

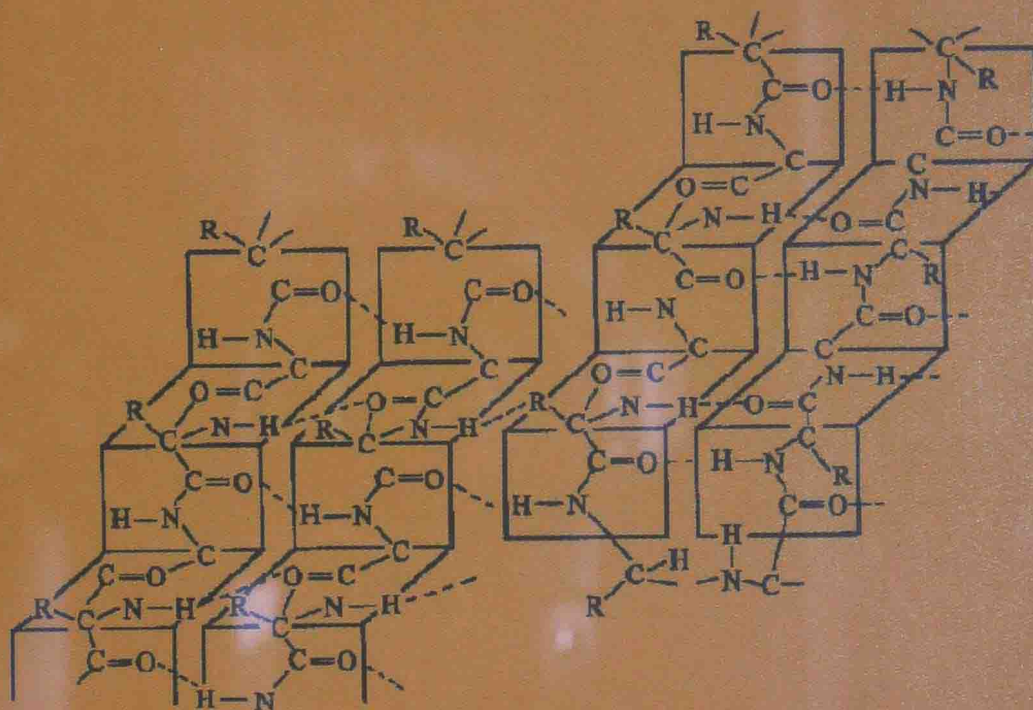


普通高等教育“十二五”部委级规划教材

食品化学

SHIPIN HUAXUE

李红主编



中国纺织出版社

普通高等教育“十二五”部委级规划教材

食品化学

李 红 主编

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本教材综合近年来有关食品化学的相关书籍和资料,共分12章,重点介绍食品化学的基础理论及相关的实用知识,主要包括食品的六大营养成分,食品的色香味及有害成分的结构、性质和它们在食品加工和储藏中的变化及其对食品品质和安全性的影响,酶和食品添加剂在食品工业中的营养等。此外,本教材还融入一定实践知识,并结合一定的化学反应方程式,加深学生对课程内容的理解,为后续的专业课学习建立必要的理论基础;同时,在每章节都给出了教学重点和难点,以及必要的思考题,以便帮助学生掌握该章节的主要内容。

本书不仅可以作为高等院校“食品科学与工程”和“食品质量与安全”专业本科生的教材,也可作为食品与农业研究、食品工业、营养、食品质量控制等领域的技术人员和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

食品化学 / 李红主编. — 北京: 中国纺织出版社, 2015. 6

普通高等教育“十二五”部委级规划教材

ISBN 978 - 7 - 5180 - 1245 - 9

I. ①食… II. ①李… 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 277212 号

责任编辑:彭振雪 责任设计:品欣排版 责任印制:王艳丽

中国纺织出版社出版发行

地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124

销售电话:010—67004422 传真:010—87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 <http://weibo.com/2119887771>

三河市宏盛印务有限公司印刷 各地新华书店经销

2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开本:710 × 1000 1/16 印张:31.5

字数:487 千字 定价:44.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

《食品化学》编委会成员

主 编 李 红 郑州轻工业学院

副主编 张 华 郑州轻工业学院

黄友如 常熟理工学院

编写人员(按姓氏笔画排序)

马 龙 蚌埠学院

杨飞芸 内蒙古农业大学

李 红 郑州轻工业学院

张 华 郑州轻工业学院

黄友如 常熟理工学院

蔡 利 西昌学院

普通高等教育食品专业系列教材

编委会成员

主 任 夏文水 江南大学
郑伟良 中国纺织出版社

副主任(按姓氏笔画排序)

