

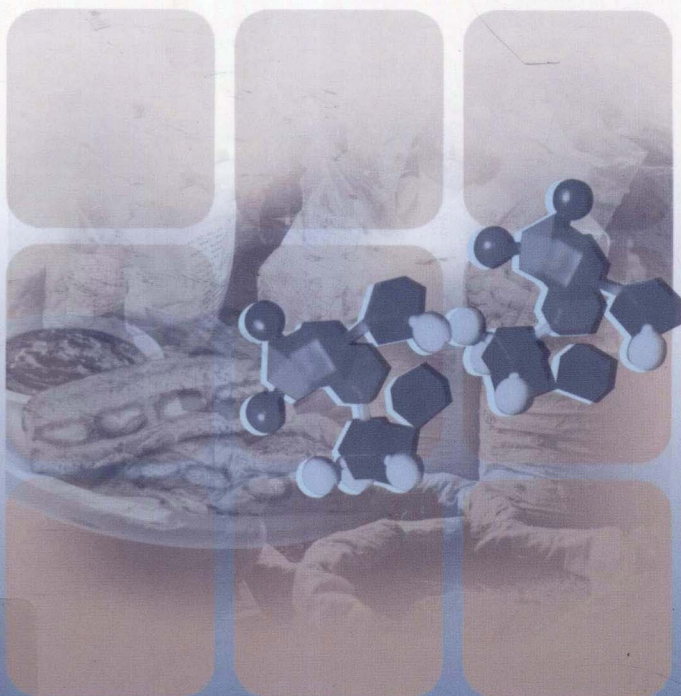



“十二五”普通高等教育规划教材

食品化学

SHIPIN HUAXUE

● 刘红英 高瑞昌 戚向阳 主 编



 中国质检出版社
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

Shipin Huaxue

食品化学

刘红英 高瑞昌 戚向阳 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

食品化学/刘红英,高瑞昌,戚向阳主编. —北京:中国质检出版社,2013.3
“十二五”普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-5026-3772-9

I. ①食… II. ①刘…②高…③戚… III. ①食品化学 IV. ①TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 019524 号

内 容 提 要

食品化学是食品科学与工程学科的专业基础课之一。本书分为 12 章, 主要内容包括绪论、水分、糖类、脂质、蛋白质、酶、维生素、矿物质、食品色素与着色剂、食品风味、食品添加剂、食品安全化学。重点介绍了食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性以及它们在食品加工和贮藏过程中的变化及其对食品品质和安全性的影响。

本教材适于食品科学、食品安全、农产品加工与贮藏等食品类相关专业本科生使用, 也可供从事食品工业生产与研究的工程技术人员参考。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 29.5 字数 733 千字

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月第一次印刷

*

定价: 56.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68510107

— 审 定 委 员 会 —

陈宗道 (西南大学)

谢明勇 (南昌大学)

殷涌光 (吉林大学)

李云飞 (上海交通大学)

何国庆 (浙江大学)

王锡昌 (上海海洋大学)

林 洪 (中国海洋大学)

徐幸莲 (南京农业大学)

吉鹤立 (上海市食品添加剂行业协会)

巢强国 (上海市食品生产监督所)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 刘红英 (河北农业大学)
高瑞昌 (江苏大学)
戚向阳 (浙江万里学院)

副主编 李灿鹏 (云南大学)
赵仁邦 (河北农业大学)
石启龙 (山东理工大学)
陈福玉 (吉林农业科技学院)

参 编 刘卫华 (河北农业大学)
刘丽媛 (河北农业大学)
袁 丽 (江苏大学)
罗祖友 (湖北民族学院)
李德海 (东北林业大学)

序 言

近年来，人们对食品安全的关注度日益增强，食品行业已成为支撑国民经济的重要产业和社会的敏感领域。随着食品产业的进一步发展，食品安全问题层出不穷，对整个社会的发展造成了一定的不利影响。为了保障食品安全，规制食品产业的有序发展，近期国家对食品安全的监管和整治力度不断加强。经过各相关主管部门的不懈努力，我国已基本形成并明确了卫生与农业部门实施食品原材料监管、质监部门承担食品生产环节监管、工商部门从事食品流通环节监管的制度完善的食品安全监管体系。

