



PRINCIPLE OF FOOD CHEMISTRY

食品化学原理

陈 健 吴国杰 赵谋明 主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



食品化学原理

陈 健 吴国杰 赵谋明 主 编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内容简介

食品化学是一门多学科交叉、渗透的新兴学科,是食品类相关专业主要基础课之一。随着科学技术的进步,食品化学的内容有向更宽、更深入发展的趋势。本书较全面地阐明了食品及其原料的组成、性质、结构、功能,并介绍了食品化学成分在食品加工和储藏过程中的性质和变化,以及提高食品品质和营养、保证食品质量安全的相关知识。在传统的食品化学的基础上,补充了部分保健食品化学的内容。全书共分14章,内容包括:绪论、水分、食品分散体系、碳水化合物、脂类、蛋白质、维生素与矿物质、黄酮类化、食品色素、萜类和挥发油、皂苷、食品风味化学、食品添加剂、食品中有毒有害物质。

本书可作为高等院校食品类专业和相关专业教材,也可供食品工程领域和相关技术领域工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品化学原理 / 陈健, 吴国杰, 赵谋明主编. — 广州: 华南理工大学出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-5623-4130-7

I. ①食… II. ①陈… ②吴… ③赵… 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 009815 号



食品化学原理

陈健 吴国杰 赵谋明 主编

出版人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

http: // www. scutpress. com. cn E-mail: scutl3@scut. edu. cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 张颖 方琅

印刷者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 29.25 字数: 788 千

版次: 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1000 册

定价: 45.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

编写人员

主 编 陈 健 吴国杰 赵谋明

副主编 崔 春 朱 良 刘昭明

编 者 (按姓氏笔画排序)

齐军茹 (华南理工大学)

朱 良 (华南理工大学)

朱志伟 (华南理工大学)

刘昭明 (广西科技大学)

张立彦 (华南理工大学)

吴国杰 (仲恺农业工程学院)

吴炜亮 (广东产品质量监督检验研究院)

陈 健 (华南理工大学)

杨 丽 (华南理工大学)

杨晓泉 (华南理工大学)

范晓丹 (华南理工大学)

赵强忠 (华南理工大学)

赵谋明 (华南理工大学)

崔 春 (华南理工大学)

审 稿 陈 健 崔 春

前 言

食品化学是一门多学科交叉、渗透的新兴学科，是食品类相关专业主要基础课之一。随着科学技术的进步，食品化学的内容有向更宽、更深入发展的趋势。本书较全面地阐明了食品及其原料的组成、性质、结构、功能，并介绍了食品化学成分在食品加工和储藏过程中的性质和变化，以及提高食品品质和营养、保证食品质量安全的相关知识。在传统的食品化学的基础上，补充了部分保健食品化学的内容。本书共分十四章，包括第一章绪论（陈健），第二章水分（刘昭明），第三章食品分散体系（朱志伟），第四章碳水化合物（陈健），第五章脂类（张立彦），第六章蛋白质（齐军茹、赵强忠、崔春），第七章维生素与矿物质（吴炜亮，吴国杰），第八章黄酮类化合物（陈健，赵谋明），第九章食品色素（吴国杰，范晓丹），第十章萜类和挥发油（杨丽），第十一章皂苷（朱良），第十二章食品风味化学（吴国杰，崔春），第十三章食品添加剂（吴炜亮，吴国杰），第十四章食品中的有毒有害成分（杨晓泉、朱良）。

本书可作为高等院校食品类专业和相关专业教材，也可供食品工程领域和相关技术领域工程技术人员参考。书中难免有疏漏之处，希望各位读者批评指正。

目 录

1 绪 论 /1

- 1.1 食品的性质、主要成分及分类 /1
- 1.2 食品化学的概念 /2
- 1.3 食品化学的发展历史和发展趋势 /2
- 1.4 食品化学的研究方法和内容 /3
- 1.5 食品中主要化学与生物化学反应 /4
- 1.6 食品贮存加工过程中的影响因素 /5

