



普通高等教育食品类专业“十三五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品化学 (第二版)

SHIPIN HUAXUE



□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□

李巨秀 刘邻渭 王海滨◎主编

郑州大学出版社



普通高等教育食品类专业“十三五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品化学 (第二版)

SHIPIN HUAXUE



□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□

李巨秀 刘邻渭 王海滨◎主编

 郑州大学出版社

郑 州

内 容 提 要

本书共分12章,对食品中水分、碳水化合物、脂类、维生素和矿质元素、酶学及食品分散体系等基础理论重点介绍,对食品蛋白质和风味、变化动力学、毒害成分、食品保健功能成分等分别单设章节,就主要知识、研究进展和实际应用内容进行重新整理和优化并适当补充了构性关系、重要变化、研究进展和实际应用方面的内容。本书可作为食品科学、食品技术、农业化学及营养学等学科学生的教材,也可作为食品与农业研究、食品工业、营养、食品控制和服务实验室等领域的专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

食品化学/李巨秀,刘邻渭,王海滨主编.—2版.—郑州:
郑州大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5645-3712-8

I. ①食… II. ①李…②刘…③王… 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 (2017) 第 056345 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南龙华印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:21

字数:513 千字

版次:2017 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2017 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-3712-8

定价:39.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



编写指导委员会

(按姓氏笔画排序)

- | | |
|-----|------------------------|
| 王茂增 | 河北工程大学农学院副教授 |
| 艾志录 | 河南农业大学食品科学技术学院教授 |
| 权伍荣 | 延边大学农学院食品科学系教授 |
| 刘延奇 | 郑州轻工业学院食品与生物工程学院教授 |
| 刘全德 | 徐州工程学院食品生物工程学院副教授 |
| 孙俊良 | 河南科技学院食品学院教授 |
| 朱 珠 | 吉林工商学院食品工程分院教授 |
| 肖安红 | 武汉工业学院食品科学与工程学院教授 |
| 李新华 | 沈阳农业大学食品学院教授 博导 |
| 汪东风 | 中国海洋大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 张凤宽 | 吉林农业大学发展学院生物食品学院教授 |
| 张进忠 | 安阳工学院生物与食品工程学院教授 |
| 陆启玉 | 河南工业大学粮油食品学院教授 博导 |
| 陈从贵 | 合肥工业大学生物与食品工程学院教授 |
| 邵秀芝 | 山东轻工业学院食品与生物工程学院教授 |
| 岳田利 | 西北农林科技大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 胡耀辉 | 吉林农业大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 侯玉泽 | 河南科技大学食品与生物工程学院教授 |
| 章超桦 | 广东海洋大学食品科技学院教授 博导 |
| 蔺毅峰 | 运城学院生命科学系教授 |
| 阚建全 | 西南大学食品科学学院教授 博导 |



Food

本书作者

主 编 李巨秀 刘邻渭 王海滨

副 主 编 邵秀芝 邵 颖 何鸿举

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王存芳 王海滨 刘邻渭

李巨秀 肖春霞 何鸿举

邵 颖 邵秀芝 谢新华



Food

前言 (第二版)

当代工业科技的巨大进步促进了食品工业的蓬勃发展。在此过程中,消费者对食品的需要朝着营养、安全、方便的方向发展。食品科学作为新型学科,为食品工业的发展起到了重要的指导作用。而食品化学作为食品科学的重要组成部分,研究在食品加工和储藏过程中发生的化学变化以及对食品质量的影响,发挥了不可磨灭的作用。国内外高校的食品科学相关专业中,食品化学课程也是主要课程之一。

近三十多年来,我国高等院校食品科学相关专业的《食品化学》教材相继出版,并发挥了良好的作用。该教材在第一版的基础上进行了修订,精简和完善了部分内容,使得更加符合当前形势下教学的需求。结合新修订的《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》(GB 2760—2014),对食品添加剂部分内容进行了更新;在目前食品化学课程课时缩小的情况下,删除了第一版的第13章和第14章,增强了教材的可利用性,满足了学生的学习需求。

本教材由7所大学的教师参与修订工作。西北农林科技大学李巨秀和河南科技学院何鸿举共同编写第1章、第7章、第10章、第12章以及第4章的部分章节。武汉工业学院王海滨编写第6章。山东轻工业学院邵秀芝编写第2章和第11章。信阳农林学院邵颖编写第5章和第9章。西北农林科技大学刘邻渭和肖春霞共同编写第3章。河南农业大学谢新华编写第4章的部分章节。齐鲁工业大学王存芳编写第8章。全书由李巨秀统稿。此外,西北农林科技大学刘邻渭教授在统稿过程中给予了中肯意见和建议。

