

十校合编教材
刘邻渭 主编

食品化学

FOOD
CHEMISTRY

陕西科学技术出版社

十校合编教材

刘邻渭 主编

食 品 化 学

陕西科学技术出版社

(陕)新登字第 002 号

十校合编教材

食品化学

刘邻渭 主编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

西北农业大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 23.25 印张 516 千字

1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-3 000

ISBN 7-5369-2597-2/O·78

定 价:25.00 元

前 言

对食品原辅料、贮藏加工、包装运销和质量监控进行全面、系统、深入和本质的研究所取得的丰硕成果已使食品科技步入了现代科技的宏伟殿堂。深入研究食品成分、结构与功能、物理化学性质,特别是研究与食品营养、质构和感官密切相关的性质、变化、调控及分析方法,以及进一步探讨食品开发、加工、综合利用、包装装潢和贮运营销等食品工程领域中的化学技术原理并加以完善,乃食品科技中的食品化学内容。

本书是特为食品科技专业的高校学生编写的食品化学教材,同时兼顾食品科技领域技术人员和教师参考使用。鉴于篇幅有限,难以包罗万象,愿学生由此领略现代食品化学的基本面貌而籍以建立较为广阔的思维空间,去探索深层次的食物科学理论、加工技术原理和科学研究方法,成为推动我国食品科技和食品工业现代化的有生力量。

本书由西北农业大学、上海农学院、中国人民解放军农牧大学、上海大学、西北林学院、福州大学、华南农业大学、仲恺农学院、河南技术师范学院和延边农学院十校食品专业的部分教师合编。根据国家教委“面向 21 世纪教学内容和课程设置改革思路”以及制定的新教学计划精神,结合参编教师的实际教学经验,我们建议采用本教材执教的老师选用 60~90 学时完成本书主要~全部教授内容。

由于编者学识有限,编写时间仓促,书中难免会有疏漏、谬误和不妥之处,敬请专家、学者和读者批评指正。

本书编写中参考了大量国内、外专家和学者的论著(见书后参考文献),书中插图和化学结构式由康享林和张宝林绘制,薛辉、李元瑞、刘兴华、侯玉丽、南红梅、田华、王仰利、王涛和王云阳等同志在该书出版中给予一定的支持和帮助。对此,我们一并表示衷心的感谢。

《食品化学》编审组

1996 年 9 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1-1 食品化学的定义、内容和意义	(1)
1-2 食品化学的建立和发展.....	(1)
1-3 食品中主要的化学变化概述.....	(2)
1-4 食品化学的研究方法.....	(3)
第二章 水和冰	(5)
2-1 导言.....	(5)
2-2 水与冰的物理常数.....	(5)
2-3 天然水的组成.....	(6)
2-4 水分子的缔合.....	(8)
2-5 冰的结构和冻结规律.....	(9)
2-6 水与溶质的相互影响	(11)
2-6-1 概况.....	(11)
2-6-2 水与离子基团的相互作用.....	(11)
2-6-3 水与具有形成氢键能力的中性基团的相互作用.....	(11)
2-6-4 水与非极性物质的相互作用.....	(12)
2-6-5 构成水、邻近水、多层水、体相水	(13)
2-7 水分活度	(14)
2-7-1 定义和测量.....	(14)
2-7-2 水分活度与温度的关系.....	(14)
2-8 等温线	(16)
2-9 水分活度与食品稳定性	(20)
2-10 在冰点以下温度时冰在食品稳定性中的作用.....	(23)
第三章 碳水化合物	(26)
3-1 导论	(26)
3-1-1 碳水化合物分类.....	(26)
3-1-2 碳水化合物在食品中的作用.....	(26)
3-2 碳水化合物的结构	(28)
3-2-1 单糖.....	(28)
3-2-2 糖苷.....	(30)
3-2-3 低聚糖.....	(32)
3-2-4 多糖.....	(34)
3-3 碳水化合物的化学反应	(34)