2 水 分 /7

- 2.1 食品中的水分含量 /7
- 2.2 食品中水分的存在形式 /8
- 2.3 水与溶质的相互作用 /9
 - 2.3.1 水与离子、离子基团的相互作用 /10
 - 2.3.2 水与极性物质的相互作用 /10
 - 2.3.3 水与非极性物质的相互作用 /11
- 2.4 水分活度 /12
 - 2.4.1 水分活度的定义 /12
 - 2.4.2 水分活度的测定 /13
 - 2.4.3 水分活度与温度的关系 /13
- 2.5 水分吸附等温线 /14
 - 2.5.1 水分吸附等温线定义与意义 /14
 - 2.5.2 滞后现象 /17
 - 2.5.3 吸附等温线的数学模型
及单层水含量的计算 /17
- 2.6 水分活度与食品稳定性 /18
 - 2.6.1 水分活度对微生物
生命活动的影响 /19
 - 2.6.2 水分活度对食品化学变化的影响 /21
- 2.7 冰与食品稳定性 /22
- 2.8 水分对食品质量的影响 /23
 - 2.8.1 面粉、生面团、面包中的水 /25
 - 2.8.2 快餐食品中的水分 /25
 - 2.8.3 肉类的持水性 /25
- 2.9 分子流动性 /26
 - 2.9.1 分子流动性定义与食品状态图 /26
 - 2.9.2 分子流动性与食品稳定性的关系 /28

3 食品分散体系 /32

- 3.1 概述 /32
 - 3.1.1 食品分散体系的分类 /32
- 3.2 表面现象 /33
 - 3.2.1 界面张力和吸附 /34
 - 3.2.2 曲形界面 /35
 - 3.2.3 溶液表面的吸附现象 /36
 - 3.2.4 液-固界面现象 /38
- 3.3 表面活性剂 /40
 - 3.3.1 表面活性剂的结构特征 /40
 - 3.3.2 Gemini 表面活性剂 /41
 - 3.3.3 表面活性剂的分类 /42
 - 3.3.4 胶束与临界胶束浓度 /43
 - 3.3.5 表面活性剂的 HLB 值 /45
- 3.4 胶体的稳定机理 /48
 - 3.4.1 溶胶的稳定与 DLVO 理论 /48
 - 3.4.2 高聚物稳定胶体体系的理论 /50
 - 3.4.3 溶胶的聚沉 /51
- 3.5 乳状液 /53
 - 3.5.1 乳状液的一般性质 /53
 - 3.5.2 影响食品乳状液性质的重要因素 /55
 - 3.5.3 乳状液的形成 /55
 - 3.5.4 多重乳状液 /57
 - 3.5.5 乳状液的不稳定性 /57
 - 3.5.6 界面物质的相互作用 /59
 - 3.5.7 影响界面膜稳定性的重要因素 /60
 - 3.5.8 乳状液特性对感官的影响 /61
- 3.6 泡沫体系 /62
 - 3.6.1 泡沫的形成 /63
 - 3.6.2 泡沫的破裂和稳定性 /64
 - 3.6.3 发泡能力和稳定性的实际控制 /66
 - 3.6.4 泡沫流变性 /67
 - 3.6.5 消泡和泡沫的抑制 /67
- 3.7 凝胶 /68
 - 3.7.1 凝胶的类型 /68
 - 3.7.2 凝胶的流变学物性研究 /70