在整个食品行业快速发展的同时，行业自身的结构性调整也不断深化，这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求，而与此相关的职业教育正是在食品科学与工程各项理论的实际应用层面培养专业人才的重要渠道，因此，近年来教育部对食品类各专业的高等教育发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校食品类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重基础理论的教育模式中脱离出来，使其真正成为为国家培养应用型的高级技术人才的专业教育，“十二五”期间，这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校食品类各专业所需的教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社牵头组织了“十二五”普通高等院校规划教材（食品类）的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的食品类各相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强，知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了西南大学、南昌大学、上海交通大学、浙江大学、上海海洋大学、中国海洋大学、南京农业大学、华中农业大学以及河北农业大学等 40 多所相关高校、科研院所以及行业协会中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材主编和主审，从而为我们成功推出这套框架好、内容新、

适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内对建立食品安全体系的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高食品类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校食品类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，而且也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国食品类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材审定委员会

2012年4月

前 言

• FOREWORD •

食品化学是食品科学与工程学科的专业基础课之一。食品化学在食品科学与工程学科中占有很重要的地位，它是多学科相互渗透的一门新兴学科。

近年来，随着科学技术的进一步发展，现代食品工业发展迅速，食品加工的范围和深度不断扩展，利用的科学技术也越来越先进，新工艺、新材料、新装备的不断应用。食品化学为食品工业的迅速发展奠定了坚实的理论基础。

本书分为12章，主要内容包括绪论、水分、糖类、脂质、蛋白质、酶、维生素、矿物质、食品色素与着色剂、食品风味、食品添加剂、食品安全化学。重点介绍了食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性以及它们在食品加工和贮藏过程中的变化及其对食品品质和安全性的影响。在编写过程中，生物化学重点介绍过的知识，在本书中根据需要只做简要介绍或不介绍，同时兼顾了食品安全专业的特点，增加了食品安全性化学一章。

本书由全国9所高校多年从事食品化学教学与科研工作的教师合力编写，刘红英、高瑞昌和戚向阳任主编。浙江万里学院戚向阳编写第一章；山东理工大学石启龙编写第二章；河北农业大学赵仁邦编写第三章；

吉林农业科技学院陈福玉编写第四章；云南大学李灿鹏、江苏大学高瑞昌编写第五章；江苏大学袁丽编写第六章；河北农业大学刘卫华编写第七章；湖北民族学院罗祖友编写第八章；东北林业大学李德海编写第九章；江苏大学高瑞昌编写第十章；河北农业大学刘丽媛编写第十一章；河北农业大学刘红英编写前言、第十二章，全书由刘红英统稿。

本教材适于食品科学、食品安全、农产品加工与贮藏等食品类相关专业本科生使用，也可供从事食品工业生产与研究的工程技术人员参考。

本书编写过程中，力求做到内容的系统性、先进性，由于编者水平有限，书中内容难免有不妥之处，敬请老师和同学批评指正，更希望与我们进行探讨与交流。

编 者

2013年1月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪 论	(1)
第一节 食品化学的概念和发展简史	(1)
第二节 食品化学的研究内容	(3)
第三节 食品化学的研究方法	(5)
第四节 食品化学在食品科学与工程中的地位	(7)
本章小结	(9)
思考题	(9)
第二章 水 分	(10)
第一节 概 述	(10)
第二节 水和冰的结构和性质	(12)
第三节 食品中水的存在状态	(18)
第四节 水分活度	(23)
第五节 水分的吸着等温线	(27)
第六节 水分活度与食品稳定性	(34)
第七节 冰在食品稳定性中的作用	(38)
第八节 分子流动性与食品稳定性	(39)
本章小结	(51)
思考题	(52)
第三章 糖 类	(53)
第一节 概 述	(53)
第二节 单 糖	(54)
第三节 低聚糖	(71)
第四节 糖 苷	(80)

第五节 多 糖	(82)
第六节 食品中重要的多糖	(85)
本章小结	(117)
思考题	(118)
第四章 脂 质	(119)
第一节 概 述	(119)
第二节 脂质的结构和组成	(121)
第三节 油脂的物理性质	(124)
第四节 油脂在加工贮藏过程的化学变化	(135)
第五节 油脂加工的化学	(152)
第六节 复合脂质及衍生脂质	(157)
本章小结	(161)
思考题	(161)
第五章 蛋白质	(162)
第一节 氨基酸的性质	(162)
第二节 蛋白质的结构	(171)
第三节 蛋白质的分类	(177)
第四节 蛋白质的物理化学性质	(180)
第五节 蛋白质的变性	(183)
第六节 蛋白质的功能性	(193)
第七节 食品原料中蛋白质存在状态及新蛋白资源开发	(207)
第八节 蛋白质的营养	(219)
第九节 蛋白质在食品加工和贮藏中的变化	(223)
第十节 蛋白质的化学改性和酶法改性	(231)
本章小结	(238)
思考题	(239)
第六章 酶	(240)
第一节 概 述	(240)
第二节 影响酶催化反应的因素	(242)
第三节 酶促褐变	(250)
第四节 酶在食品加工和保鲜中的作用	(257)
第五节 酶与食品质量的关系	(267)
本章小结	(275)
思考题	(275)
第七章 维生素	(276)
第一节 概 述	(276)