本教材在修订过程中受到了各参编院校的大力支持,编写中参考和引用了国内外大量作者的论著及网上课件。郑州大学出版社和西北农林科技大学对本书出版给予了大力的支持,在此一并致以最崇高的敬意和最诚挚的感谢。同时,因无法彻查清楚之故,本教材未列出所有参考文献的来源和作者,对此我们表示深深的歉意。

鉴于编者学识、实践经验和撰稿水平有限,本教材难免有些错误和疏漏之处,敬请读者谅解和批评指正。

编者
2017年2月



Food

前言 (第一版)

二十多年来,我国已有多本食品化学教材相继出版,并发挥着良好的作用。编写这本教材时,在传承精华、优化内容的基础上,进行了一定改进。如蛋白质和食品风味两章,除对主要知识进行重新整理和优化外,加强了构性关系、重要变化、研究进展和实际应用方面的内容;为避免与食品安全教材内容重复,毒害成分一章仅简明介绍了食品毒害成分的组成、结构、毒性、污染或产生途径以及减除技术原理;考虑到食品分散系的重要性,将它设为一章,加强了界面性质和胶粒之间相互作用的介绍;由于变化动力学是研究食品变化动态和机制的必备知识,也将它设为一章,介绍了食品变化速度和动力学方程等知识及其在食品货架期预测中的应用,考虑到食品货架变化包括物理、化学和生物方面,本章也简介了微生物生长模型方面的内容。

本教材由11所大学教师合编。西北农林科技大学刘邻渭编写前言、第5章、第14章以及第1章、第3章、第6章、第7章、第9章、第10章、第12章、第13章的部分章节。武汉工业学院王海滨编写第1章、第6章多数章节。山东轻工业学院邵秀芝编写第2章。河南工业大学郑学玲和王金水编写第3章多数章节。河南农业大学谢新华、西北农林科技大学郭静编写第4章。西北农林科技大学李巨秀编写第7章多数章节。山东轻工业学院王存芳编写第8章多数章节。河南科技大学任国艳、安阳工学院田萍编写第9章多数章节。河南科技学院李光磊编写第10章多数章节。郑州轻工学院刘延奇编写第11章。广东海洋大学秦小明和林华娟编写第12章多数章节。河南省产品质量监督检验院/国家粮油及肉制品质量监督检验中心陶健编写第13章部分章节。全书由刘邻渭统稿。

本教材编写受到了各参编院校及编者家人持久而坚定的支持,编写中参考和引用了国内外大量作者的论著及网上课件,在此,谨向他们表示诚挚敬意和衷心感谢。同时,对因无法彻查清楚之故,本教材未列出所有参考文献的来源和作者,我们表示深深歉意。

鉴于编者学识、实践经验和撰稿水平有限,本教材难免有某些错误和疏漏之处,敬请读者谅解和批评指正。

编者

2010年12月

目 录

第1章 绪论.....	1
1.1 食品化学的概念和特色	1
1.2 食品化学的发展历史	2
1.3 食品化学的研究内容和方法	2
1.4 食品化学对食品技术发展的影响	7
1.5 目前我国食品化学研究的重要方向	8
第2章 水分	10
2.1 水和冰的结构	10
2.2 水和冰的物理性质	13
2.3 水在食品中的存在及转移	14
2.4 水分活度	19
2.5 水分吸附等温线	22
2.6 水分活度和食品稳定性的关系	25
2.7 食品玻璃化转变	27
第3章 碳水化合物	31
3.1 碳水化合物的分类	31
3.2 食品单糖的结构、性质和变化	32
3.3 食品低聚糖的结构、性质和变化	42
3.4 淀粉的结构、性质和变化	48
3.5 植物细胞壁多糖的种类、结构、性质和变化	57
3.6 亲水性多糖胶的结构、性质和功能	63
3.7 膳食纤维及其性质	72
第4章 脂类	76
4.1 脂质的分类、命名、组成和结构	76
4.2 常见的食用油脂	81
4.3 油脂的物理化学特征值	86
4.4 油脂的物理性质	87
4.5 油脂的水解和酮型酸败	92
4.6 油脂的氧化和抗氧化剂	94
4.7 油脂的高温裂解和热氧化反应	102
4.8 油脂加工中的变化	105
第5章 蛋白质	109
5.1 蛋白质的基本性质和分类	109