3.8 食品分散体系的流变特性 / 71

3.8.1 液态食品的流变特性 / 71

3.8.2 固态与半固态食品的流变特性 / 74

4 碳水化合物 / 78

4.1 概述 / 78

4.2 单糖及衍生物 / 78

4.2.1 单糖的结构 / 78

4.2.2 食品中单糖的物理特性 / 79

4.2.3 单糖的化学性质 / 81

4.2.4 食品中单糖的重要衍生物 / 86

4.3 低聚糖 / 91

4.3.1 分类与命名 / 91

4.3.2 低聚糖的性质 / 91

4.3.3 食品中重要的低聚糖 / 93

4.3.4 功能性低聚糖 / 96

4.4 多糖 / 99

4.4.1 多糖的命名和分类 / 99

4.4.2 多糖链结构的形态 / 99

4.4.3 多糖链结构的类型 / 100

4.4.4 多糖的特性 / 103

4.4.5 淀粉 / 108

4.4.6 纤维素和半纤维素 / 119

4.4.7 果胶 / 121

4.4.8 植物胶 / 126

4.4.9 海藻胶 / 128

4.4.10 动物胶 / 133

4.4.11 微生物胶 / 135

4.5 碳水化合物在食品中的功能作用 / 136

4.6 碳水化合物在食品加工贮存中的变化 / 141

4.6.1 美拉德反应 / 141

4.6.2 焦糖化反应 / 148

4.6.3 碳—碳键不发生断裂的反应 / 150

4.6.4 碳水化合物的裂解反应 / 152

5.2 食物中脂类的命名 / 154

5.2.1 酰基甘油 / 154

5.2.2 脂肪酸 / 156

5.2.3 磷脂 / 158

5.3 食物中脂类的含量及组成 / 158

5.3.1 食物中脂类的含量 / 158

5.3.2 脂肪酸 / 159

5.4 油脂的物理特性 / 161

5.4.1 三酰基甘油分布模式理论 / 161

5.4.2 结晶及同质多晶现象 / 163

5.4.3 脂类的密度 / 167

5.4.4 表面张力 / 167

5.4.5 粘度 / 167

5.4.6 极性 / 167

5.4.7 熔点 / 167

5.4.8 折射率 / 168

5.4.9 塑性 / 169

5.5 脂类的化学性质 / 169

5.5.1 脂解 / 169

5.5.2 氧化 / 170

5.5.3 热分解 / 186

5.5.4 热聚合 / 189

5.5.5 缩合反应 / 189

5.5.6 脂类在油炸条件下的化学变化 / 190

5.5.7 辐照时油脂的化学反应 / 192

5.6 油脂加工化学 / 194

5.7 脂类的改性 / 195

5.7.1 天然改性脂类及其对 食品质量的影响 / 195

5.7.2 通过加工处理进行脂类 改性及对食品质量的影响 / 196

6 蛋白质 / 198

6.1 概述 / 198

6.2 氨基酸的理化性质 / 198

6.2.1 结构与分类 / 198

5 脂类 / 153

5.1 脂肪的分类及结构 / 153

- 
- 6.2.2 氨基酸的一般性质 /199
 - 6.2.3 氨基酸的化学性质 /203
 - 6.3 肽的理化性质 /205
 - 6.3.1 肽的物理化学性质 /205
 - 6.3.2 生物活性肽 /206
 - 6.4 蛋白质 /207
 - 6.4.1 蛋白质的结构 /207
 - 6.4.2 蛋白质的分类 /210
 - 6.4.3 蛋白质的理化性质 /212
 - 6.5 蛋白质的变性 /213
 - 6.5.1 蛋白质变性的热力学和动力学 /214
 - 6.5.2 蛋白质的物理变性 /215
 - 6.5.3 蛋白质的化学变性 /218
 - 6.5.4 蛋白质的降解 /220
 - 6.6 食品中的重要蛋白质 /225
 - 6.6.1 肉类蛋白质 /226
 - 6.6.2 胶原和明胶 /228
 - 6.6.3 乳蛋白质 /229
 - 6.6.4 植物种子蛋白质 /231
 - 6.6.5 植物叶蛋白 /233
 - 6.6.6 微生物蛋白 /233
 - 6.7 蛋白质的功能性质 /234
 - 6.7.1 水合性质 /236
 - 6.7.2 蛋白质的溶解度 /238
 - 6.7.3 粘度 /239
 - 6.7.4 蛋白质凝胶 /240
 - 6.7.5 组织化 /242
 - 6.7.6 面团的形成 /244
 - 6.7.7 乳化性质 /246
 - 6.7.8 泡沫性质 /248
 - 6.7.9 风味结合 /248
 - 6.8 食品加工对蛋白质的影响 /248
 - 6.9 蛋白质的改性 /251
 - 6.9.1 物理改性 /251
 - 6.9.2 化学改性 /252
 - 6.9.3 生物改性 /254
 - 6.10 酶和酶促褐变 /256
 - 6.10.1 酶的化学本质与催化特性 /256
 - 6.10.2 酶催化作用机理 /258
 - 6.10.3 酶活性及影响因素 /259
 - 6.10.4 酶促褐变 /261
 - 6.10.5 酶促褐变的防止和控制 /264
 - 7 维生素与矿物质 /266**
 - 7.1 维生素 /266
 - 7.2 水溶性维生素 /267
 - 7.2.1 硫胺素 /267
 - 7.2.2 核黄素 /269
 - 7.2.3 烟酸 /271
 - 7.2.4 维生素 B₆ /271
 - 7.2.5 叶酸 /272
 - 7.2.6 生物素 /273
 - 7.2.7 泛酸 /273
 - 7.2.8 维生素 B₁₂ /274
 - 7.2.9 维生素 C /275
 - 7.3 脂溶性维生素 /277
 - 7.3.1 维生素 A /277
 - 7.3.2 维生素 D /278
 - 7.3.3 维生素 E /279
 - 7.3.4 维生素 K /280
 - 7.4 矿物质 /281
 - 7.4.1 矿物质的性质 /281
 - 7.4.2 常量元素 /282
 - 7.4.3 微量元素 /284
 - 8 黄酮类化合物 /287**
 - 8.1 黄酮类化合物的结构与分类 /287
 - 8.2 黄酮类化合物的理化性质 /293
 - 8.2.1 性状 /294
 - 8.2.2 旋光性 /294
 - 8.2.3 溶解性 /294
 - 8.2.4 酸性与碱性 /295
 - 8.2.5 显色反应 /296
 - 8.2.6 黄酮类化合物的色谱检识 /297