第二节	食品中的维生素	(280)
第三节	维生素在食品加工和贮藏过程中的变化	(296)
本章小结	.....	(301)
思考题	.....	(302)
第八章	矿物质	(303)
第一节	概 述	(303)
第二节	食品中矿物质的基本性质	(306)
第三节	食品中常见的矿物质	(309)
第四节	食品中矿物质元素的含量及影响因素	(316)
第五节	食品中矿物质元素的利用率	(320)
本章小结	.....	(323)
思考题	.....	(323)
第九章	食品色素与着色剂	(324)
第一节	概 述	(324)
第二节	食品天然色素	(326)
第三节	食品着色剂	(352)
本章小结	.....	(358)
思考题	.....	(358)
第十章	食品风味	(359)
第一节	概 述	(359)
第二节	食品中的呈味物质	(360)
第三节	食品中的风味物质	(369)
第四节	香气的控制和增强	(386)
本章小结	.....	(389)
思考题	.....	(390)
第十一章	食品添加剂	(391)
第一节	概 述	(391)
第二节	常用的非天然食品添加剂	(393)
第三节	常用的天然食品添加剂	(408)
本章小结	.....	(412)
思考题	.....	(413)
第十二章	食品安全化学	(414)
第一节	概 述	(414)
第二节	食品内源性有害成分	(416)

第三节	食品外源性有害化学成分	(431)
第四节	食品加工、贮藏过程中产生的有害物质	(441)
第五节	食品中有害化学物质的控制和去除技术	(451)
本章小结	.....	(456)
思考题	.....	(456)
参考文献	.....	(457)

第一章 绪论

【教学目的和要求】

1. 了解食品化学的概念、发展简史及其研究内容以及食品化学在食品科学与工程中的重要作用。
2. 熟悉食品加工贮藏中主要的化学变化及其对食品品质和安全性的影响。
3. 掌握食品化学的研究方法,为后续章节知识的学习和理解提供一定的思路。

第一节 食品化学的概念和发展简史

一、食品化学的概念

食品是指提供人类营养所需要的糖类、蛋白质、脂类物质、矿物质、维生素、水以及膳食纤维等人体正常代谢所必须的物质和能量。它除了具备足够的营养素,还必须是安全的,且具有特有的风味和质地,主要指加工食品、半成品和未加工食品,不包括烟草或只作药物用的物质。

从食品成分来源看,可分为内源性物质成分和外源性物质成分两大部分。其中,内源性物质成分是食品本身所具有的成分,而外源性物质成分则是食品从加工到摄食全过程中进入的成分。食品的化学组成见图 1-1。

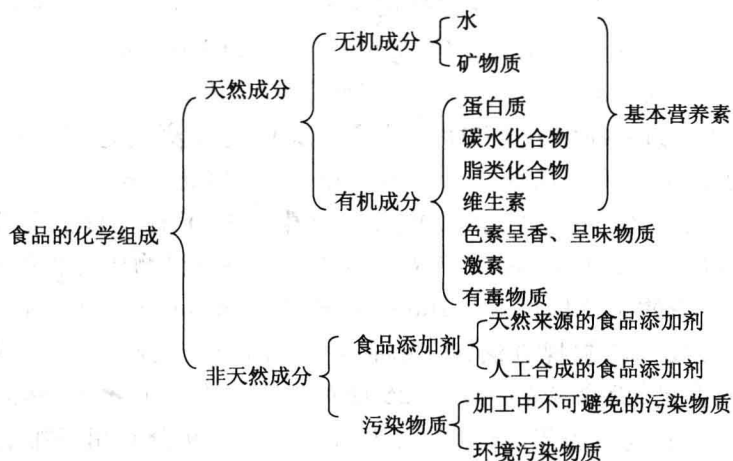


图 1-1 食品的组成成分

作为食品科学的一个重要组成部分,食品化学是从化学角度和分子水平上研究食品的组



成、结构、功能、性质、营养和安全性,以及食品成分在生产、加工贮藏和运销过程中的化学和生物变化及其对食品品质和安全性影响的科学。为改进食品品质以及食品加工工艺和储运技术、开发食品新资源、科学调整膳食结构、加强食品质量控制及提高食品原料加工和综合利用水平奠定理论基础。