3-3-1	水解	(34)
3-3-2	异构化	(38)
3-3-3	碳水化合物的脱水与热降解	(39)
3-3-4	非酶褐变	(43)
3-4	食品中小分子糖的功能	(48)
3-4-1	亲水性	(48)
3-4-2	风味配位基的结合	(49)
3-4-3	碳水化合物褐变产物与食品风味物	(49)
3-4-4	甜味	(50)
3-4-5	结晶性	(51)
3-4-6	吸湿性和保湿性	(51)
3-4-7	渗透压	(52)
3-4-8	粘度	(53)
3-4-9	冰点降低	(53)
3-4-10	抗氧化性	(53)
3-5	食品中多糖的功能	(54)
3-5-1	多糖的结构与功能的关系	(54)
3-5-2	淀粉	(56)
3-5-3	果胶物质	(65)
3-5-4	纤维素的化学衍生物	(67)
3-5-5	植物胶	(69)
3-5-6	其它多糖	(75)
3-6	新型低聚糖	(78)
3-6-1	新型低聚糖的种类	(79)
3-6-2	新型低聚糖生理功能研究的进展	(79)
3-6-3	新型低聚糖的生产菌种和酶类	(80)
第四章	脂类	(82)
4-1	导论	(82)
4-2	分类	(83)
4-3	命名与结构	(85)
4-3-1	脂肪酸	(85)
4-3-2	酰基甘油	(85)
4-3-3	其它酯类	(86)
4-4	油脂的物理特性	(87)
4-4-1	晶体、液晶和稠度	(87)
4-4-2	乳状液与乳化剂	(97)
4-4-3	熔点与折光指数	(103)
4-4-4	溶解度	(104)

4-4-5	碘值	(106)
4-4-6	皂化值	(107)
4-4-7	羰基值与羟基值	(107)
4-5	化学性质	(108)
4-5-1	酶促脂水解	(108)
4-5-2	酮型酸败	(109)
4-5-3	自动氧化	(109)
4-5-4	油脂在高温下的变化	(126)
4-6	油脂加工中的化学	(131)
4-6-1	精炼	(131)
4-6-2	氢化	(132)
4-6-3	酯交换作用	(135)
4-7	微生物油脂	(137)
4-7-1	生产油脂的微生物	(138)
4-7-2	利用微生物生产食用油脂的动态	(139)
第五章 蛋白质		(141)
5-1	导论	(141)
5-2	氨基酸和蛋白质的分类与结构	(142)
5-2-1	氨基酸的分类与结构	(142)
5-2-2	蛋白质的分类和结构	(143)
5-2-3	维持蛋白质高级结构的键合力	(148)
5-3	与氨基酸和蛋白质定量分析有关的反应	(150)
5-4	蛋白质的营养属性	(151)
5-4-1	氮素平衡	(151)
5-4-2	蛋白质的营养价值评价	(152)
5-4-3	必需氨基酸	(153)
5-4-4	必需氨基酸模式	(153)
5-4-5	有害蛋白质	(154)
5-5	蛋白质的功能性质	(155)
5-5-1	概念与类别	(155)
5-5-2	水化性质	(156)
5-5-3	与蛋白质—蛋白质相互作用有关的功能性质	(160)
5-5-4	表面性质	(164)
5-5-5	蛋白质的其它功能性质	(168)
5-5-6	改善蛋白质营养性和功能性的方法	(169)
5-6	肉、蛋、奶和大豆中蛋白质的结构与功能	(171)
5-6-1	肌肉蛋白质	(171)
5-6-2	卵蛋白质	(179)