8.3 黄酮类化合物的提取与分离 /298

8.3.1 提取 /298

8.3.2 分离纯化 /301

8.4 黄酮类化合物的测定方法 /306

8.4.1 含量测定方法 /306

8.4.2 结构测定方法 /307

8.5 黄酮类化合物在食品中的应用 /308

8.5.1 食品添加剂 /308

8.5.2 在功能食品中的应用 /309

8.5.3 在无公害产品中的应用 /309

9 食品色素 /310

9.1 概述 /310

9.1.1 食品色素的定义和作用 /310

9.1.2 食品呈色机制 /310

9.1.3 食品色素的分类 /311

9.2 天然色素 /312

9.2.1 四吡咯色素 /312

9.2.2 类胡萝卜素色素 /317

9.2.3 多酚类色素 /321

9.2.4 酮类衍生物 /330

9.2.5 醌类衍生物 /331

9.2.6 其他天然色素 /331

9.3 食用合成色素 /334

9.4 食用色素的安全性 /336

9.5 食品调色的原理及应用 /336

10 萜类和挥发油 /338

10.1 萜类 /338

10.1.1 萜类的分类和结构 /338

10.1.2 萜类的理化性质 /343

10.1.3 萜类的提取与分离 /345

10.2 挥发油 /347

10.2.1 概述 /347

10.2.2 挥发油的组成与分类 /347

10.2.3 挥发油的理化性质 /348

10.2.4 挥发油的提取与分离 /349

11 皂苷 /352

11.1 皂苷的结构与分类 /352

11.1.1 三萜皂苷 /353

11.1.2 甾体皂苷 /355

11.2 皂苷的理化性质 /358

11.3 皂苷的提取与分离 /361

11.3.1 皂苷的提取 /361

11.3.2 皂苷及皂苷元的分离 /362

11.4 皂苷的检识 /365

11.4.1 皂苷的理化检识 /365

11.4.2 皂苷的色谱检识 /366

11.5 皂苷类化合物的结构研究 /367

11.6 皂苷的研究实例 /369

11.6.1 人参 /369

11.6.2 甘草 /372

12 食品风味化学 /374

12.1 滋味 /374

12.1.1 阈值 /375

12.1.2 甜味与甜味物质 /376

12.1.3 苦味 /382

12.1.4 酸味 /385

12.1.5 咸味 /387

12.1.6 其他风味 /387

12.2 气味 /388

12.2.1 化合物的气味与分子结构的关系 /388

12.2.2 化合物的类别与气味 /388

12.3 食品风味化合物的形成途径 /389

12.3.1 酶促反应 /389

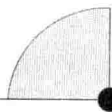
12.3.2 非酶促反应 /393

12.4 食品中的风味化合物 /394

12.4.1 植物性食品的风味 /395

12.4.2 发酵食品的香气成分 /396

12.4.3 动物性食品的风味 /396



12.5 食用香料 /397

12.5.1 食用香料的特性 /397

12.5.2 食用香料的分类 /398

12.5.3 食用香精香料 /398

13 食品添加剂 /400

13.1 食品添加剂的定义与分类 /400

13.2 食品添加剂选用原则和要求 /401

13.3 改善食品色香味的添加剂 /403

13.3.1 食用色素 /403

13.3.2 食用香精香料 /404

13.3.3 酸味剂 /407

13.3.4 甜味剂 /407

13.4 延长食品保质期的添加剂 /408

13.4.1 食品防腐剂 /408

13.4.2 食品抗氧化剂 /410

13.5 改善食品品质的添加剂 /414

13.5.1 乳化剂 /414

13.5.2 增稠剂 /417

13.6 营养强化剂 /418