5.2	氨基酸的基本结构和性质	110
5.3	蛋白质的结构	117
5.4	蛋白质的变性	123
5.5	蛋白质的功能性质及其改良技术原理	125
5.6	食品加工中可能发生的蛋白质变化及其对食品营养 和安全性的影响	137
5.7	由蛋白质生成衍生蛋白质和多肽的化学变化	141
5.8	肌肉蛋白质的组成、结构、功能及其在食品加工中的变化	142
5.9	牛奶蛋白的组成、结构、功能及其在食品加工中的变化	148
5.10	鸡蛋蛋白质的组成、功能性质及其在食品加工中的变化	151
5.11	大豆蛋白的组成、功能性质及其在食品加工中的变化	152
5.12	其他食用植物蛋白的组成和特点	154
第6章	酶	157
6.1	酶学基础	157
6.2	酶促褐变	164
6.3	酶对食品质量的影响	167
6.4	酶在食品加工中的应用	171
6.5	酶的固定化	176
6.6	酶法分析	178
第7章	维生素与矿物质	183
7.1	维生素的分类和营养属性	183
7.2	各种水溶性维生素的结构和性质	186
7.3	各种脂溶性维生素的结构和性质	195
7.4	食品中维生素损失的常见原因和几种维生素的降解反应	198
7.5	食品中的矿物质元素的分类和生理功能概述	207
7.6	食品中矿物质元素生物利用性的影响因素	216
7.7	矿物质成分的功能性质	218
第8章	色素	221
8.1	色素的概念和食品色素的分类	221
8.2	食品天然色素的结构、性质和变化	222
8.3	控制食品天然色素不良变色和失色的技术原理	234
8.4	食品着色剂的分类、结构和性质	238
第9章	食品风味成分	240
9.1	风味的生理基础和影响因素	240
9.2	食品风味物质的分类	243
9.3	食品主要呈味物的结构和性质	244
9.4	气味和气味物结构的关系	253
9.5	植物源食品风味成分的形成途径	260

9.6	食品加工中风味物的产生和变化	263
9.7	食品中不良风味的产生反应	270
第 10 章	食品添加剂	274
10.1	食品添加剂的定义和分类	274
10.2	食品添加剂的安全性和使用卫生标准	274
10.3	常用食品添加剂的种类、结构和功能	275
10.4	食用香料和香精的分类和功能	282
10.5	食品加工助剂	283
第 11 章	保健成分及其功能	284
11.1	保健食品的定义及其功能分类	284
11.2	保健食品功能因子的类别、结构、性质和功能	285
11.3	食品保健功能的生理生化基础	296
11.4	保健功能因子在食品加工中的可能变化	302
第 12 章	毒害成分	306
12.1	食品生产投入品残留和环境污染物	306
12.2	微生物污染产生的食品毒害成分	311
12.3	植物源食品中的有毒和有害成分	313
12.4	动物源食品中的有毒和有害成分	316
12.5	食品加工中产生的食品毒害成分	319
12.6	非法使用在食品中的有害化工品	320
12.7	减除或破坏食品中毒害成分的技术原理	323
参考文献		325

Food 第1章 绪论

食品化学是食品科学与工程专业和食品质量安全专业重要的支撑学科和专业基础之一。国内外高校与食品科学相关的专业均开设了食品化学课程。在食品的加工和保藏过程中所发生的化学变化影响着食品质量的各个方面,包括色泽、风味、营养、安全和质构等品质。学习食品在加工和储藏中发生的变化和反应历程对于揭示食品品质变化的内在机制、控制和改进食品加工工艺参数、开发和利用新型食品资源均具有非常重要的作用。本章主要从食品化学概念、发展历史、对食品科技发展的影响等角度阐明食品化学的基本轮廓和学习方法。

1.1 食品化学的概念和特色

食品化学是从化学角度和分子水平上研究食品组成、结构、理化性质、营养、品质、质量安全以及其在加工、储藏和运销过程中变化的科学;是为开发食品资源、革新食品加工和储运技术、增加食品花色品种、控制食品质量、调整膳食结构、提高原料综合利用水平和发展食品分析技术奠定化学基础的学科。

