



普通高等教育“十三五”规划教材

中国石油和石化工程教材出版基金资助项目

食品化学

Food Chemistry

主 编 李春海

副主编 赵俊仁 姜 薇



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

中国石油和石化工程教材出版基金资助项目

食品化学

主 编 李春海

副主编 赵俊仁 姜 薇

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统论述食品化学的基础知识,结合编者的教学实践和科研成果,参考国内外有关食品化学的教材和文献,重点讲述水分、糖类、脂类、蛋白质、维生素与矿物质、酶、色素与着色剂、食品中的有害物质、食品风味物质等内容,在阐述食品成分化学结构和性质的基础上,着重讨论食品在加工和储藏过程中对食品品质与营养、食品质量与安全的影响和作用。

本书可以作为食品科学与工程及其相关专业的本专科教材,也可以作为食品领域技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

食品化学 / 李春海主编. —北京:中国石化出版社,
2019.8
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-5392-1

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(2019)第129879号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号
邮编:100020 电话:(010)59964500
发行部电话:(010)59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail:press@sinopec.com
北京富泰印刷有限责任公司印刷
全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米 16开本 15印张 371千字
2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷
定价:46.00元

前 言

食品化学是从化学的角度和分子水平上认识和研究食品及其原料的组成、结构、理化性质、生理功能、营养价值、安全性及在加工储运中的变化、变化本质及对食品品质 and 安全性影响的一门新兴、综合、交叉性学科。食品、化学、生物学、农业、医药和材料科学都在不断地向食品化学输入新鲜血液，也都在利用食品化学的研究成果。食品化学是“食品科学与工程”和“食品质量与安全”各个学科中发展很快的一个领域。随着经济的空前发展和人民生活水平的不断提高，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。

同时，食品化学为食品科学和食品工业的发展奠定理论基础和技术方案，对改善食品品质、开发食品新资源、革新食品加工工艺和储运技术、调整国民膳食结构、改进食品包装、加强食品质量与安全控制、提高食品原料加工和综合利用水平等具有重要的意义。

本教材由广东石油化工学院李春海教授主编，广东石油化工学院赵俊仁副教授和黄山学院姜薇副教授副主编。各章节的编者为：食品化学导论(李春海)、水分(赵俊仁)、糖类(姜薇)、脂类(李春海)、蛋白质(张玲)、维生素与矿物质(赵俊仁)、酶(邱松山)、色素与着色剂(赵俊仁)、食物中的有害物质(熊岑)、食品风味物质(郭先霞)。本书侧重于系统性、应用性和可操作性，突出对应用型人才的培养；注意把握科学性、先进性和实用性原则。

本书在撰写过程中，参考和引用了很多国内外的书刊，并得到了相关部门及单位的大力支持与帮助，在此谨致以深切的谢意。由于食品化学及其相关领域的发展日新月异，各种理论知识正在不断地扩充与完善。鉴于作者水平与学识所限，本书中错误、缺点在所难免，恳请读者批评指正，以便再版时得以更正。

目 录

第 1 章 食品化学导论	(1)
1.1 食品化学的概念与内涵	(1)
1.2 食品化学的发展简史	(2)
1.3 食品化学在食品科学中的地位和作用	(3)
1.3.1 食品化学对食品工业技术发展的作用	(3)
1.3.2 食品化学对保障人类营养和健康的作用	(4)
1.4 食品化学研究方法	(5)
第 2 章 水分	(6)
2.1 水在食物中的作用	(6)
2.2 水分的存在状态	(7)
2.3 食品中水与非水物质的相互作用	(8)
2.3.1 水与离子或离子基团的相互作用	(8)
2.3.2 水与具有氢键键合能力的中性基团(亲水性溶质)的相互作用	(9)
2.3.3 水与非极性基团的相互作用	(9)
2.4 水对食品的影响	(10)
2.4.1 水分活度	(10)
2.4.2 水分活度与食品稳定性的关系	(13)
2.5 分子流动性与食品稳定性	(17)
2.5.1 基本概念	(17)
2.5.2 状态图	(17)
2.5.3 分子流动性、状态图与食品性质的关系	(19)
2.5.4 根据状态图判断食品的稳定性	(20)
第 3 章 糖类	(22)
3.1 概述	(22)
3.2 非酶促褐变反应	(23)
3.2.1 美拉德反应	(23)
3.2.2 焦糖化反应	(27)
3.2.3 抗坏血酸反应	(29)
3.3 食品中重要的低聚糖和多糖	(30)
3.3.1 低聚糖	(30)
3.3.2 多糖	(32)
3.4 以蔗渣为原料生产生物柴油	(37)
3.4.1 生物柴油的发展现状	(37)
3.4.2 生物柴油产业的发展动力	(38)