李先保 安徽科技学院
金昌海 扬州大学
赵丽芹 内蒙古农业大学

成 员(按姓氏笔画排序)

齐 斌 常熟理工学院
李 菁 中国纺织出版社
李先保 安徽科技学院
肖诗明 西昌学院
国 帅 中国纺织出版社
纵 伟 郑州轻工业学院
金昌海 扬州大学
郑伟良 中国纺织出版社
赵丽芹 内蒙古农业大学
钟瑞敏 韶关学院
秦卫东 徐州工程学院
夏文水 江南大学
韩曜平 常熟理工学院

出版者的话

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中提出“全面提高高等教育质量”，“提高人才培养质量”。教高[2007]1号文件“关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见”中，明确了“继续推进国家精品课程建设”，“积极推进网络教育资源开发和共享平台建设，建设面向全国高校的精品课程和立体化教材的数字化资源中心”，对高等教育教材的质量和立体化模式都提出了更高、更具体的要求。

“着力培养信念执着、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专业人员和拔尖创新人才”，已成为当今本科教育的主题。教材建设作为教学的重要组成部分，如何适应新形势下我国教学改革要求，配合教育部“卓越工程师教育培养计划”的实施，满足应用型人才培养的需要，在人才培养中发挥作用，成为院校和出版人共同努力的目标。中国纺织服装教育协会协同中国纺织出版社，认真组织制定“十二五”部委级教材规划，组织专家对各院校上报的“十二五”规划教材选题进行认真评选，力求使教材出版与教学改革和课程建设发展相适应，充分体现教材的适用性、科学性、系统性和新颖性，使教材内容具有以下三个特点：

(1) 围绕一个核心——育人目标。根据教育规律和课程设置特点，从提高学生分析问题、解决问题的能力入手，教材附有课程设置指导，并于章首介绍本章知识点、重点、难点及专业技能，增加相关学科的最新研究理论、研究热点或历史背景，章后附形式多样的思考题等，提高教材的可读性，增加学生学习兴趣和自学能力，提升学生科技素养和人文素养。

(2) 突出一个环节——实践环节。教材出版突出应用性学科的特点，注重理论与生产实践的结合，有针对性地设置教材内容，增加实践、实验内容，并通过多媒体等形式，直观反映生产实践的最新成果。

(3) 实现一个立体——开发立体化教材体系。充分利用现代教育技术手段，构建数字教育资源平台，开发教学课件、音像制品、素材库、试题库等多种立体化的配套教材，以直观的形式和丰富的表达充分展现教学内容。

教材出版是教育发展中的重要组成部分，为出版高质量的教材，出版社严格

甄选作者,组织专家评审,并对出版全过程进行跟踪,及时了解教材编写进度、编写质量,力求做到作者权威、编辑专业、审读严格、精品出版。我们愿与院校一起,共同探讨、完善教材出版,不断推出精品教材,以适应我国高等教育的发展要求。

中国纺织出版社
教材出版中心

前言

“食品化学”是食品科学与工程和食品质量与安全专业本科生的一门必修课,是继“有机化学”和“生物化学”之后的一门专业基础理论课,是从化学角度和分子水平上研究食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性质以及它们在生产、加工、储存和运销过程中的变化及其对食品品质和食品安全性影响的科学,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学科。因此,食品科学与工程和食品质量与安全专业的本科生,必须掌握食品化学的基本知识和研究方法,才能在食品加工、保藏、食品安全等领域较好地工作。

本教程综合近年来食品化学相关书籍和文献,在考虑食品科学与工程和食品质量与安全专业对食品化学要求的基础上,共编写了十二章内容,其中郑州轻工业学院李红编写前言、第一章、第五章和第九章;江苏常熟理工学院黄友如编写第二章和第十章;郑州轻工业学院张华编写第四章和第十一章;西昌学院蔡利编写第三章和第七章;蚌埠学院马龙编写第六章和第十二章;内蒙古农业大学杨飞芸编写第八章。全书由李红统稿。

本教材的编写受到了各参编院校及编者家人持久而坚定的支持,编写过程中参考和引用了国内外大量食品化学方面的书籍和文献,同时在本书的编辑、出版过程中得到了教育部食品科学与工程类专业教学指导委员会秘书长、江南大学夏文水教授的关心和支持,以及中国纺织出版社的大力支持,此外,本教材得到郑州轻工业学院教材出版基金资助,在此,谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢。