食品化学是食品科学一个重要方面,其核心任务是研究食品中化学成分发生变化的现象、条件、机制、结果和对食品品质的影响。它与生物化学有一定重叠,例如在蛋白质、碳水化合物和脂质的研究中彼此较为相同。但生物化学侧重生物成分在生理、代谢、遗传和调控方面的功能和变化,而食品化学侧重食品中生物和非生物成分在营养、安全性、感官性质、加工特性和储藏稳定性方面的功能和变化。因此,食品化学对这三大成分,以及对食品水分、矿物质、维生素、色素、酶、添加剂、风味物和有害物的功能和变化的研究内容大部分不同于生物化学。

食品化学又是食品加工技术和质量控制技术发展的基础之一,它比其他化学更贴近食品工业实践,其揭示的原料及食品的化学成分本质、功能性质、变化机制、变化影响因素、反应动力学、变化控制技术原理和分离与分析方法在整个食品科技界都得到了广泛的应用。因此,加强食品化学研究、加强其学科发展,对食品科技的快速健康发展起着核心支柱和引领作用;掌握好一定的食品化学知识,是人们投身到食品科技和食品工业研发领域中去建功立业的先决条件。

食品化学是食品科技教学体系的专业基础课之一。在食品学院,食品化学课程与食品分析、食品营养卫生学、食品工艺学、食品储运学、食品质量安全控制等课程密切相关,但具体内容又各有侧重,其中食品化学的化学内容最系统、最全面和最综合,因此食品化学课程普遍被认为是食品科学与工程专业的核心课程之一。通过该课程的学习,主要使学生了解食品各主要成分的含量、分布、结构、性质、功能和在食品加工和储藏中的变化,掌握食品加工、储藏和质量控制的基本原理,提高学生科学思维、分析问题、解决问题的

能力和综合素质,并为后续课程学习打下坚实的基础。

1.2 食品化学的发展历史

食品化学作为食品科学的一个分支,其起源可以追溯到 18 世纪后期。例如,瑞典化学家舍雷(Scheeie)于 1780 年分离出了乳酸并研究了其性质,1784 年分离出柠檬酸、苹果酸,检验了 12 种水果中的柠檬酸、苹果酸、酒石酸,成为食品成分定量研究的先驱。法国化学家拉瓦锡(Lavoisier),确定了燃烧有机分析原理,用化学方程式表达发酵过程,测定乙酸的元素成分。1807 年法国化学家尼科拉斯(Nicolas)用灰化方法测定植物中矿物元素,完成乙醇的化学分析。1811 年盖-吕萨克(Gay-Lussac)、赛纳德(Thenarde)提出了植物物质中的碳、氢、氮定量测定方法。1813 年,英国化学家戴维(Davy)出版了《Elements of Agricultural Chemistry》一书,在其中论述了食品化学的一些有关内容。1860 年德国的 W. Hanneberg 和 F. Stohman 发展了测定水分、脂肪、灰分、蛋白质、无氮浸出物方法。1874 年分析师协会(Society of Public Analysts)成立,它早期的研究实验主要以面包、乳品和啤酒为材料。

此外,防止食品污染和掺假以及发展食品添加剂的历史研究也为食品化学的发展做出了一定贡献。而 19~20 世纪食品工业的发展更加推动了食品化学的发展,不同食品行业的兴起逐渐使食品化学形成了许多分支,如粮食化学、油脂化学、乳品化学、糖业化学、水产品化学、添加剂化学及香料和调味品化学等。

在 20 世纪初,一些具有重要影响的杂志如《Journal of Food Science》《Journal of Agricultural and Food Chemistry》和《Food Chemistry》等相继创刊,标志着食品化学作为一个学科的正式建立。其后,食品化学著作、教科书相继问世,其中 Fennema 的《Food Chemistry》和 Belitz 的《Food Chemistry》至今已经发行了多版,并在我国的食物科学教育界产生了较大的影响力。

20 世纪后期至今,由于现代农业、现代食品工业、现代加工技术和食品质量安全分析控制技术的新发展,推动和支持了现代食品化学的发展,特别是现代分析技术(例如色谱、质谱、色质联机等)的广泛应用,为研究食品微量成分和研究食品反应机制创造了新的条件,而功能食品研究的兴起,食品质量安全研究的强化,以及改性和合成食品成分的创新,还给食品化学的研究和发展开拓了不少崭新的研究领域。

1.3 食品化学的研究内容和方法

根据被研究的主要物质成分划分,食品化学的研究内容主要包括以下 12 个方面:食品水分化学、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、食品维生素化学、食品矿物质元素化学、食品色素化学、食品风味化学、食品添加剂化学、食品毒物化学、食品保健成分化学。