3.4.3	我国发展生物柴油应注意的问题	(38)
3.4.4	以蔗渣为原料生产生物柴油的研究意义和主要内容	(39)
3.4.5	展望	(40)
第4章	脂类	(41)
4.1	概述	(41)
4.1.1	脂类的定义与分类	(41)
4.1.2	脂质的结构和组成	(41)
4.2	脂类在食品加工中的性质	(44)
4.2.1	油脂的水解和皂化	(44)
4.2.2	氧化反应	(45)
4.2.3	热分解	(50)
4.2.4	热聚合	(52)
4.2.5	缩合	(52)
4.2.6	辐解	(52)
4.3	脂类的改性	(52)
4.3.1	油脂氢化	(52)
4.3.2	酯交换	(54)
4.4	油脂的质量评价	(56)
4.4.1	过氧化值	(56)
4.4.2	碘值	(56)
4.4.3	酸值	(56)
4.4.4	皂化值	(56)
4.4.5	酯值	(57)
4.5	微生物发酵生产油脂	(57)
4.5.1	概念	(57)
4.5.2	生产油脂的微生物种类	(58)
4.5.3	微生物油脂的产油机理	(59)
4.5.4	微生物油脂的组成	(60)
4.5.5	发酵生产微生物油脂研究进展	(60)
4.5.6	微生物发酵产油脂生产工艺	(61)
4.5.7	主要应用	(63)
第5章	蛋白质	(65)
5.1	概述	(65)
5.2	蛋白质的化学组成	(65)
5.2.1	元素组成	(65)
5.2.2	氨基酸	(65)
5.3	蛋白质的分子结构	(69)
5.4	蛋白质的性质与功能	(70)
5.4.1	蛋白质的性质	(70)
5.4.2	蛋白质的功能	(72)

5.4.3	蛋白质的功能性质在食品加工中的应用	(74)
5.5	蛋白质变性	(75)
5.5.1	蛋白质变性的概念与原理	(75)
5.5.2	变性对蛋白质的影响	(77)
5.5.3	引起蛋白质变性的因素	(77)
5.6	蛋白质的营养与安全	(82)
5.6.1	蛋白质的营养	(82)
5.6.2	蛋白质的安全	(87)
5.7	食品中常见的蛋白质	(88)
5.7.1	动物来源食品中的蛋白质	(88)
5.7.2	植物来源食品中的蛋白质	(89)
5.8	蛋白质在食品加工与储藏过程中的变化	(90)
5.8.1	热处理的变化	(90)
5.8.2	低温处理的变化	(91)
5.8.3	脱水处理的变化	(91)
5.8.4	碱处理的变化	(92)
5.8.5	氧化处理的变化	(93)
5.9	新型蛋白质资源的开发与利用	(94)
5.9.1	昆虫蛋白资源	(94)
5.9.2	单细胞蛋白	(94)
5.9.3	叶蛋白	(94)
5.9.4	油料蛋白	(95)
5.10	蛋白质的色、香、味及影响因素	(95)
5.10.1	蛋白质的苦味	(95)
5.10.2	蛋白质的异味	(96)
5.10.3	天然蛋白质衍生物的甜味	(96)
5.10.4	风味结合	(97)
5.11	食品蛋白质研究热点	(98)
5.11.1	蛋白质组学	(98)
5.11.2	生物活性多肽	(98)
5.11.3	胶原蛋白	(99)
5.11.4	肽聚糖识别蛋白	(99)
第6章	维生素与矿物质	(100)
6.1	维生素	(100)
6.1.1	维生素A	(100)
6.1.2	维生素D	(103)
6.1.3	维生素E	(105)
6.1.4	维生素K	(106)
6.1.5	维生素C	(107)
6.1.6	维生素B ₁	(109)