14 食品中的有毒有害成分 /421

14.1 概述 /421

14.2 植物或蕈类食品中的
天然毒素 /422

14.2.1 有毒植物蛋白、多肽及氨基酸 /423

14.2.2 毒苷 /427

14.2.3 生物碱 /428

14.2.4 棉酚 /431

14.2.5 细胞松弛素 /431

14.2.6 天然诱变剂 /432

14.3 动物性食品的天然毒素 /432

14.3.1 鱼类毒素 /432

14.3.2 贝类毒素 /434

14.4 霉菌毒素 /436

14.5 细菌毒素 /440

14.6 食物中的污染物 /442

14.6.1 植物食品中的农药残留 /442

14.6.2 植物食品中的除草剂残留 /444

14.6.3 重金属和砷 /445

14.6.4 二噁英及其类似物 /446

14.6.5 动物性食品中的兽药

残留及禁用饲料添加剂 /447

14.6.6 放射性物质 /450

14.7 食品添加剂 /452

14.7.1 抗氧化剂 /452

14.7.2 合成甜味剂 /452

14.7.3 食用色素 /453

14.7.4 防腐剂 /453

14.8 食品加工过程中形成的毒素 /454

14.8.1 苯并[a]芘 /454

14.8.2 美拉德反应产物和杂环胺 /455

14.8.3 硝酸盐、亚硝酸盐与亚硝胺 /456

参考文献 /458

1

绪 论

1.1 食品的性质、主要成分及分类

食物提供营养素,维持人类正常代谢活动,是人类生存的最基本条件。食品是食物的一部分,通常是指经过一定加工处理后才能被食用的食物。

食品的第一性质是其营养性、可食用性(安全性)。人体所需的营养物质包括水、碳水化合物、脂类、蛋白质、矿物质和维生素等六大类。

食品的第二性质是其感官特性,主要是指食品的颜色、大小、形状、滋味、口感和流变学性质等,受产品的化学组成和贮藏加工工艺的影响。

食品的第三性质是其方便性,主要指盛装食品容器的大小、开闭容器的方便性等。

食品的第四性质是其环保性,涉及包装材料的循环使用和可降解性、污染的控制等生态学方面的问题。

依据食品中各物质的化学结构特征和主要作用,常将组成食品的各种成分分为天然成分和非天然成分两大类,每部分又可进一步细分,如图1-1所示。

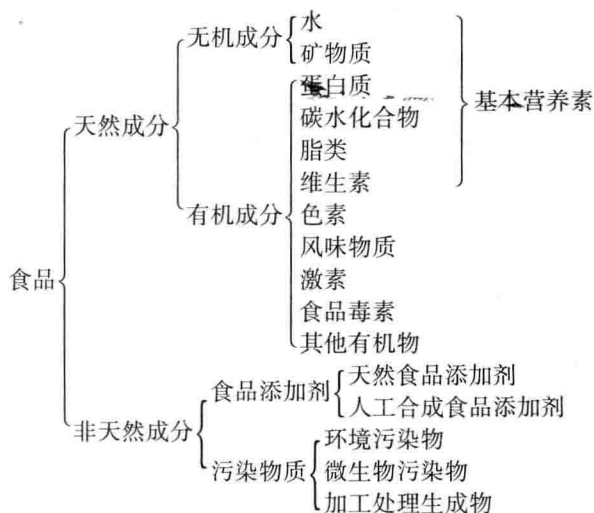


图 1-1 食品的化学组成分类示意图

1.2 食品化学的概念

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,是应用化学的一个重要分支。它同食品微生物学和食品工程一起构成了食品科学中的三大支柱学科。食品化学的研究内容包括食品的组成、性质、结构和功能,以及食品成分在储藏、加工过程中的化学和生物化学变化,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科学。

1.3 食品化学的发展历史和发展趋势

尽管从某种意义上说,食品化学的起源可追溯到远古时代,但与食品化学相关的最主要的发现始于18世纪后期。

瑞典化学家 Carl Wilhelm Scheele (1742 ~ 1786 年)从植物与动物材料中分离出多种新物质,发现氯、氧、酒石酸、草酸、乳酸、乙醛和酯类等30种以上的无机和有机物质,被认为是食品化学领域精确分析的开端。

法国化学家 Antoine Laurent Lavoisier(拉瓦锡,1743 ~ 1794 年)提出了“元素”说,提出空气主要由氧气和氮气组成,确认了水的组成,建立了燃烧有机分析的基本原理,并首次用一个平衡反应式表示发酵过程。

法国化学家 Nicolas Theodore de Sanssure(1767 ~ 1845 年)研究了植物呼吸过程中 CO_2 和 O_2 的变化,通过灰化的方法研究了植物的矿物质含量,首次完成了乙醇的元素组成分析。