根据所研究问题的性质划分,食品化学的研究内容大致包括 5 个不同的方面:①确定食品的组成、营养价值、安全性和重要理化性质;②研究食品储藏加工中可能发生各种化学、生物化学变化,并研究化学反应的机制、动力学和环境因素对变化的影响;③确

定影响食品品质和质量安全的主要成分、功能性质、关键变化和影响变化的重要环境因素;④从化学角度研究食品原料改良、食品配方优化、加工工艺改良、加工技术和设备革新、包装方法和储藏条件改善等原理,以便更多保护食品有益成分,减少有害成分,减缓不良变化,提高产品的品质和附加值;⑤发展食品化学理论和研究方法,建立和丰富数据库和标准的分析检验方法。

1.3.1 食品的化学组成

(1)水分 水是食品中最普遍存在的组分,往往占原料质量或食品质量的4%~95%。食品中的水分可能有多种存在形式,因此其性质和功能是很复杂的。由于水为多种生物化学和化学反应提供良好的物理环境,并且和多种食品成分形成复杂的结合形式,因此它对生鲜原料的生命活动、加工特性和保藏期,对食品微生物的生命活动,对食品的质构、色泽、风味、其他品质特性和货架期,以及对食品加工技术和品质管理水平都有重要影响。

(2)碳水化合物 碳水化合物是人类食品中热量的主要来源,也是多数植物性原料和食品中含量最大的非水物质。碳水化合物的种类、结构和变化极其复杂多样,其对原料加工特性、食品品质特性方面的影响也是极其复杂多样和十分重要的。在大多数食品的加工和储藏中,必须高度重视其主要碳水化合物的组成、结构、加工特性和变化控制。另外,近20年来,在功能性多糖和低聚糖方面的研究非常活跃,例如,淀粉和纤维素的改性、膳食纤维的开发,其他保健功能性多糖的开发、保健功能性低聚糖的开发和多糖高级结构和其功能性的关系研究等分别吸引了大量研究力量。

(3)脂质 食用脂质具有重要的价值,它不仅提供热量和必需脂肪酸,而且能改善食品的口味。食品脂质通常以两种形式存在:一种是从动物和植物中分离出来的奶油、猪油、豆油、花生油以及棕榈油等显见脂质;另一种是存在于食品中的非显见脂质,如肉、乳、大豆、花生、菜籽以及棉籽的组织中均含有丰富的脂肪。脂质分子量较小,化学性质和物理性质复杂多样,其变化经常发生在各种食品中,不但影响到自身的营养和功能,还会引起蛋白质和维生素等其他物质变化,其中某些变化还会产生有害物质。在多数食品的加工和储藏中,必须高度重视发挥油脂的功能以及控制其不良变化。近年来,研究极性脂(如磷脂)、多不饱和脂肪酸的保健功能以及研究天然抗氧化剂化学活动非常活跃。

(4)蛋白质 蛋白质是食品中最重要的成分之一,它是人类的必需营养素,并具有重要的生理功能和食品功能。蛋白质是结构最为复杂的大分子,种类和性质极其复杂多样,在食品中能经历变性、水解、氧化等多种反应和变化,形成新的复杂结构或转化为肽类和氨基酸,并通过它们参与风味物质的形成和变化,蛋白质的一些变化或反应还可导致食品变质,甚至产生有害的化合物。所以蛋白质在生物和食品中都占有特殊重要的地位。在绝大多数食品的加工和储藏中,必须高度重视发挥其好的功能以及控制其不良变化。近年来,研究植物蛋白质不同组分的特性、研究新的蛋白质资源和研究功能性蛋白质和多肽的开发利用的热潮已经在食品界兴起。

(5)酶 酶是由生物活细胞所产生的、具有高效和高度专一性催化活性的特殊蛋白质。任何动植物和微生物来源的食物原料,均含有一定的内源酶。内源酶对食物的风味、质构、色泽、营养,具有重要的影响,其作用有的是期望的,有的是不期望的,因此一直

是食品加工储藏中备受关注和重点控制的对象。食品加工中有时还使用商品酶来完成多种有益的转变,特别是由于现代生物技术的迅速发展,大量廉价和优质的食用商品酶已通过生物工程技术开发出来,从而为商品酶在食品中的利用提供了良好基础。因此,多种以酶为核心的品质改良剂、抗氧化剂、酶传感器、固定化酶技术和酶法分析技术的研究正方兴未艾。