6.1.7	维生素 B ₂	(110)
6.1.8	维生素 B ₅	(111)
6.1.9	维生素 B ₆	(112)
6.1.10	维生素 B ₁₁	(112)
6.1.11	维生素 H	(114)
6.1.12	维生素 B ₃	(115)
6.1.13	维生素 B ₁₂	(115)
6.1.14	食品中维生素损失的常见原因	(116)
6.1.15	食品中维生素损失的途径	(117)
6.2	矿物质	(118)
6.2.1	常量元素	(119)
6.2.2	微量元素	(121)
6.2.3	矿物质的生物有效性	(123)
6.2.4	矿物质在食品加工过程中的变化	(124)
第7章	酶	(126)
7.1	概述	(126)
7.1.1	酶的化学本质	(126)
7.1.2	酶的辅助因子及其在酶促反应中的作用	(127)
7.1.3	酶作为催化剂的特点	(127)
7.2	影响酶反应速率的因素	(127)
7.2.1	底物浓度	(128)
7.2.2	pH 值	(128)
7.2.3	温度	(129)
7.2.4	水分活度	(130)
7.2.5	酶浓度	(131)
7.2.6	激活剂	(131)
7.2.7	抑制剂	(132)
7.2.8	其他因素	(132)
7.3	酶与食品质量的关系	(133)
7.3.1	与色泽相关的酶	(133)
7.3.2	与质构相关的酶	(135)
7.3.3	与风味相关的酶	(137)
7.3.4	与营养相关的酶	(138)
7.4	酶在食品加工中的应用	(139)
7.4.1	果蔬类食品加工	(139)
7.4.2	酿酒工业	(141)
7.4.3	乳品工业	(147)
7.4.4	焙烤食品	(147)
7.4.5	肉类加工	(149)
7.5	酶在食品保鲜中的应用	(149)

7.6	发酵荔枝渣产酒精	(151)
7.6.1	不同发酵条件对酒精产量的影响	(151)
7.6.2	响应面法优化荔枝渣酒精发酵条件	(152)
第8章	色素与着色剂	(157)
8.1	概述	(157)
8.1.1	食品色素的定义和作用	(157)
8.1.2	食品中色素来源	(158)
8.1.3	食品中色素分类	(159)
8.1.4	食品呈色的原理	(159)
8.2	食品中原有的色素	(160)
8.2.1	四吡咯色素	(160)
8.2.2	类胡萝卜素	(170)
8.2.3	多酚类色素	(174)
8.3	食品着色剂	(181)
8.3.1	天然着色剂	(181)
8.3.2	合成的着色剂	(182)
8.4	食品漂白剂	(185)
8.5	食品调色的原理及应用	(185)
8.5.1	着色剂溶液的配制	(185)
8.5.2	食品着色的色调选择原则	(186)
8.5.3	色调的调配	(186)
第9章	食品中的有害物质	(187)
9.1	概述	(187)
9.1.1	食品中有害物质的来源和分类	(187)
9.1.2	食品中有害物质的危害性	(187)
9.1.3	食品中有害成分的危险性管理	(188)
9.1.4	食品中有害成分研究的内容和方法	(188)
9.2	食品中有害物质的结构与毒性的关系	(188)
9.2.1	有机化合物结构中的功能基团与毒性	(188)
9.2.2	无机化合物的毒性	(191)
9.2.3	食品中有害物质的理化性质与毒性	(191)
9.3	食品中有害物质的类型	(192)
9.3.1	植物性食物中的毒素	(192)
9.3.2	动物性毒素	(199)
9.3.3	化学毒素	(201)
9.4	食品中抗营养素	(202)
9.4.1	植酸盐和草酸盐	(202)
9.4.2	酚类及其衍生物	(203)
9.5	食品加工和储存中产生的有毒、有害物质	(203)
9.5.1	亚硝酸盐类及亚硝胺	(203)