食品化学与化学、生物化学、生理化学、植物学、动物学、预防医学、临床医学、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学科有着密切和广泛的联系,食品化学依赖上述这些学科的知识,研究和控制作为人类食品来源的生物物质。有关生物物质固有性质和处理这些物质的方法是食品化学家和生物学家共同的兴趣。但生物学家的兴趣主要包括生物物质的繁殖、生长和它们对环境条件下的变化,这些条件与生命相容或者勉强相容。与此对照,食品化学家则主要关心已经死去或者将要死亡的物质,且这些生物物质暴露在变化很大的各种环境中。例如,在新鲜果蔬的保藏、运输和销售过程中,维持残有生命过程的适宜条件是食品化学家所关心的问题;在采用热处理、冷冻、浓缩、辐照处理和添加化学防腐剂等方法保存食品时,食品中各种组分可能发生的物理、化学和生物学的变化,以及这些变化与食品的营养、安全及感官享受(色、香、味、形)之间的关系也是食品科学家关注的核心问题。

二、食品化学的发展史

食品化学是20世纪初随着化学和生物化学的发展和食品工业的兴起而形成的一门独立的学科,与人类的生活和生产实践紧密相关。虽然在某种意义上食品化学可追溯到远古时代,但直至18~19世纪,食品化学才作为一门独立学科出现。

瑞典著名(药物)化学家 Carl Wilhelm Scheele(1742—1786年)分离和研究了乳酸的性质(1780年),并从柠檬汁(1784年)和醋栗(1785年)中分离出柠檬酸,从苹果中分离出苹果酸(1784年),同时,还检测了20种普通水果中的柠檬酸和酒石酸(1785年)等有机酸,他从植物和动物原料中分离各种新的化合物的工作被认为是在农业和食品化学方面精密分析研究的开始。法国化学家 Antoine Laurent Lavoisier(1743—1794年)首先测定了乙醇的元素组成(1784年),同时阐明了燃烧有机分析的原理。法国化学家 Nicolas Theodore de Saussure(1767—1845年)用灰化的方法测定了植物中矿物质的含量,并首先完成了乙醇的元素组成分析(1807年)。英国化学家 Davy(1778—1829年)在1813年出版了第一本《农业化学原理》,在其中论述了有关食品化学的一些内容。法国化学家 Michel Eugene Chevreul(1786—1889年)是有机物质分析的先驱,他发现并命名了硬脂酸和油酸。德国的 W. Hanneberg 和 F. Stohman(1860年)发明了一种用来测定食品中主要成分的常规方法,即先将某一样品分为几部分,测定其中的水分、粗脂肪、灰分和氮的含量,而含氮量乘以6.25即可得到蛋白质的含量,然后相继用稀酸和稀碱消化样品,得到的残渣为粗纤维,除去蛋白质、脂肪、灰分和粗纤维后剩余的部分称为“无氮提取物”。Jean Baptiste Duman(1800—1884年)提出仅由蛋白质、碳水化合物和脂肪组成的膳食不足以维持人类的生命。Justus Von Liebig(1803—1873年)将食品成分分为含氮(植物蛋白、酪蛋白等)和不含氮(脂肪、碳水化合物等)两类(1842年),并于1847年出版了《食品化学的研究》,这是第一本食品化学方面的著作,但此时仍未

建立食品化学学科。

20世纪初,食品工业已成为发达国家和一些发展中国家的重要工业,大部分食品的组成已被化学家、生物学家和营养医学家探明,同时在20世纪30~50年代相继创立了具有世界影响的 *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 和 *Food Chemistry* 等杂志,这标志着食品化学作为一门学科的正式建立。

近30年来,一些食品化学著作相继出版,权威性的食品化学教科书应首推美国 Owen R. Fennema 主编的 *Food Chemistry* 和德国 H. D. Belitz 主编的 *Food Chemistry*。

近年来,食品化学的研究领域逐渐拓宽,食品化学在新食源、新工艺和新添加剂等方面都取得了很大的成就。现在食品化学的研究正向反应机理、风味物质的结构和性质的研究、特殊营养成分的结构和功能性质研究、食品材料的改性研究、食品现代和快速的分析方法研究、高新分离技术的研究、未来食品包装技术的化学研究、现代化贮藏保鲜技术和生理生化研究等方向发展。尤其是20世纪80年代以来,由于世界经济的发展和人民生活水平的提高,随着人们对饮食—健康关系认识的不断深入,对食品的要求除了强调营养、风味、卫生等方面外,开始对食品的功能作用有了一些新的需求,即要求食品还应具有调节身体机能的作用,从而出现了“功能食品”、“保健食品”或“健康食品”的概念。同时,食品化学的发展离不开其他理论与技术的支持,基础化学、生物化学、仪器分析等相关学科的快速发展和食品化学的发展提供了条件保证。色谱和色质联用等现代分析技术的出现,分子生物学研究的快速发展以及与结构化学的结合等,都使食品化学在理论和应用研究中达到发展。如仿生学和分子生物学的发展,人们将可以通过模拟代谢中间产物的结构来人工合成食品。食品化学已成为食品科学的一个重要方面。