英国化学家 Sir Humphrey Davy (1778 ~ 1829 年)分离了元素 K、Na、Ba、Sr、Ca、Mg,并于1813年出版《农业化学原理》,指出植物通常由 C、H、O 等7~8种基本元素组成。

法国化学家 Michel Eugene Chevreul(1786 ~ 1889 年)是有机物质分析的先驱,他在研究动物脂肪的过程中发现了硬脂酸和油酸。

德国化学家 Justus Von Liebig(1803 ~ 1873 年)将食品分为含氮(植物纤维蛋白、酪蛋白)和不含氮(脂肪、碳水化合物等)两类,并于1847年出版了第一本食品化学方面的著作《食品化学的研究》。

1860年,德国 W. Hanneberg 和 F. Stohman 发展了一种测定食品中主要组分的重要方法。将试样分为几个部分,测定其中水分、粗脂肪、灰分和氮的含量,将氮量乘6.25,即得到蛋白质含量;用稀酸和稀碱消化样品,得到的残渣被称为粗纤维。

1871年, Jean Baptiste Dumas(1800 ~ 1884 年)认为仅有蛋白质、碳水化合物和脂肪组成的膳食不足以维持人类的生命。

19世纪初期,食品掺假现象日益突出,迫切要求有关部门建立可靠的食物检验方法。1920年,各国相继颁布了关于禁止食品掺假的法规,并建立了相应的检验机构和检验方法,从而在一定程度上抑制了掺假的行为。

20世纪上半叶,已经发现了大部分的食用物质,并对其性质作了鉴定。这些物质是维生素、矿物质、脂肪酸等。

20世纪50年代以来,由于食品添加剂、饲料添加剂和农药等的大量使用,食品安全性

问题已成为人们普遍关心的重要问题；同时由于现代分析技术(如色谱、质谱、色质联机等)的飞速发展，导致了食品成分分析的全面变革。由此产生了食品生产、处理和加工方式的相应的变化。

20 世纪 80 年代以来，伴随着新的食品加工技术(如膜技术、超临界萃取技术、超微粉碎技术、微波技术和静高压灭菌技术等)的发展和分子生物学技术的应用，人们对于食品品质、安全性等方面提出新的要求，各国加强了对食品安全的检疫制度，部分国家对转基因食品进行控制。

1.4 食品化学的研究方法和内容

食品是由多种组分构成的复杂体系，在加工和贮藏过程中，可发生许多复杂的变化，给食品化学的研究带来许多困难。食品化学的研究方法一般是从模拟体系或简单体系入手，即从简化的研究体系中得出实验结果并应用于食品体系，以确定各组成成分之间的相互作用，及其对食品营养、感官品质和安全性造成的影响，如通过分析研究对象的组成来研究单一组分所发生的变化、多组分间的相互作用等。由于简化的体系与真实体系有一定的差异，故其研究结果与实际的结果并非完全吻合，需要进行必要的校正后方能更好地应用于实际情况。

食品化学研究的内容大致可分为四个方面：

(1) 确定食品的组成、营养价值、安全性和品质等重要的基本性质。

营养是食品的基本特征，它是保证人体生长发育和从事劳动的物质基础。食品的安全性也是食品的基本属性。食品不应含有任何有害的化学成分或微生物污染物，如黄曲霉毒素、亚硝胺、苯并芘、农药、有害重金属化合物等。而食品在生产、加工、贮藏过程中，一些成分发生的化学反应、物理变化或微生物污染，有可能对食品的品质、安全性产生各种不良的影响。例如，蛋白质、脂肪和碳水化合物三大营养成分在食品的贮藏、加工过程中就有可能发生一些无益的反应。

(2) 研究食品在贮藏、加工过程中可能发生的各种化学、生物化学变化，并探索变化的步骤、机制及环境因素对变化的影响等。

表 1-1 是食品在贮藏加工过程中各组分的变化和相互作用对食品品质和安全性产生的不良影响。在这些变化中质构、风味和色泽的变化是消费者容易察觉的，而营养价值和安全性变化常不易察觉。

表 1-1 食品在贮藏加工过程中产生的不良变化

特征	不良变化
营养价值	维生素、矿物质、蛋白质、脂类等物质的损失或降解
安全性	微生物污染产生内(外)毒素，有害化学物质污染，有害化学物质生成，食品毒素灭活或清除不完全，农药、兽药污染或残留量超出标准，食品添加剂使用量超出标准
质构	溶解性丧失，分散性丧失，持水力降低，硬化，软化
风味	产生恶臭，产生酸败味，产生其他异味
色泽	变黑，褪色，产生其他不正常色泽