9.5.2	丙烯酰胺	(203)
9.5.3	4-甲基咪唑	(203)
9.5.4	食用油脂氧化物	(204)
9.5.5	食品包装储藏中的污染物	(204)
第10章	食品风味物质	(206)
10.1	概述	(206)
10.1.1	食品风味概念	(206)
10.1.2	食品风味分类	(206)
10.1.3	食品风味化学的研究内容和意义	(206)
10.2	味觉与味感物质	(206)
10.2.1	味觉生理	(206)
10.2.2	味感物质与风味强度	(207)
10.2.3	味群和味物质	(208)
10.3	食品的嗅觉效应	(215)
10.3.1	嗅觉产生的生理基础	(215)
10.3.2	嗅觉的主要特性	(216)
10.3.3	嗅觉理论	(216)
10.3.4	食品中嗅感物质的一般特征	(217)
10.4	食品中风味物质形成的途径	(217)
10.4.1	生物合成作用	(217)
10.4.2	酶的作用	(222)
10.4.3	高温作用	(223)
10.4.4	发酵作用	(226)
10.4.5	食物调香	(226)
10.5	食品加工过程中的香气控制	(227)
10.5.1	原料的选择	(227)
10.5.2	加工工艺	(227)
10.5.3	储藏条件	(227)
10.5.4	包装方式	(227)
10.5.5	食品添加物	(228)
参考文献	(229)

第 1 章 食品化学导论

1.1 食品化学的概念与内涵

食物(foodstuff)是维持人类生存和健康的物质基础,指含有营养素的可食性物料。人类的食物绝大多数都是经过加工后才食用的,经过加工的食物称为食品(food),但通常也泛指一切食物为食品。

食品的化学组成成分可概括表示为:天然成分,包括水分、碳水化合物、蛋白质、脂类、矿质元素、维生素、色素、激素、风味成分、有害成分;非天然成分,包括食品添加剂(天然食品添加剂、人工合成食品添加剂)、污染物(加工过程污染物、环境污染物),如图 1-1 所示。

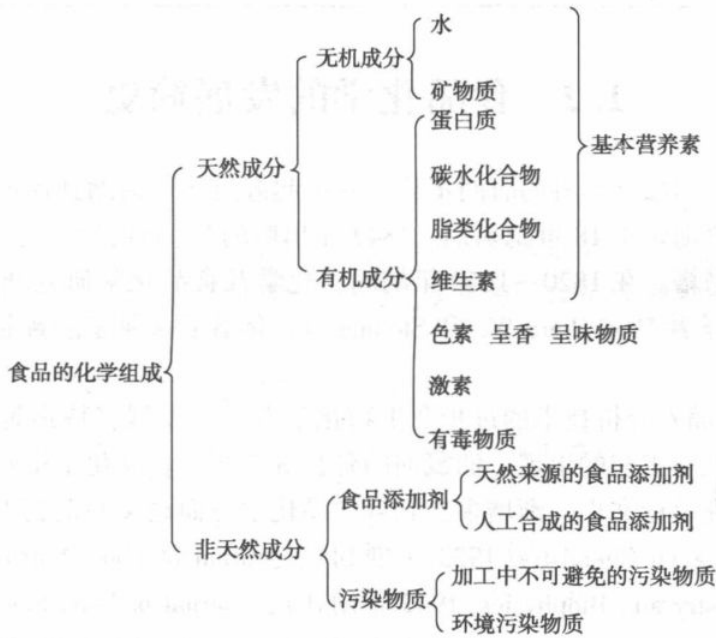


图 1-1 食品的来源和组成

食品化学(food chemistry)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。它属于应用化学的一个分支,是“食品科学与工程”和“食品质量与安全”专业的一门基础课程。

