等进行了介绍。

围绕国家战略发展需求,食品学科与工程专业发展很快,基本形成了“宽口径、厚基础、强应用、求创新”的人才培养模式。食品化学是本专业的专业基础课,也是本专业的主干课程之一,各高校本专业都对食品化学给予了极大重视。由于目前各高校都加强了基础课程的教学和电子图书及资料的建设,本教材第二版除尽量减少基础课程可讲授的部分内容外,还力求减少能被电脑、智能手机等外部智能辅助设备方便获取的“文献资料式”的知识,相应增加了近几年本专业新的研究成果。为便于教学,每章开始前增加了本章要点,每章结束后列出了近期的相关参考文献,以方便读者查询阅读。为培养学生自主学习和创新的能力,本教材将重要的与食品化学相关的英文核心期刊及网站作为附录内容进行拓展阅读。

全书由汪东风教授主编，并修订了第1章~第3章及第12章（吴昊博士协助）；王明林教授修订了第4章；林洪教授修订了第5章；汪曙晖博士编写了第6章、第7章及修订了附录；张莉副教授修订了第8章；周裔彬教授和汪曙晖博士修订了第9章；张朝辉副教授和李宏军教授修订了第10章；辛志宏教授和李宏军教授修订了第11章。上海师范大学魏新林教授、暨南大学欧仕益教授、昆明理工大学孙丽平教授、浙江海洋学院张宾副教授、齐鲁大学李海燕博士等对本教材的修订提出了宝贵建议，或参加了部分章节的修订。全书由汪东风教授定稿。

本教材在编写和审稿过程中得到化学工业出版社、中国海洋大学及许多高等院校同行及广大读者的热情鼓励和支持，中国海洋大学、山东农业大学、青岛农业大学等高校的食品科学与工程学院历届用过第一版的师生，在使用过程中认真钻研，对第一版的内容提出不少中肯的意见，这些都对第二版的修订起了很好的作用。中国工程院院士，北京工商大学副校长孙宝国教授百忙中特为本书作序鼓励。在此一并致以最真挚的谢意。

本教材各章执笔人员都有丰富的教学经验和较深厚的食品科学方面研究经历，正是他们在第一版的基础上，又参阅了近期国内外的食品化学教材及文献，使《食品化学》的第二版更具有系统性、先进性和可读性。但由于食品化学发展很快，作者水平有限，难免存在缺点及疏漏，敬请老师和同学们批评指正。