(3)在上述研究基础上,确定影响食品品质和安全性的主要因素。

(4)将研究结果应用于食品的加工、贮藏过程中。

1.5 食品中主要化学与生物化学反应

食品在加工、贮藏过程中发生的许多化学和生物化学反应都会影响食品的品质和安全性。这些反应包括非酶褐变、酶促褐变、脂类水解和氧化、蛋白质变性、蛋白质交联和水解、低聚糖和多糖的水解、多糖的合成,以及维生素和天然色素的氧化与降解等。这些反应列于表1-2中。

反应的类型一般取决于食品的种类、食品加工和贮藏的条件、反应剂或反应底物、各反应之间的相互影响和竞争等。由于食品体系成分复杂,食品化学的研究往往也十分复杂。因此,简化食品体系或采用模拟体系进行研究,是食品化学研究方法上的一个显著特点。

表 1-2 改变食品品质的一些反应及其对品质的影响

反应种类	对食品品质的影响
非酶褐变	焙烤食品发生褐变
酶褐变	切开的水果发生褐变
氧化反应	脂肪产生异味脂类(不良风味)、维生素降解、色素褪色、蛋白质失去营养价值
水解	脂类、蛋白质、维生素、碳水化合物、色素水解
金属相互作用	络合反应(花色苷)、催化氧化反应
脂类异构化	顺式→反异构化,非共轭脂→共轭脂
脂类环化	产生单环脂肪酸
脂类聚合反应	在深度油炸时起泡
蛋白质变性	蛋清凝结、酶失活
蛋白质交联	碱法加工蛋白质使营养价值降低
多糖合成	发生在采收后的植物中
糖分解反应	发生在宰杀后的动物组织、采收后的植物组织

各类反应对食品质量与安全的影响一般是由一系列初级反应引起组分的分子结构发生变化,并导致肉眼可见或其他感官能感觉到的变化,引起食品品质变坏,出现食品安全性问题。表1-3中的反应可导致表1-1中的变化,综合两表中的信息能使人们了解食品变质的原因。食品变质通常包括一系列基本反应(变化)以及随之产生的后续反应(变化)。表1-3列举了此类反应的实例,应特别注意,食品的固有质量属性可能因几种不同的基本反应而发生改变。

表 1-3 在加工和贮藏过程中食品产生变化的原因及结果

主要的引发事件	次级事件	被影响的属性(见表 1-1)
脂类的水解	游离脂肪酸与蛋白质反应	质构、风味、营养价值
多糖的水解	糖与蛋白质反应	质构、风味、色泽、营养价值
脂类的氧化	氧化产物与其他组分的反应	质构、风味、色泽、营养价值; 能产生有毒物质
水果擦伤	细胞破裂, 酶释放出来, 氧气进入	质构、风味、色泽、营养价值
新鲜蔬菜的加热	细胞壁和膜失去完整性, 酸释放, 酶失活	质构、风味、色泽、营养价值
肌肉组织加热	蛋白质变性和聚集, 酶失活	质构、风味、色泽、营养价值
脂类中顺式→反式转变	在深度油炸中提高聚合反应速度	在深度油炸中过分的起泡作用, 降低脂类的生物利用率

并非所有的食品反应都有害, 有的食品反应有利于食品品质的改良。例如, 多糖或蛋白质的化学修饰和衍生物的合成作用可改变其功能特性。因此, 在生产实践中, 可以根据实际需要来控制 and 利用上述各种反应。