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,目前已知的有 40~45 种人体必需的营养素。

作为食品必须具备以下的基本要求。

(1) 具备营养功能

任何一种食品中必须至少含有六大营养素蛋白质、糖类、脂类、矿物质、维生素、水分中的一种以上，满足人们营养代谢需求。

(2) 良好的感官特征

食品应具有符合人们嗜好的风味特征，满足人们的需要。

(3) 对人体安全无害

“民以食为天，食以安为要”，所有食品都必须对人体绝对安全无害。

根据研究对象的不同，可以将食品化学进行如表 1-1 所示的分类。

表 1-1 食品化学的分类

分类	研究对象
食品成分化学	研究食品中各种化学成分的含量和理化性质等
食品分析化学	研究食品成分分析和食品分析方法
食品生物化学	研究食品的生理变化
食品工艺化学	研究食品在加工和储藏过程中的化学变化
食品功能化学	研究食物成分对人体的作用
食品风味化学	研究食品风味的形成、消失及食品风味成分

1.2 食品化学的发展简史

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。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。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。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。

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 年创刊)、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。随着食品化学研究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。

近 20 年来，一些食品化学著作与世人见面，例如，英文版的《食品科学》《食品化学》《食品加工过程中的化学变化》《水产食品化学》《食品中的碳水化合物》《食品蛋白质化学》《蛋白质在食品中的功能性质》等反映了当代食品化学的水平。权威性的食品化学教科书应首推美国 Owen R. Fennema 主编的 Food Chemistry(已出版第四版)和德国 H. D. Belitz 主编的 Food Chemistry(已出版第五版)，它们已广泛流传世界。

近年来，食品化学的研究领域更加拓宽，研究手段日趋现代化，研究成果的应用周期越来越短。现在食品化学的研究正向反应机理、风味物的结构和性质研究、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、现代化储藏保鲜技术和生理生化研究以及新食源、新工艺和新添加剂等方向发展。

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。

我国的食品化学研究和教育多集中在高等院校，都把它作为研究和教学的重点之一，已成为“食品科学与工程”和“食品质量与安全”专业的专业基础课，对我国食品工业的发展产生了重要影响。

1.3 食品化学在食品科学中的地位和作用

食品化学是根据现代食品工业发展的需要，在多种相关学科理论与技术发展的基础上形成和发展起来的，它具有显著的多源性、综合性及应用性。食品化学已成为食品科学理论和食品工业技术发展进步的支柱学科之一。

1.3.1 食品化学对食品工业技术发展的作用

现代食品正向着强调营养、卫生与感官品质，注重保健作用，包装精良和食用方便的方向发展。现代食品工业的发展方向是：科学开发新型天然原辅料；利用现代化农业，发展农产品深加工；利用生物工程和化工技术提高原辅料品质和改造原料性能；发展添加剂，优化食品工艺，加强质量控制；革新设备与加强自动化水平等。这种发展主要依靠材料科学、生物科学和信息科学，当然也滋润和鞭策着食品化学，使它成长为保证食品工业健康而持续发展的指导性学科之一，直接受食品化学指导的方面见表 1-2。

表 1-2 食品化学指导下现代食品工业的发展

受指导方面	过去	发展
食品配方	依靠经验	依据原料组成、性质分析和理性设计
工艺	依据传统，经验和粗放小试	依据原料及同类产品组成、特性的分析，根据优化理论设计
开发食品	依据传统和感觉盲目地开发	依据科学研究资料，目的明确地开发，并增大了功能性食品的开发
控制储藏加工变化	依据经验，尝试性简单控制	依据变化机理，科学控制
开发食品资源	盲目甚至破坏性地开发	科学地、综合地开发现有和新资源
深加工	规模小、浪费大、效益低	规模增大、范围加宽、浪费少、效益高

由于食品化学的发展，有了对美拉德反应、焦糖化反应、自动氧化反应、酶促褐变、淀粉的糊化与老化、多糖水解反应、蛋白质水解反应、蛋白质变性反应、色素变色与褪色反应、维生素降解反应、金属催化反应、菌的催化反应、脂肪水解、氧化与酯交换反应、脂肪热解、热聚、热氧化分解和热氧化聚合反应、风味物的产生途径和分解变化、生物性食品原

料的产后生理生化反应、原料改性反应等越来越清楚的认识。也有了对食品成分迁移特性、结晶特性、水化特性、质构特性、风味特性、食品体系的稳定性和流变性、食品分散系的特性、食品原料的组织特性等物理、物理化学、生物化学和功能性质的越来越深刻的认识。这些认识极大地武装了食品战线上的工作者，因而对现代食品加工和储藏技术的发展产生了广泛而深刻的影响。