汪东风

2014年3月

# 第一版前言

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》、赵新淮主编的《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、3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4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、刘源源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的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	<b>第 3 章 碳水化合物</b> .....	29
1.1 食品化学的概念及发展简史 .....	1	3.1 概述 .....	29
1.1.1 食品化学的概念 .....	1	3.1.1 碳水化合物的一般概念 .....	29
1.1.2 食品化学发展简史 .....	2	3.1.2 食品原料中的碳水化合物 .....	29
1.1.3 “食品化学”体系的形成与现状 .....	3	3.1.3 碳水化合物与食品质量 .....	30
1.2 食品化学在食品科学与工程学科中的 地位 .....	4	3.2 碳水化合物的理化性质及食品功 能性 .....	31
1.2.1 食品化学对食品工业技术发展的 作用 .....	4	3.2.1 碳水化合物的结构 .....	31
1.2.2 食品化学对保障人类营养和健康 的作用 .....	5	3.2.2 碳水化合物的理化性质 .....	37
1.3 食品化学的研究方法 .....	5	3.3 碳水化合物的食品功能性 .....	41
<b>第 2 章 水分</b> .....	7	3.3.1 亲水功能 .....	41
2.1 水和冰的物理特性 .....	7	3.3.2 黏度与凝胶作用 .....	42
2.1.1 水分子及其缔合作用 .....	7	3.3.3 风味结合功能 .....	44
2.1.2 冰和水的结构 .....	8	3.3.4 碳水化合物褐变产物与食品 风味 .....	45
2.2 食品中水的存在状态 .....	10	3.3.5 甜度 .....	45
2.2.1 水与溶质的相互作用 .....	10	3.4 非酶褐变反应 .....	45
2.2.2 食品中水分存在状态 .....	13	3.4.1 非酶褐变的类型及历程 .....	45
2.3 水分活度 .....	14	3.4.2 非酶褐变对食品的影响 .....	52
2.3.1 水分活度的定义 .....	14	3.4.3 影响非酶褐变反应的因素及控制 方法 .....	57
2.3.2 水分活度对温度的关系 .....	15	3.5 食品中重要的低聚糖和多糖简介 .....	59
2.4 水分吸着等温线 .....	16	3.5.1 食品中重要的低聚糖 .....	59
2.4.1 定义和区间 .....	16	3.5.2 淀粉及糖原 .....	61
2.4.2 水分吸着等温线与温度的关系 .....	18	3.5.3 纤维素和半纤维素 .....	68
2.4.3 滞后现象 .....	19	3.5.4 果胶 .....	70
2.5 水分活性与食品稳定性 .....	19	3.5.5 琼脂 .....	72
2.5.1 食品中 $a_w$ 与微生物生长的关系 ..	20	3.5.6 卡拉胶 .....	72
2.5.2 食品中 $a_w$ 与化学及酶促反应 的关系 .....	20	3.5.7 褐藻胶 .....	74
2.5.3 食品中 $a_w$ 与脂质氧化的关系 .....	20	3.5.8 海藻硒多糖 .....	75
2.5.4 食品中 $a_w$ 与美拉德褐变的关系 ..	21	3.5.9 甲壳质与壳聚糖 .....	76
2.6 冷冻在食品稳定性中的作用 .....	22	3.5.10 瓜尔豆胶和角豆胶 .....	77
2.7 分子流动性与食品稳定性 .....	23	3.5.11 黄耆胶 .....	77
2.7.1 状态图 .....	23	3.5.12 微生物多糖 .....	78
2.7.2 分子流动性、状态图与食品性质 的关系 .....	25	3.5.13 魔芋葡甘露聚糖 .....	79
2.7.3 分子流动性、状态图与食品稳 定性 .....	27	3.5.14 阿拉伯树胶 .....	79
参考文献 .....	28	3.6 膳食纤维 .....	80
		3.6.1 膳食纤维的结构与性质 .....	81
		3.6.2 膳食纤维的代谢 .....	82
		3.6.3 膳食纤维的生理功能 .....	83

3.6.4 膳食纤维的安全性 .....	83	5.6.1 昆虫蛋白资源 .....	122
参考文献 .....	84	5.6.2 单细胞蛋白 .....	122
<b>第4章 脂类</b> .....	85	5.6.3 叶蛋白 .....	123
4.1 概述 .....	85	5.6.4 油料蛋白 .....	123
4.1.1 脂类的作用 .....	85	参考文献 .....	124
4.1.2 脂类的命名 .....	85	<b>第6章 维生素</b> .....	125
4.1.3 分类 .....	88	6.1 概述 .....	125
4.1.4 天然脂肪中脂肪酸的分布 .....	88	6.2 影响食品中维生素含量的因素 .....	126
4.2 脂类的物理特性 .....	90	6.2.1 维生素的稳定性 .....	126
4.2.1 脂类的一般物理性质 .....	90	6.2.2 原料成熟度对维生素含量的影响 .....	126
4.2.2 油脂的同质多晶现象 .....	91	6.2.3 采收及贮藏过程中维生素的变化 .....	126
4.2.3 油脂的塑性 .....	92	6.2.4 在研磨过程中维生素的损失 .....	127
4.2.4 油脂的乳化和乳化剂 .....	93	6.2.5 浸提和热烫过程中维生素的损失 .....	127
4.3 脂类的化学性质 .....	94	6.2.6 化学药剂处理过程中维生素的损失 .....	128
4.3.1 脂类的水解 .....	94	6.2.7 维生素的每日参考摄入量的确定 .....	129
4.3.2 脂类的氧化 .....	94	6.3 食品中的维生素 .....	130
4.3.3 脂类在高温下的化学反应 .....	99	6.3.1 食品中常见的脂溶性维生素 .....	130
4.3.4 油脂加工化学 .....	100	6.3.2 食品中常见的水溶性维生素 .....	137
参考文献 .....	103	参考文献 .....	149
<b>第5章 蛋白质</b> .....	104	<b>第7章 矿质元素</b> .....	150
5.1 食品中常见的蛋白质 .....	104	7.1 概述 .....	150
5.1.1 植物性蛋白质 .....	104	7.1.1 化学元素的定义与分类 .....	150
5.1.2 动物性蛋白质 .....	105	7.1.2 矿质元素功能 .....	151
5.2 蛋白质的结构 .....	105	7.2 矿质元素在食品中的存在状态 .....	152
5.2.1 蛋白质的组成 .....	105	7.2.1 与单糖及氨基酸的结合 .....	152
5.2.2 蛋白质的一级结构 .....	105	7.2.2 与草酸及植酸的结合 .....	153
5.2.3 蛋白质的二级结构 .....	106	7.2.3 与核苷酸的结合 .....	153
5.2.4 蛋白质的三级结构 .....	106	7.2.4 与环状配体的结合 .....	154
5.2.5 蛋白质的高级结构 .....	107	7.2.5 与蛋白质的结合 .....	155
5.3 蛋白质的功能性 .....	108	7.2.6 与多糖类的结合 .....	158
5.3.1 水合性质 .....	109	7.3 食品中矿质元素的理化性质 .....	158
5.3.2 表面性质 .....	109	7.3.1 矿质元素的溶解性 .....	158
5.3.3 风味 .....	113	7.3.2 矿质元素的酸碱性 .....	159
5.3.4 质构性 .....	113	7.3.3 矿质元素的氧化还原性 .....	159
5.4 蛋白质的营养及安全性 .....	114	7.3.4 矿质元素的浓度与活度 .....	159
5.4.1 蛋白质的质量 .....	114	7.3.5 金属元素的螯合效应 .....	159
5.4.2 蛋白质的消化率 .....	115	7.4 食品中矿质元素的营养性及有害性 .....	160
5.4.3 蛋白质的安全性 .....	116	7.4.1 食品中矿质元素的营养性 .....	160
5.5 蛋白质在食品加工与贮藏过程中的变化 .....	117	7.4.2 食品中矿质元素的有害性 .....	162
5.5.1 蛋白质的变性 .....	117	7.4.3 金属元素在周期表中的位置与它的	
5.5.2 变性蛋白质的特性 .....	121		
5.5.3 蛋白质的氧化 .....	121		
5.5.4 蛋白质的分解 .....	121		
5.6 新型蛋白质资源的开发与利用 .....	122		