鉴于编者学识、实践经验和撰稿水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者谅解并给予批评指正。

编者
2014年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 食品化学的概念	1
第二节 食品化学的发展历史	2
第三节 食品化学研究的内容和范畴	4
第四节 食品中的主要化学变化	5
第五节 食品化学的研究方法	8
第六节 食品化学在食品科学中的地位	9
第七节 食品化学的发展前景和研究方向	12
思考题	13
第二章 水分	14
第一节 水在食品中的作用	14
第二节 食品中水和冰的结构与性质	16
第三节 食品中水与非水组分的相互作用	22
第四节 食品中水的存在状态	28
第五节 食品中含水量的表示方法	29
第六节 水分活度与食品稳定性	39
第七节 冷冻与食品稳定性	43
第八节 水分转移与食品稳定性	60
思考题	63
第三章 蛋白质	64
第一节 概述	64
第二节 氨基酸	66
第三节 蛋白质的结构和性质	76
第四节 蛋白质的变性	102
第五节 食品蛋白质在加工和储藏中的变化	109
第六节 各类食品中的蛋白质	128
思考题	140

第四章 碳水化合物 141

 第一节 概述 141

 第二节 食品中的单糖及低聚糖 144

 第三节 多糖 175

 第四节 食品中的主要多糖 181

 思考题 207

第五章 脂质 208

 第一节 概述 208

 第二节 油脂的结构及组成 209

 第三节 油脂的物理性质 213

 第四节 油脂在储藏加工过程中的化学变化 224

 第五节 油脂的特征值及质量评价 252

 第六节 油脂加工 254

 第七节 复合脂质及衍生脂质 262

 第八节 脂肪代用品 266

 思考题 268

第六章 维生素 269

 第一节 概述 269

 第二节 脂溶性维生素 271

 第三节 水溶性维生素 276

 第四节 维生素在食品加工和储藏过程中的变化 285

 思考题 290

第七章 矿物质 291

 第一节 概述 291

 第二节 矿物质的物理和化学性质 293

 第三节 矿物质的利用率和安全性 294

 第四节 矿物质在食品加工和储藏过程中的变化 296

 思考题 297

第八章 酶	298
第一节 概述	298
第二节 酶催化反应动力学	312
第三节 酶促褐变	328
第四节 酶在食品加工和储藏中的应用	333
思考题	337
第九章 色素	338
第一节 概述	338
第二节 食品中的天然色素	340
第三节 食品着色剂	365
思考题	371
第十章 食品风味	372
第一节 概述	372
第二节 食品的味觉和呈味物质	374
第三节 嗅觉	391
第四节 食品中的香气物质	393
第五节 食品中香气物质形成的途径	423
第六节 食品香气的控制与增强	430
思考题	434
第十一章 食品添加剂	436
第一节 概述	436
第二节 酸度调节剂	441
第三节 防腐剂	444
第四节 乳化剂	448
第五节 抗氧化剂	451
第六节 酶制剂	456
第七节 甜味剂	460
第八节 抗结剂和消泡剂	463
第九节 增稠剂	466
第十节 食用香精香料	470

思考题 473

第十二章 食品中的有害成分 474

 第一节 概述 474

 第二节 食品中的天然有害物质 475

 第三节 食品加工、储藏过程中产生的有害物质 480

 思考题 488

参考文献 489

第一章 绪论

本章重点:食品化学的概念、研究内容、研究方法、食品加工储藏过程中主要的化学变化。

难点:食品中主要的化学变化及其对食品品质和安全性的影响。

第一节 食品化学的概念

一、食品的组成

食物是指可供人类食用的物质原料的统称。食品是指经特定方式加工后供人类食用的食物。营养素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。目前已知的人体必需的营养素有 40 ~ 50 种,从化学性质分可分为六大类,即蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和水,也有人提出将膳食纤维列为第七类营养素。