表 1-3 介绍了食品化学在食品工业各行业中正在发挥直接影响的方面。

表 1-3 食品化学对各食品行业技术进步的影响

食品工业	影响方面
果蔬加工储藏	化学去皮、护色、质构控制、维生素保留、打蜡涂膜、化学保鲜、气调储藏、活性包装、酶促榨汁、过滤和澄清及化学防腐等
肉品加工	宰后处理、保汁和嫩化，提高肉糜乳化力、凝胶性和黏弹性，超市鲜肉包装，熏肉剂的生产 and 应用，人造肉的生产，内脏的综合利用(制药)等
饮料工业	速溶、克服上浮下沉、稳定蛋白饮料、水质处理、稳定带肉果汁、果汁护色、控制澄清度、提高风味、白酒降度、啤酒澄清、啤酒泡沫和苦味改善、防止啤酒馊味、果汁脱涩、大豆饮料脱腥等
乳品工业	稳定酸乳和果汁乳、开发凝乳酶代用品及再制乳酪、乳清的利用、乳品的营养强化等
焙烤工业	生产高效膨松剂、增加酥脆性、改善面包皮色和质构、防止产品老化和霉变等
食用油脂工业	精炼，冬化，调温，脂肪改性，DHA、EPA 及 MCT 的开发利用，食用乳化剂生产，抗氧化剂，减少油炸食品吸油量等
调味品工业	生产肉味汤料、核苷酸鲜味剂、碘盐和有机硒盐等
发酵食品工业	发酵产品的后处理、后发酵期间的风味变化、菌体和残渣的综合利用等

1.3.2 食品化学对保障人类营养和健康的作用

自发现蛋白质、糖类和脂肪三大营养素以来，距今已有 2 个多世纪。食品的最基本属性是为人们提供营养和感官享受，而食品化学的主要要素之一就是研究食品原料和最终产品中的营养成分和色、香、味、形的构成成分，以及加工和储藏过程中它们的相互反应、对营养价值及享受性的影响。现代食品化学的责任不仅要保证食品中的成分有益健康和享受性，而且要帮助和指导社会及消费者正确选择食品和认识食品的营养价值，以达到合理饮食。现今营养的概念已随着社会的发展和人类健康状况的变化发生了显著变化。从解决温饱问题转变为有效降低和控制主要疾病(如心脑血管疾病、癌症和糖尿病等)的风险、减少亚健康人群的比例，这就给食品化学在新的历史时期提出了新的任务，从天然资源或食物中寻找具有重要生物活性的物质，研究和开发在一定时期内能有效降低主要疾病的健康食品。社会的进步对健康食品的要求也有别于过去，除了有益健康和预防疾病，还需具有食品的“享乐”要素，达到营养、保健和风味的一体化。解决上述问题，同过去的食品化学在人类社会文明和科技进步的作用一样，也将有益于人类和谐社会的建设和国家经济的繁荣。反过来，社会文明和科技进步也将推动食品化学的发展。随着生物技术和食品加工新技术的出现，更需要了解产品和加工过程中的化学与安全问题，保证食品的质量与安全，提供公众需要的多样化具有营养、享乐及安全的食品。

关于危害人类健康的污染物质，是当今世界上共同关注的重要问题。微量和超微量化合物的分析与鉴定，对食品营养价值和享乐价值及有毒物质的控制，高质量食品的大量生产都

是十分重要的。由此可见，食品化学不同于其他分支化学，需要考虑特别的化合物或特殊的分析方法，以建立完整的特殊研究体系。食品化学的发展不仅与人类健康和文明息息相关，同时还指导消费者对食物的认知和选择，这对于人类健康和社会和谐是十分重要和有益的。