(6) 维生素 维生素是由多种不同结构的有机化合物构成的一类营养素。它们在食品中的绝对含量很少,其中又有一些维生素的稳定性较差,食品加工中的维生素损失问题有时依然严重,目前我国一部分人群的膳食营养中维生素依然供给不足。从食品化学角度看,目前对许多维生素的一般稳定性已经了解,但是对于复杂食品体系中维生素保存的影响因素及变化产物尚处在继续研究阶段。

(7) 矿物质 食品中包含的矿物质元素有数十种,它们无法在人体内合成,必须由膳食提供。因为食品矿物质元素(特别是许多微量元素)在不同原料中的含量差异较大,许多矿物质在食品中以多种形式存在,并且其生物利用性各不相同,所以许多人体疾病的发生和缺少某些矿物质元素密切相关,或者和摄入过多有害元素有关。因此,对于实际食品体系中各矿物质元素的含量、安全性、存在形式、生物利用性的研究是食品营养化学的研究重点之一。

(8) 色素 食品色素首先来源于植物或动物细胞与组织内的天然有色物质,其次则来源于人为添加的人工合成或从天然产物中提取的食用着色剂。全面了解食品色素和着色剂的种类、特性及重点掌握其在加工和储藏过程中的变化对于如何保持食品的感官吸引力是至关重要的。因此,食品化学重点研究不同食品色素的性质、安全性和其在食品加工储藏中的变化,研究食品色素前体物如何在食品加工储藏中转变为食品色素,研究某些色素可能具有的催化或影响其他食品成分变化的功能性。

(9) 风味物质 食品的风味物,除新鲜水果、蔬菜主要由本身生物合成产生外,一般是在加工过程中由糖类、蛋白质、脂类、维生素等分解或进一步反应所产生的,以及通过人为添加香料和调味品而补充的。每一种食品几乎都含有很多种风味物质,同一风味物在相同含量下对不同食品风味的贡献有时差异较大。由于食品风味物的相互搭配可能产生无数的风味差别,而绝大多数风味物的物理性质和化学性质活泼,在食品加工和储藏中经历着多种可能的变化,因此,研究食品的风味化学是十分艰巨的科研任务。就目前的认识水平,新鲜水果和蔬菜的风味主要由生物合成途径产生,其间涉及糖代谢、脂质代谢、氨基酸和次生物质代谢等,产物中比较高级的醇、醛、酯、萜烯、酮和多酚类等是这些食品风味的关键贡献成分。粮食、肉类等原料的风味物较单纯,风味较淡,但原料中的其他成分在加工中会转变为多种风味物质,使产品风味十足。例如,这些原料中大分子在发酵中或其他加工过程中降解产生的氨基酸、糖、脂肪酸等,并进一步在加热或其他加工过程中形成的小分子香气物,其实整个加工过程中还包括脂肪、色素、维生素和其他次生物质的参与和变化形成的小分子香气物。在饮料、糕点、糖果和肉制品等不少食品的生产中,各种调味品和香料在食品风味的改善中常常起着关键作用,掌握和善用调味艺术也是控制食品风味的关键。总之,研究形形色色的风味物质天然前体物、风味物质和风味添加剂的化学对控制食品的储藏加工条件,使产品具有的优良风味,防止和消除不良风味的形成是十分必要的,它们构成了食品化学的一个重大的研究方面。

(10) 添加剂 食品添加剂是指为了改变食品某方面的品质或为在食品的制造、加工、包装、储藏、运输或保存中达到一个技术上的目的而有意识地加入食品中的一些物质。由于食品添加剂直接或间接地成为食品的一个组分,所以食品化学不但要研究它的功能,还必须研究它的安全性。世界上已经开发了一万多种食品添加剂,各国常用的也有数百种。添加剂在食品中的合理使用大大促进了食品工业的发展,但食品添加剂的滥用也带给食品相当多的安全隐患。解决好这一问题还面临着严峻考验。

(11) 有害物质 食品中可能因污染和原料天然含有的缘故,或多或少都含有一定对人体有害的物质。例如,农、兽药残留、重金属污染、真菌毒素、亚硝胺、激素及不良加工中产生的多种微量的有害物。由于许多食品中存在超标的有害物质时,依然没有明显的外在迹象可供消费者辨别,而且在食品中清除残余的有害物时不能不顾清除方法对食品其他品质变化的影响,所以,预防、分析和减除食品中的有害物质是食品科学面临的重要任务之一。由于这种研究涉及较宽的和较复杂的化学、生物及食品知识,所以必须有食品化学家参加或主持。