5-6-3	乳蛋白质	(181)
5-6-4	大豆蛋白质	(183)
5-7	蛋白质的变性及适度变性的作用	(185)
5-7-1	蛋白质的变性	(185)
5-7-2	蛋白质适度变性的作用	(189)
5-8	蛋白质和氨基酸在激烈的加工和分离条件下的不利变化	(191)
5-8-1	高温下的变化	(192)
5-8-2	碱性下加热的变化	(192)
5-8-3	氧化	(193)
5-8-4	其它条件下的变化	(195)
5-9	肉和鱼中蛋白质在贮存过程中的变化	(195)
5-9-1	肉类食品在贮存过程中蛋白质的变化	(195)
5-9-2	鱼类贮藏过程中蛋白质的变化	(200)
第六章 维生素和矿物质		(203)
6-1	导论	(203)
6-2	维生素和矿物质损失的常见原因	(204)
6-2-1	食品中维生素在贮存和加工过程中损失的一般原因	(204)
6-2-2	造成矿物质在食品中含量减少的一般原因	(205)
6-3	水溶性维生素	(206)
6-3-1	抗坏血酸	(206)
6-3-2	硫胺素	(211)
6-3-3	核黄素	(214)
6-3-4	烟酸	(215)
6-3-5	维生素 B ₆	(216)
6-3-6	叶酸	(218)
6-3-7	维生素 B ₁₂	(222)
6-3-8	泛酸	(223)
6-3-9	生物素	(224)
6-4	脂溶性维生素	(225)
6-4-1	维生素 A	(225)
6-4-2	维生素 K	(228)
6-4-3	维生素 D	(228)
6-4-4	维生素 E	(229)
6-5	高温瞬时杀菌的依据和食品化学氧化的一般原理	(232)
6-5-1	高温瞬时杀菌的依据	(232)
6-5-2	食品氧化的一般原理	(233)
6-6	食品中的矿物质和它们的存在形式	(235)
6-6-1	矿物质在食品中的存在形式	(235)

6-6-2	乳品中的矿物质	(235)
6-6-3	肉类中的矿物质	(236)
6-6-4	植物产品中的矿物质	(236)
6-7	矿物质对食品性状的影响	(237)
6-7-1	食品中的金属催化反应	(238)
6-7-2	难溶盐的影响	(240)
6-7-3	矿物质对大分子性状的影响	(240)
6-8	影响食品中矿物质生物利用性的因素	(242)
第七章	色素和着色剂	(243)
7-1	导论	(243)
7-1-1	人类对食品色素的要求	(243)
7-1-2	色素的成色原理	(243)
7-1-3	食品的护色	(244)
7-1-4	食品着色剂	(244)
7-2	食品中的固有色素	(245)
7-2-1	主要类别及大致分布	(245)
7-2-2	叶绿素	(245)
7-2-3	血红素	(248)
7-2-4	花青素	(250)
7-2-5	类黄酮	(255)
7-2-6	原花色素	(257)
7-2-7	儿茶素	(257)
7-2-8	单宁	(258)
7-2-9	酶促褐变	(259)
7-2-10	类胡萝卜素	(261)
7-2-11	甜菜色素	(264)
7-2-12	动物的天然黑色素	(265)
7-3	天然着色剂	(265)
7-3-1	概述	(265)
7-3-2	各论	(266)
7-4	合成着色剂	(268)
第八章	食品的味和呈味物质	(272)
8-1	导论	(272)
8-1-1	风味	(272)
8-1-2	化学味	(272)
8-1-3	感官评定	(273)
8-2	基本味和呈味物质	(274)
8-2-1	甜味和甜味物质	(274)