营养性及有害性关系 .....	163	9.1.2 食品中色素分类 .....	192
7.4.4 金属元素的存在形态与它的营养性 及有害性关系 .....	164	9.2 食品中原有的色素 .....	193
7.5 食品中的矿质元素的含量及影响 因素 .....	165	9.2.1 四吡咯衍生物类色素 .....	193
7.5.1 食品原料对食品中矿质元素 含量的影响 .....	166	9.2.2 类胡萝卜素 .....	199
7.5.2 加工对食品中矿质元素含量的 影响 .....	167	9.2.3 多酚类色素 .....	204
7.5.3 贮藏对食品中矿质元素含量的 影响 .....	168	9.2.4 甜菜色素 .....	212
参考文献 .....	168	9.3 食品中添加的着色剂 .....	213
<b>第8章 酶</b> .....	169	9.3.1 天然色素 .....	214
8.1 概述 .....	169	9.3.2 人工合成色素 .....	217
8.1.1 酶的化学本质 .....	169	参考文献 .....	220
8.1.2 酶的辅助因子及其在酶促反应中 的作用 .....	169	<b>第10章 食品风味</b> .....	222
8.1.3 同工酶 .....	170	10.1 滋味及呈味物质 .....	222
8.1.4 酶作为催化剂的特点 .....	170	10.1.1 味觉的生理基础 .....	222
8.2 影响酶催化反应的因素 .....	170	10.1.2 影响味感的因素 .....	223
8.2.1 底物浓度的影响 .....	170	10.1.3 味觉的分类 .....	224
8.2.2 pH对酶催化反应速率的影响 .....	171	10.2 气味及呈味物质 .....	232
8.2.3 温度对酶催化反应速率的影响 .....	171	10.2.1 嗅觉的生理基础 .....	233
8.2.4 水分活度对酶活力的影响 .....	173	10.2.2 嗅觉的特点及影响因素 .....	233
8.2.5 酶浓度对酶催化反应速率的 影响 .....	173	10.2.3 植物性食品的香气成分 .....	233
8.2.6 激活剂对酶催化反应速率的 影响 .....	173	10.2.4 动物性食品的风味物质 .....	237
8.2.7 抑制剂对酶催化反应速率的 影响 .....	174	10.3 风味化合物的形成途径 .....	240
8.2.8 其他因素的影响 .....	175	10.3.1 酶促反应 .....	240
8.3 酶与食品质量的关系 .....	176	10.3.2 非酶促反应 .....	243
8.3.1 与色泽相关的酶 .....	176	参考文献 .....	245
8.3.2 与质构相关的酶 .....	178	<b>第11章 食品添加剂</b> .....	246
8.3.3 与风味相关的酶 .....	182	11.1 概述 .....	246
8.3.4 与营养相关的酶 .....	183	11.1.1 食品添加剂的种类 .....	246
8.4 酶在食品加工及保鲜中的应用 .....	184	11.1.2 食品添加剂使用原则及注意 事项 .....	246
8.4.1 氧化还原酶 .....	184	11.2 常用非天然食品添加剂简介 .....	247
8.4.2 水解酶 .....	185	11.2.1 酸度调节剂 .....	247
8.4.3 异构酶 .....	190	11.2.2 防腐剂 .....	249
8.4.4 转移酶 .....	190	11.2.3 抗氧化剂 .....	252
参考文献 .....	190	11.2.4 甜味剂 .....	254
<b>第9章 色素和着色剂</b> .....	191	11.2.5 膨松剂 .....	257
9.1 概述 .....	191	11.2.6 水分保持剂 .....	258
9.1.1 食品中色素来源 .....	191	11.2.7 稳定剂和增稠剂 .....	258
		11.2.8 其他 .....	259
		11.3 常用天然食品添加剂简介 .....	260
		11.3.1 天然食品防腐剂乳酸链球菌素 .....	260
		11.3.2 常用的天然食品抗氧化剂 .....	262
		11.3.3 常用的天然食品乳化剂 .....	265
		11.3.4 常用的天然食品增稠剂 .....	267
		11.4 一些天然的多功能食品添加物 .....	269
		11.4.1 具有抑菌作用的添加物 .....	269