(12) 保健成分 现代营养学、医学和食品科学共同关注着保健功能食品的发展。不论是中国的食疗或药膳、现代的保健食品、日本的功能食品,还是欧美的健康食品,其本质都是指对于某些形形色色的人群,如果只食用普通食品,其某些生理机能将处于亚健康状态,而保健功能食品中含有较丰富的普通食品中含量相对不足的具有调节人体某种生理机能的成分(功能因子),长期食入这类食品,可以改善亚健康人群的健康状况。而健康人群即使长期补充食用此类食品,也不应有副作用。如今,保健功能食品的发展已到了第三代产品的兴起,它要求明确保健食品中功能因子的功能、安全性、含量、量效关系和保证其在食品加工储藏中保持稳定。因此,这一领域的研究更需要食品化学人才。事实上,现代食品化学工作者已将很大一部分精力投入到保健功能因子的研究和利用上。

1.3.2 化学变化及对食品质量的影响

食品从原料生产、储藏、运输、加工到产品销售等过程中,每个过程无不涉及一系列的变化。仅就化学变化而言,其涉及面已非常广泛,一般包括食品的非酶促褐变和酶促褐变;水分活度改变引起食品质量变化;脂类的水解、脂类自动氧化、脂类热降解和辐解;蛋白质变性、交联和水解;多糖的水化、胶化、水解和化学修饰;蛋白质的变性、水化、相互作用和水解等,以及风味物质的形成和变化。这些变化从多种方面影响食品的质量。不仅涉及食品的营养价值、色泽、质地、风味等方面的问题,有时还涉及食品的安全性问题。下面仅简单举例加以说明。

(1) 食品质地的变化 食品质地指可用机械的、触觉的、视觉的、听觉的方法感觉到的产品的流变学、结构、几何图形和表面特征。例如,蛋白质变性、多糖的水解使食品持水容量降低;蛋白质加热变性使肉品变硬、原果胶降解使果蔬变软;亲水性多糖溶胶或胶原蛋白溶胶在冷却中胶凝化,可以转化为果冻、软糖和皮冻之类半固态。

(2) 风味的变化 食品加工和储藏过程中风味变化的例子不胜枚举。既有挥发逸失引起的变化,又有吸附获得引起的变化,既有加热引起的化学变化,又有酶催引起的生物变化。例如,脂类氧化、水解产生哈喇味;羰氨反应产生蒸煮味、焦糖味;大蒜组织和细胞

破裂释放酶、催化蒜氨酸分解产生大蒜香气;水果后熟时的生理生化变化使风味更加可口。

(3)色泽的变化 食品色泽变化有时幅度很大,且反应速度相当快。食品色泽变化主要由化学变化引起,但某些物理变化也可影响到色泽。例如,面粉中添加过氧苯甲酰后,类胡萝卜素被氧化,面粉变白;鲜肉在存放中发生肌红蛋白氧化、脂类氧化以及表面部分失水,使鲜肉颜色变褐,光泽变暗;果蔬损伤、日晒或受热后细胞破裂释放酶、酸和色素等成分后,花青素和叶绿素等色素降解,多酚等氧化聚合,引起变色、褪色或发生褐变。

(4)营养价值的变化 食品经过加工储藏,或多或少都会造成营养素的一定损失,但有少数食品变化可能使某些营养素的消化、吸收和利用性得到改善,并可能产生保健功能成分。例如,加热、光照、氧化可使多种维生素降解损失。果蔬损伤和漂烫时水溶性矿物质和维生素经水流失。蛋白质经强烈变性、共价键交联、美拉德反应等,其营养价值下降。脂类氧化、热解、聚合后都会损失必需脂肪酸,并可能产生有害物。

蛋白质和多糖部分水解,不但有利于吸收利用,而且可能形成具有保健功能的寡肽、低聚糖等。蛋白质性质的抗营养因子(如胰蛋白酶抑制剂)在加热变性后失去活性。加入维生素C将高价铁还原成二价铁,有利于其吸收利用。