8-2-2	酸味和酸味物质	(278)
8-2-3	苦味和苦味物质	(280)
8-2-4	咸味和咸味物质	(284)
8-3	其它味和呈味物质	(284)
8-3-1	涩味和涩味物质	(284)
8-3-2	辣味和辣味物质	(286)
8-3-3	鲜味和鲜味物质	(288)
8-3-4	清凉感	(290)
第九章 食品的香气与呈香物质		(291)
9-1	导论	(291)
9-1-1	香气	(291)
9-1-2	香气值	(291)
9-1-3	香气种类	(291)
9-1-4	气味和气味物质结构的关系	(293)
9-1-5	食品中香味物形成的途径	(293)
9-1-6	风味分析方法	(294)
9-2	气味物质	(296)
9-2-1	硫化物	(296)
9-2-2	脂肪族化合物	(296)
9-2-3	芳香族化合物	(298)
9-2-4	环烃族化合物	(299)
9-2-5	萜类	(300)
9-2-6	含氮化合物	(301)
9-2-7	杂环化合物	(301)
9-3	蔬菜、水果的风味及产生途径	(303)
9-3-1	蔬菜、水果风味简介	(303)
9-3-2	葱属植物的含硫挥发成分	(303)
9-3-3	十字花科植物的含硫挥发成分	(304)
9-3-4	植物中青鲜风味的形成	(305)
9-3-5	蔬菜中的甲氧基烷基吡嗪挥发物	(306)
9-3-6	香菇中硫化物的形成	(307)
9-3-7	由支链氨基酸产生的挥发物	(308)
9-3-8	萜类风味物及其生成途径	(308)
9-3-9	由莽草酸途径产生的风味	(309)
9-4	动物食品的香气及产生途径	(311)
9-4-1	动物肉的气味概述	(311)
9-4-2	动物肉中的异臭成分	(311)
9-4-3	肉中的香气成分及其产生途径	(313)

9-4-4 乳品的香气成分及产生途径	(318)
9-5 烘烤食品的风味及产生途径	(320)
9-5-1 烘烤风味	(320)
9-5-2 烘烤风味的产生	(322)
9-6 发酵食品香气简介	(325)
9-7 香味增强剂	(326)
第十章 酶	(328)
10-1 导论	(328)
10-2 影响酶促反应速度的因素	(328)
10-2-1 米氏方程	(328)
10-2-2 酶活力测定	(329)
10-2-3 pH 的影响	(330)
10-2-4 加热的影响	(331)
10-2-5 低温影响	(333)
10-2-6 水活性的影响	(334)
10-2-7 其它影响	(335)
10-3 商品酶在食品加工中的应用	(336)
10-3-1 商品食用酶的特点、来源和在加工中应用的优越性	(336)
10-3-2 目前广泛应用于食品工业的商品酶	(337)
10-3-3 商品酶在食品中的应用	(338)
10-4 在食品改性中占重要地位的内生酶	(344)
10-4-1 水解酶类	(344)
10-4-2 氧化还原酶类	(346)
10-4-3 其它有一定影响的内生酶简介	(350)
10-5 改进食用酶的生物技术	(351)
10-5-1 基因工程简介	(351)
10-5-2 固定化酶技术	(352)
10-5-3 基因工程和固定化酶在食品中的应用	(355)
参考文献	(356)

第一章 绪 论

1-1 食品化学的定义、内容和意义

食品是人类生存和发展的重要物质基础,研究如何获得尽量符合卫生、营养和品质要求的食品的科学就是食品科学,它涉及食品的成分和性质及其变化、保藏和改性,涉及食品贮藏和加工的理论和技术原理,主要包括食品微生物学、食品化学和食品工程学。

食品化学是从化学角度研究食品的本质和变化的科学,它涉及食品化学组成的含量分析和结构测定,及其在食品加工、贮运、营销和鉴定等过程中表现出的性质和变化。主要研究方向包括:食品生物化学、食品营养化学、食品工艺化学和食品风味化学。

生物和食用水是食品物质的主要源泉,食品的营养成分和质构成分主要来自生物,这些成分在食品加工中的变化又产生了多种成分,加之食品添加剂的种类和应用也迅速增加和扩大,因而食品的化学组成十分复杂,食品化学的研究内容和领域也因而十分丰富和宽广,它是无机化学、有机化学、生物化学、高分子化学、物理化学、植物学和动物学在食品科学领域内的集中表现形式。

生物化学中的物质分类法仍保留在食品化学之中,但在食品化学中物质又被划分为营养成分、质构成分、色、香、味成分和其它功能成分及有害成分等。在对物质理化性质的研究中,食品化学侧重那些对食品性状、品质和加工过程等有重要影响的性质。同样,在研究食品成分所发生的种种化学反应时,食品化学侧重研究在食品的贮藏、加工和运销条件下发生的对食品性状、品质和加工过程有重要作用的反应。