食品的化学组成如图 1-1 所示。

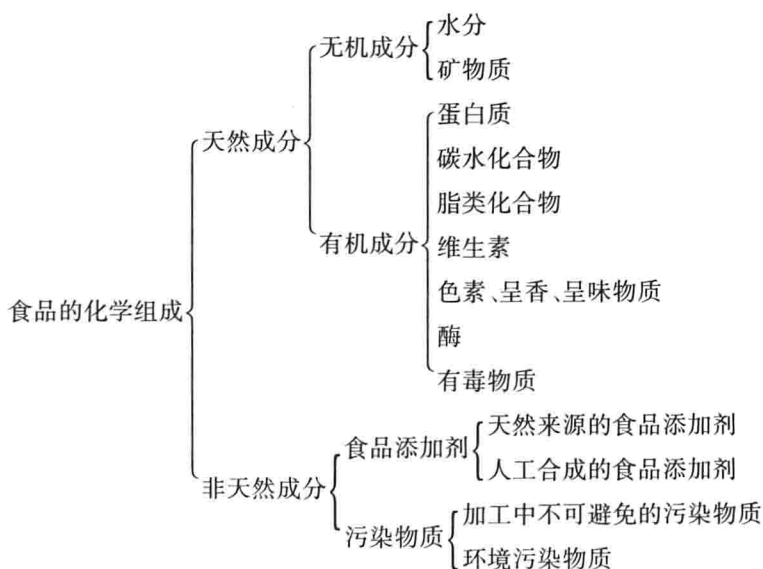


图 1-1 食品的化学组成

二、食品化学的定义

食品化学是利用化学的理论和研究方法研究食品本质的一门科学,即从化学角度和分子水平上研究食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性质以及它们在生产、加工、储藏和运销过程中的变化及其对食品品质和安全性的影响,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一门学科。

第二节 食品化学的发展历史

食品科学源于远古,盛于当今。20 世纪初,食品科学的发展,促进了“食品化学”的发展。如今该门课程已成为一门相对独立的学科。纵观它的发展史,可分为四个阶段。

第一阶段,早期食品化学(19 世纪 50 年代以前)是天然动植物特征成分分离和分析阶段。该时期食品化学知识的积累完全是依赖于基础化学学科的发展,当化学家们有了分离与分析食物的理论与手段后,便开始对一些食物及食品的特征成分进行研究,当时对食品的研究是分散的、不系统的,有的重大发现甚至是在其他研究中偶然得到的。在这一阶段比较突出的发现如下:

瑞典药剂师 Carl Wilhelm Scheele(1742 ~ 1786 年)是有史以来最伟大的化学家之一。他分离和研究了乳酸的性质(1780 年),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(1785 年),并且检验了 20 种普通水果中的柠檬酸、苹果酸和酒石酸。他从植物和动物原料中分离各种新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)第一个测定了乙醇的元素组成(1784 年),并发表了第一篇关于水果中有机酸的论文(1786 年)。

法国化学家(Nicolas) Theodore de Sanssure(1767 ~ 1845 年)为阐明和规范农业和食品化学的基本理论做了大量工作。他研究了植物呼吸时 CO_2 和 O_2 的变化;用灰化的方法测定了植物中矿物质的含量;并首次对乙醇进行了精确的元素组成分析(1807 年)。

第二阶段,在“农业化学”发展的过程中不断充实。农业化学是介绍有关土壤、肥料、农作物等化学知识的一门学科,其中涵盖了大量“食品化学”的内容。

英国化学家 Sir Humphrey Davy (1778 ~ 1829 年) 在 1813 年出版了第一本《农业化学原理》, 在其中指出“植物的所有不同部位都有可能分解为少数几种元素, 它们能否用于食品或其他目的, 取决于植物不同部位或汁液中化学元素的排列方式”, 论述了食品化学的一些相关内容。Justus Von Liebig (1803 ~ 1873 年) 提出将食品分为含氮的(植物纤维, 酪蛋白等)和不含氮的(脂肪、碳水化合物等)两类, 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。

19 世纪早期, 随着农业化学的发展, 食品掺假的现象较多, 这种现象也促进了化学家们花费更多的精力来了解食品的天然特性, 研究掺杂物及食品的特点, 建立检测掺假食品的方法。因此, 在 1820 ~ 1850 年期间, 化学和食品化学开始在欧洲占据重要地位。许多大学建立了化学研究实验室和创立了新的化学研究杂志, 推动了化学和食品化学的发展。从此, 食品化学发展的步伐更快了。

第三阶段, 生物化学的发展推动了食品化学的发展。1871 年 Jean Baptiste Duman 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。1906 年英国生物化学家 Frederick Gowland Hopkins 开展了一系列动物实验, 证明牛奶中含有数量微少的能促进大鼠生长的物质, 他当时称之为“辅因子”; 此后, 他还从食品中分离出了色氨酸并确定了其结构。1911 年英国化学家 Casimir Funk 从米糠和酵母中提取了抗脚气病的物质, 并鉴别为胺类物质, 命名为“Vitamin”, 从此开始了维生素的研究。到 20 世纪前半期, 化学家们已发现了各种对人体有益的维生素、矿物质、脂肪酸和一些氨基酸, 并对它们的性质和作用作了深入的分析。

美国学者 Owen R. Fennema 先生对当今食品化学的发展做出了极大的贡献, 他四次编写“食品化学”一书, 把该书的内容充实和系统化, 其内容体系已被各国学者接受, 特别是 1985 年、1996 年和 2007 年版本, 被世界各国的高等院校作为教材广泛使用。