1.4 食品化学研究方法

一方面，食品化学的研究方法与一般化学研究方法的共同点是通过试验和理论从分子水平上分析、探讨和研究物质的变化。另一方面，由于食品中存在多种成分，是一个复杂的成分体系，因此食品化学的研究方法也与一般化学的研究方法有很大的不同，它应将食品的化学组成、理化性质及其变化的研究与食品的营养性和安全性联系起来，其研究的主要目的是阐明食品加工过程品质或安全性变化及如何防止或促进这些变化的发生，为食品实际生产加工提供依据。食品是一个非常复杂的体系，食品加工和储藏过程中将发生许多复杂的变化。因此，研究食品化学时，通常采用一个简化的、模拟的食品体系来进行试验，再将所得的试验结果应用于真实的食品体系，进而进一步解释真实的食品体系中的情况。

食品化学的试验应包括理化试验和感官试验。理化试验主要是对食品进行成分分析和结构分析，即分析试验系统中的营养成分、有害成分、色素和风味物的存在、分解、生成量和性质及其化学结构；感官试验是通过人的直观检评来分析试验系统的质构、风味和颜色的变化。

根据实验结果和资料查证，可在变化的起始物和终产物间建立化学反应方程，也可能得出比较合理的假设机理，并预测这种反应对食品品质和安全性的影响，然后再用实验来验证。在以上研究的基础上再研究这种反应的反应动力学，这一方面是为了深入了解反应机理，另一方面是为了探索影响反应速度的因素，以便为控制这种反应奠定理论依据和寻求控制方法。

食品化学研究成果最终要转化为：合理的原料配比，有效反应接触屏障的建立，适当的保护或催化措施的应用，最佳反应时间和温度的设定、光照、氧含量、pH、水分活度等的确定，从而得出最佳的食物加工储藏方法。

上述的食品化学研究成果将为食品产品的生产和储运提供配方、生产工艺、加工参数、储存参数等理论和技术依据(图 1-2)，进而实现食品的科学合理生产，为人们提供安全、营养的食品产品。

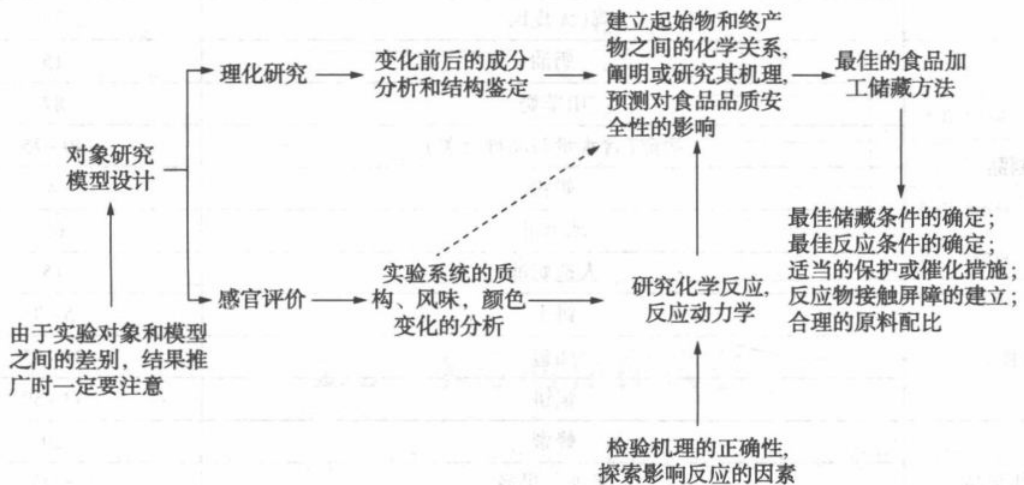


图 1-2 食品化学的研究方法

第2章 水 分

2.1 水在食物中的作用

水在地球上是一种平常的物质，广泛分布于江、河、湖、泊、地下、大气和海洋等周围环境和生物体中。水是食品中的重要组分(表2-1)，在食品中起着不寻常的作用，水在食品中的含量、分布、状态决定了食品的色、香、味、形、营养性、安全性等特性。所有的动植物性食品都含有水，特别是天然食品。但是食品的种类不同，其水分含量也不同；即使是同一个体，不同生长阶段、不同组织器官，含水量也是不同的。如植物，其根、茎、叶等营养器官含水量较高，为鲜重的70%~90%，甚至更高；而植物的种子含水量通常只有12%~15%。