我国食品化学的研究和教育起步比较晚,但发展迅速。随着我国食品安全事件(三鹿奶粉、紫砂门、麦克鸡、双汇瘦肉精等)的频频发生,食品化学在研究改善食品品质的同时,更加关注食品的安全问题。食品化学进展往往与严重的食品掺假相平行,可以毫不夸张地说,检测食品中的杂质而发展的分析化学或多或少和食品造假有关。因而,食品化学的历史与食品掺假的历史往往紧密地联系在一起。

第二节 食品化学的研究内容

食品从原料生产、贮藏、运输、加工到产品销售,每一个环节都可能发生一系列变化,如酶促褐变、非酶促褐变、脂类水解、脂类氧化、蛋白质变性、蛋白质交联、蛋白质水解、低聚糖和多糖水解、糖酵解、天然色素降解等。这些反应的发生将导致食品品质的改变或损害食品的安全性,如脂类的水解产生的游离脂肪酸会形成不良风味,而油脂的氧化将导致含油脂食品的哈败和异味等。表1-1列出了加工和贮藏中食品质量的变化。食品的变质通常是由一系列变化引起的,表1-2列出了改变食品品质或安全性的一些反应,每一类反应包括不同的反应物和底物,且取决于特殊的食品及其处理、加工贮藏条件。表1-3列举了食品贮藏加工中发生变化的因果关系,一种质量属性常因几种不同的反应而发生改变。表1-3中的反应可导致表1-1中列举的一些食品的质量变化,综合分析两表可以使人们了解食品变质的原因。



表 1-1 在加工贮藏中食品可能发生的变化

属性	变 化
质构	溶解性丧失、持水力丧失、质地变坚硬、质地软化、分散性丧失
风味	产生酸败味、出现焦味、出现美味和芳香、其他异味
颜色	褐变、漂白、出现异常颜色、出现宜人色彩
营养价值	蛋白质、脂类、维生素、矿物质的降解或损失及生物利用性改变
安全性	产生毒物、钝化毒物、产生具有调节生理机能作用的物质

表 1-2 改变食品品质或安全性的一些化学反应和生物化学反应

反应种类	实 例
非酶促褐变	焙烤食物的色、香、味的形成
酶促褐变	切开的水果迅速变色
氧化反应	脂肪产生异味、维生素降解、色素褪色、蛋白质营养价值降低
水解反应	脂类、蛋白质、维生素、碳水化合物、色素的水解
与金属反应	与花青素作用改变颜色、叶绿素脱镁变色、催化自动氧化
脂类的异构化反应	顺式→反式不饱和脂肪酸、非共轭→共轭脂肪酸
脂类的环化反应	产生单环脂肪酸
脂类的聚合反应	油炸中油泡沫的产生和黏稠度的增加
蛋白质的变性反应	卵清凝固、酶失活
蛋白质的交联反应	在碱性条件下加工蛋白质使其营养价值降低
糖的酵解反应	宰后动物组织和采后植物组织的无氧呼吸

表 1-3 食品贮藏或加工中发生变化的因果关系

初期变化	二次变化	对食品的影响
脂类发生水解	游离脂肪酸与蛋白质发生变化	质构、风味、营养价值
多糖发生水解	糖与蛋白质发生反应	质构、风味、色泽、营养价值
脂类发生氧化	氧化产物与食品中其他成分的反应	质构、风味、色泽、营养价值、产生有毒物质
水果被破碎	细胞破碎、酶释放、氧气进入	质构、风味、色泽、营养价值
绿色蔬菜被加热	细胞壁和膜完全破坏,酶释放,酶失活	质构、风味、色泽、营养价值
肌肉组织被加热	蛋白质变性和聚集,酶失活	质构、风味、色泽、营养价值
脂类中不饱和脂肪酸发生的顺-反异构化	在深度油炸中提高聚合反应速度	在深度油炸中过分起泡作用,降低脂类的生物利用率

在食品加工和贮藏过程中,食品中三大主要成分脂类、蛋白质和碳水化合物之间的相