食品中主要成分的相互作用可用图 1-2 说明。

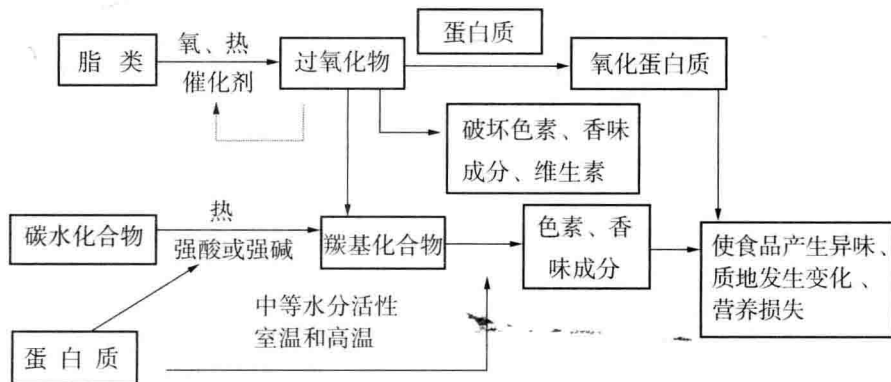


图 1-2 食品组分之间的相互作用

1.6 食品贮存加工过程中的影响因素

食品在贮藏加工过程中的各种化学和生物化学变化与温度、时间、pH 值、食品的组成、水分活性、反应速率都有关系, 如表 1-4 所示。

表 1-4 食品贮存加工过程中的重要影响因素

产物因素	各个组分(包括催化剂)的化学性质、氧含量、pH 值、水分活度、玻璃化温度、玻璃化温度时的水含量
环境因素	温度、处理时间、大气组成、光照、污染、物理损伤、化学、物理或生物化学处理

温度对反应速率的影响主要体现在它对反应速率系数的影响上,在中等范围内,反应符合阿累尼厄斯(Arrhenius)方程:

$$K = A \cdot e^{-\Delta E/RT}$$

式中, K 为温度 T 时的速率常数; A 为作用物分子间的碰撞频率; ΔE 为反应活化能; R 为气体常数; T 为温度。

温度处于方程的指数项中,对反应速率系数有显著影响。通常温度升高, K 值增大,反应速率加快。

时间也是影响食品贮藏加工过程中各种变化的重要因素。在食品的贮藏中,往往需要了解不同食品在一定质量水平的保藏期,这就涉及各种化学反应和微生物反应随时间变化的规律。这些变化规律决定了产品的保质期限。

pH 值能够影响许多化学反应和酶催化反应的速率。在极端 pH 时,微生物生长和酶催化反应受到极大程度的抑制,但此条件下,酸或碱催化的反应却得到加速。

水分活度能强烈地影响酶催化反应、脂类氧化、非酶催化褐变、蔗糖水解、叶绿素降解、花色苷降解和其他反应的速度。在低水分活度时,大多数反应的速率相对减慢,但脂类的氧化和类胡萝卜素的降解例外。

食品的成分决定反应的类型,各类反应的活化能和碰撞频率依赖于组成物质的性质和结构。对于组合食品,通过加入被允许使用的化学物质(如抗氧化剂、风味剂、酸化剂、螯合剂等)或者去除不期望的反应剂(如从脱水蛋清蛋白中脱去葡萄糖)调节它们的组成达到控制反应的目的。

此外,环境的气体组成、包装材料等都会影响食品成分之间的各类反应。大气的湿度和氧气等对于食品的保藏有重要影响。在某些食品的保藏中,少量残余氧气就会造成明显的不良后果,因而需要排除氧气。光照可能会损伤某些产品,用不透光的材料包装这些产品是一种常用处理手段。

总之,只有了解和掌握各种食品属性的属性以及这些成分对食品质量的影响,各类导致食品变化的反应,以及影响这些反应的因素,才能发现在食品生产、加工过程中存在的各种问题,并提出解决这些问题的有效的方法和途径。

2

水分

食品中水的含量、存在形式及其与食品中其他组分的结合状态对食品的外观、质构、加工工艺以及食品的保藏性能等都有重要的影响。全面了解食品中水的特性,掌握水分对食品品质和保藏性能的影响,对正确理解和设计食品加工工艺有重要的意义。

2.1 食品中的水分含量

水是食品的主要成分之一。表 2-1 列出了一些食品的水分含量。

表 2-1 中的食品包括两类:一类属于新鲜的、未经加工的食品原料,包括新鲜的果蔬原料和禽畜肉和水产品;另一类属于经过加工而获得食品产品。新鲜的未经加工的食品原料的水分含量均较高,一般达到 50% 以上,而食品产品则由于产品的品质要求和保藏要求的不同,水分含量也不同。如果需要长期保藏含有大量水分的食品,则要采用适当的保藏方式,否则这些食品就容易发生腐败变质。

表 2-1 一些食品的水分含量

食品		水分含量(%)
乳制品	奶油	15
	乳酪	40 ~ 75
	乳粉	4
	鲜奶油	60 ~ 70
	液体乳制品	87 ~ 91
	冰淇淋	65
禽畜肉和水产品	猪肉	53 ~ 60
	牛肉	50 ~ 70
	鸡肉	74
	鱼	65 ~ 81
蛋	新鲜蛋	74
	干蛋粉	5