第四阶段, 色谱和色质联用等现代分析技术的出现, 以及结构化学理论的发展, 使食品化学在理论和应用研究方面获得显著的进展。如研究食品在储藏加工过程中各种化学或生物化学的反应历程和机理, 食品各组分的性质、结构和功能, 以及食品储藏加工新技术、新产品的开发, 食品资源的利用。这些都为食品科学技术和食品工业的发展创造了有利条件。

第三节 食品化学研究的内容和范畴

一、食品化学研究的内容

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、理化性质、生理和生化性质、营养与功能性质以及它们在食品储藏、加工和运销中的变化,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、加强食品质量控制及提高食品原材料深加工和综合利用水平奠定理论基础的发展性学科。

根据研究内容的主要范围,食品化学主要包括食品营养成分化学、食品色香味化学、食品工艺化学、食品物理化学和食品有害成分化学及食品分析技术。根据研究对象的物质分类,食品化学主要包括:食品碳水化合物化学、食品油脂化学、食品蛋白质化学、食品酶学、食品添加剂、维生素化学、食品矿质元素化学、调味品化学、食品风味化学、食品色素化学、食品毒物化学、食品保健成分化学。另外,食用水质处理、食品生产环境保护、食用天然产物的提取分离、农产品资源的深加工和综合利用、生物技术在食品原料生产和食品工业中的应用、绿色食品和功能食品的开发、食品加工、包装和储藏、食品工程等领域中还包含着丰富的食品化学内容。

二、食品化学的范畴

作为一门横跨诸多学科的发展性新兴学科,食品化学依托、吸收、融汇、应用和发展着化学、生物化学和食品储藏加工学等学科,从特有的角度、深度和广度研究食品物质的化学组成;探索食品物质的组织结构、显微结构和分子结构;研究食品化学成分的物理性质、化学性质、功能性质和食用安全性质,认识从原料经过储藏加工直到食品的过程中物质发生的种种物理和化学变化(如形态变化、组织变化、分子结构变化、组成变化、生理生化变化、色香味变化、质地变化及营养成分变化等);揭示食品质量受原料类别、原料固有特性、产前产后处理、原料储藏技术、食品配方、加工工艺和设备、产品包装和种种环境因素影响的本质,从而形成了食品科学的三大支柱学科之一。

由于绝大多数食品的物质体系十分复杂,食品化学家首先注重食品中大而广的代表性物质及其物性,注重对物性影响重大和代表性强的物质结构,注重普

遍发生、影响重大和代表性强的变化。针对这一系列代表,在考虑食品储藏和加工的实际条件的前提下,经过简化、模拟、分析、综合等实验研究和理论探讨,找出结构和物性的关系、变化的途径或反应的机理和影响物性发挥及变化速度的主要因素或条件。然后依据这类研究中形成的思路、学说、理论和方法,结合食品中更实际的情况,更全面、更综合和更具体地研究真实食品的化学。经过多年的努力,食品中大多数物质及其结构、功能性质、物理和化学变化、相互作用及储藏加工和环境条件对它们的影响也已初步探明。食品化学正朝着深化认识、加强理论、探索调控机制、提高预测食品质量变化能力、利用生物工程和化学工程新技术改造和创造食品物质的更广阔的领域进军。

第四节 食品中的主要化学变化

食品从原料生产,经过储藏、运输、加工到产品销售,每一过程无不涉及化学变化。对这些变化的研究及控制构成了食品化学研究的核心内容。表 1-1 ~ 表 1-4 扼要给出了发生在食品中的重要反应的类别、条件及其造成的品质变化。这些变化顺序具有很大的实用价值,因为它把导致食品品质 and 安全性变化的原因和结果联系起来了,便于培养人们用分析的方法来处理食品中发生变化的问题,对这些变化的研究和控制构成了食品化学研究的核心内容。

表 1-1 在食品加工或储藏中发生的变化分类

属性	变化
质地	失去溶解性,失去持水性,质地变坚韧,质地软化
风味	出现酸败,出现焦味,出现异味,出现美味和芳香
颜色	褐变(暗色),漂白(褪色),出现异常颜色,出现诱人色彩
营养价值	蛋白质、脂类、维生素和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,产生有调节生理机能作用的物质

表 1-2 改变食品品质的一些化学反应和生物化学反应

反应类型	实例
非酶褐变	焙烤食品表皮成色
酶促褐变	切开的水果迅速褐变
氧化反应	脂肪产生异味,维生素降解,色素褪色,蛋白质营养损失
水解反应	脂类、蛋白质、维生素、碳水化合物、色素降解