表 2-1 部分食品的含水量

	食品种类	含水量/%
蔬菜	甜玉米、青豌豆	74~80
	胡萝卜、硬花甘蓝、甜菜、马铃薯	80~90
	青大豆、芦笋、花菜、莴苣、西红柿、大白菜	90~95
水果	香蕉	75
	葡萄、梨、柿子、猕猴桃、菠萝、樱桃	80~85
	桃、苹果、李子、橘、甜橙、葡萄柚、无花果	85~90
	草莓、杏、椰子、西瓜	90~95
谷物	全粒谷物	10~12
	粗燕麦粉、粗面粉	10~13
肉类	猪肉	53~60
	牛肉(碎块)	50~70
	鸡(无皮肉)	74
乳制品	奶油	15
	山羊奶	87
	奶酪(含水量与品种有关)	40~75
	奶粉	4
	冰淇淋	65
	人造奶油	15
焙烤食品	饼干	5~8
	面包	35~45
	馅饼	43~59
糖及其制品	蜂蜜	20
	果冻、果酱	≤35
	蔗糖、硬糖、纯巧克力	≤1

水是一种溶剂，能够溶解和分散各种不同分子量的物质，使食品呈现出溶液或凝胶状态，同时也决定了食品的溶解度、硬度、流动性等性质。

水作为食品的重要组成，也对食品的新鲜度、呈味、耐储性和加工适应性具有重要影响。在食品加工过程中，水起着膨润、浸透、均匀化等功能。从食品储藏性来看，水分对食品微生物的活动产生很大影响，较高的水分含量有利于微生物的生长繁殖，易造成食品的腐败变质；水分还与食品中营养成分变化、风味物质变化以及外观形态变化有密切关系。蛋白质变性、脂肪氧化酸败、淀粉老化、维生素损失、香气物质挥发、色素分解、褐变反应、黏度变化等都与水分相关。控制食品中水分含量及活度，可防止食品的腐败变质和营养成分的水解。部分食品的水分含量的国家标准如表 2-2 所示。

表 2-2 部分食品的水分含量的国家标准

食品名称	水分含量/%			引用标准
肉松(福建式)	≤8			GB/T 23968—2009
肉松(太仓式)	≤20			GB/T 23968—2009
广式腊肉	≤25			GB/T 3603—1999
蛋制品(巴氏消毒冰鸡全蛋)	≤76			GB 2749—2015
蛋制品(冰鸡蛋黄)	≤55			GB 2749—2015
蛋制品(冰鸡蛋白)	≤88.50			GB 2749—2015
蛋制品(巴氏消毒鸡全蛋粉)	≤4.50			GB 2749—2015
蛋制品(鸡蛋黄粉)	≤4.00			GB 2749—2015
蛋制品(鸡蛋白片)	≤16.00			GB 2749—2015
全脂乳粉	特级	一级	二级	GB 5410—1999
	≤2.50	≤2.75	≤3.00	
脱脂乳粉	≤4.00	≤4.50	≤5.00	GB 5410—1999
全脂加糖乳粉	≤2.50	≤2.75	≤3.00	GB 5410—1999
奶油	无盐奶油	加盐奶油	重制奶油	GB 19646—2010
	≤16.00	≤16.00	≤1.00	
全脂加糖炼乳(甜炼乳)	≤26.50			GB/T 5418—1985
硬质干酪	≤42			GB/T3776—1999
麦乳精(含乳固体饮料)	≤2.50			NY/T 1323—2007
香肠(腊肠)、香肚	≤25			GB 10147—1988
食品工业用甜炼乳	≤27			GB 13102—1991
人造奶油	A 级	≤16		GB/T 5009.77—2003
	B 级	≤20		GB/T 5009.77—2003

2.2 水分的存在状态

在食品或食品原料中，由于非水物质的存在，水与它们以多种方式相互作用后，便形成了不同的存在状态。根据水分子存在的状态一般把食品中的水分分为游离水和结合水。

游离水(或称体相水)是指没有被非水物质化学结合的水，它又可以分为自由流动水、