(5)食品安全性变化 食品加工储藏过程中,一些化学变化可能影响到食品的安全性。有些变化使安全性提高,有些变化产生毒素或有害物。例如,烧烤食品表面可能有未完全燃烧的有机物,其中包括苯并芘等致癌物质;胆固醇的氧化产物中包含可致癌和致突变成分;油脂氢化过程中可能产生对人体有害的反式脂肪酸;腌制或发酵蔬菜制品中常因其硝酸盐分解为亚硝酸而增加其致癌危险性;热加工常可以使蛋白质毒素、过敏源等有害成分变性失活。

1.3.3 食品化学的研究方法

食品是多种组分构成的复杂体系,在加工储藏中可发生许多复杂的化学变化,因而给食品化学的研究工作带来许多困难。为克服这些困难,食品化学的研究方法中含有区别于一般化学研究方法的部分特色。主要特色之一是把食品的化学组成、理化性质及变化的研究同食品的品质和安全性要求联系起来。因此,从试验设计开始,食品化学的研究就以揭示食品品质或安全性变化为目的,研究中特别需要重点检测反映这些变化的成分和指标。食品化学研究方法的另一个特色是,为了避免复杂的食品体系带给化学研究的多种困难,使分析、推导和综合有一个清晰的背景,通常采用一个简化的、模拟的食品体系来进行试验,得到结果和结论后,再于真实的食品体系中验证、充实和修正它们。由于这种研究方法有时很难全面揭示食品体系中的真实情况,因此,在建立模拟体系时应认真思考研究对象的实际情况,设计好模拟体系、选好研究工作的切入点和抓住主要目标,并且应认真考虑、检查和认识已进行的研究中存在的不足,通过多角度、多次的试验研究,不断提高研究水平和完善研究成果。

食品化学研究中有时需要同时进行理化试验和感官试验。理化试验主要是对食品成分进行分离、分析和结构分析,并对食品成分的变化反应进行追踪以便分析其变化机制。因此分离和分析试验系统中的营养成分、有害成分、色素和风味物质等关键成分的存在形式、含量、变化后的生成物和它们的性质及其化学结构是常见的试验内容。

除建立的试验体系各有特色外,所采用的方法是和其他化学研究相同的。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。这种试验有一套独特的方法。在食品化学研究中,感官试验和理化试验相结合往往能取得更好的结果,感官试验研究往往能更快和更容易发现食品变化,而理化试验研究则能更科学地鉴定食品物质并揭示反应机制。

在食品科学领域利用现代分析技术进行研究已越来越广泛,然而食品的组成复杂,进行现代化学分析时的样品前处理和测定结果的正确解析必须依靠食品分析和食品化学的紧密结合。食品化学的研究越深入和知识积累越丰富,建立更适当的样品前处理方法和对测定结果进行更准确、更深入的解析就越容易。正因为这样,许多国家的食品科技界将食品分析纳入食品化学学科领域之中。在我国,虽然二者并未融合,但每个从事食品化学研究的科技人员都必须自觉从事改进食品分析方法的研究,因为分析方法的优劣部分决定着食品化学研究方法的优劣,分析数据的质量强烈影响着研究结果。

1.4 食品化学对食品技术发展的影响

作为一门应用化学的分支,食品化学对食品工业的推动作用还体现在对各食品行业技术进步的直接影响。一些实例简要列于表 1.1 中。

表 1.1 食品化学对各食品行业技术进步的影响

食品加工	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,脱涩脱苦,打蜡涂膜,化学保鲜,气调储藏,活性包装,酶法榨汁,过滤和澄清及化学防腐等
肉品加工储藏	宰后处理,保汁和嫩化,护色和发色,提高肉糜乳化力、凝胶性和黏弹性,超市鲜肉包装,烟熏剂的生产和应用,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,控制澄清晰度,提高风味,白酒降度,啤酒澄清,啤酒泡沫和苦味改善,防止啤酒异味,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,生产面粉改良剂,改善面包呈色和质构,防止产品老化和霉变等
食用油脂工业	精炼,冬化,调温,油脂改性,DHA、EPA 及中链脂肪酸三甘酯(MCT)的开发利用,食用乳化剂生产,抗氧化剂开发,减少油炸食品吸油量等
调味品工业和香料工业	生产肉味汤料、核苷酸鲜味剂、碘盐和有机硒盐等,发展化学酱油、香辛料精油,生产新型甜味料,在食品风味化学指导下开发更安全更仿真的食用香精等
发酵食品工业	发酵产品的后处理,后发酵期间的风味变化控制,菌体和残渣的综合利用等