11.4.2 具有抗氧化作用的添加物	271	12.3.2 细菌毒素	301
11.4.3 具有增味作用的添加物	272	12.4 抗营养素	303
11.4.4 其他	275	12.4.1 植酸及草酸	303
参考文献	275	12.4.2 多酚类化合物	305
<b>第 12 章 食品中有害成分</b>	<b>276</b>	12.4.3 消化酶抑制剂	307
12.1 内源性有害成分	277	12.5 加工及贮藏中产生的有毒、有害成分	310
12.1.1 过敏原	277	12.5.1 烧烤、油炸及烟熏等加工中产生的有毒、有害成分	310
12.1.2 有害糖苷类	278	12.5.2 硝酸盐、亚硝酸盐及亚硝胺	316
12.1.3 有害氨基酸及其衍生物	282	12.5.3 氯丙醇	317
12.1.4 凝集素	282	12.5.4 容具和包装材料中的有毒有害物质	318
12.1.5 水产食物中有害成分	285	参考文献	320
12.2 外源性有害成分	288	附录 与食品化学相关的主要英文核心期刊及网站简介	322
12.2.1 食品中有害金属元素	288		
12.2.2 农药残留	290		
12.2.3 二噁英及其类似物	292		
12.2.4 兽药	294		
12.3 微生物毒素	297		
12.3.1 霉菌毒素	297		



# 第 1 章 绪 论

**本章要点：**食品的营养性、享受性和安全性是食品的三大基本属性。食品中成分相当复杂，食品化学就是从化学的角度和分子水平上研究食品中成分的结构、理化性质、营养作用、安全性及享受性，以及各种成分在食物生产、食品加工和贮藏期间的变化及其对食品属性影响的科学。食品化学在食品工业中有着重要的作用和特殊地位，发展迅速，是本专业重要的主干课程。

## 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、食料或食材 (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加工) 以满足人们的营养及感官需要和保障其安全的产品称为食品 (food)。也就是说营养性、享受性和安全性是食品的三大基本属性。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，除与食品的色泽、质构、风味和形状等内容有关外，还涉及人们的文化背景、喜好及年龄等方面，可见与食品享受性相关的化学成分更为复杂。食品的安全性主要与食物中内源性及其外源性有害成分，在加工或贮藏过程中产生或污染的有害成分有关。

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、植物及微生物体内原有的；有些是在加工过程、贮藏期间新产生的；有些是人为添加的；也有些是原料生产、加工或贮藏期间所污染的；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