研究和学习食品化学的目的在于运用它的知识有效地控制食品物质的变化,把食品的生产建立在牢固的科学基础之上。同时提供必要的食品化学知识,以帮助政府更加完善食品法规,指导人民更加合理消费食品。研究食品化学也具有纯科学和技术的意义。面对浩瀚的食品物质系统,沿着食品科技专业的研究方向,采用既与多种化学研究紧密联系又与食品生产实践紧密联系的特殊的研究方法,食品化学的研究不断揭示着新的科学奥秘,丰富着新的化学内容,并通过自身研究手段、方法和技术的革新和进步带动着食品工业技术的进步。

1-2 食品化学的建立和发展

食品化学是一门年轻的科学。虽然18~19世纪的化学家和农业化学家已从事了某些有关食品组成、化学变化和分析方法方面的研究,1847年Justus Von Liebig甚至著有题为《食品化学的研究》的第一本有关食品化学方面的书籍,但此间未曾建立食品化学。

直到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内容,大部

分的食品物质组成已为化学界、生物界和营养医学界的研究所探明,食品化学建立的时机方才成熟。此间,食品工业的不同行业纷纷创建自身的化学基础,粮油化学、果蔬化学、乳品化学、糖业化学、肉、禽、蛋化学、水产化学、添加剂化学、风味化学和食品生物化学的纷纷掘起,为系统的食品化学迅速奠定了坚实基础。

本世纪 30~50 年代,具有世界影响的 J. Sci. Food Agric, J. Food Sci, J. Agric. Food Chem 和 Food Chem. 等杂志相继创立,标志着食品化学的正式建立。

近 20 年来,以美国和德国为代表的发达国家的食品化学家著出了众多的食品化学专著和教材,以 AVI 为代表的出版公司帮助了这些巨著的出版,在世界主要大国有不同文本的食化著作已与世人见面,其中英文本的《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化学家 O. R. Fennema 主编的《食品化学》,这本教材由 20 几位权威学者执笔,现已两次再版,并流传世界。

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也越来越短。由于主要食品的化学组成、理化性质及结构均已基本探明,主要食品的工艺化学已经建立,主要食品的理化分析方法也已建立,食品添加剂的总数已达 14000 多种,当代食品化学的研究正在向反应机理研究、风味物的结构和性质研究、特殊营养成分及其结构和功能性质研究、食品材料的改性研究、食品现代和快速分析法研究、高、新分离技术研究、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、新食源、新工艺和新添加剂的化学研究方向发展。

我国的食品化学研究和教育较多集中在高等院校,大多数轻工和商业院校的食品专业都把它作为研究和教学的重点之一。80 年代中期许多农业院校开始举办食品专业,也把食品化学视为骨干课程之一。现在食品化学的研究和教育已成为众多科研机构、食品企业、职业教育单位和综合院校的专业内容。这些教育和研究活动对我国食品工业的发展产生了重要影响。

1-3 食品中主要的化学变化概述

食品从原料生产,经过贮藏、运输、加工到产品销售,每一过程无不涉及到一系列化学变化。对这些变化的研究及对其控制的研究构成了食化研究的核心内容。

食品在贮藏加工过程中发生的化学变化,一般包括生理成熟和衰老过程中的酶催变化;水分活性改变引起的多种变化;原料或组织因混合而引起的酶催变化和化学反应;热加工等激烈加工条件引起的分解、聚合及变性;空气中氧气或其它氧化剂引起的氧化,光照引起的光化学变化及包装材料的某些成分向食品迁移引起的变化。

酶促水解和酶促氧化是食品酶催变化的两个主要方面,它们引起营养物质消耗、质地变软、风味和色泽改变。酶促褐变即一常见变化,它能迅速引起一些水果加工品的色泽变深。

水分活性变化引起的变化多种多样。例如:美拉德反应、水解反应和氧化反应的速度直接受水分活性影响。微生物活动及其引起的变化亦然。

氧化是食品变质的重要原因之一。维生素、脂类和一些色素等都极易氧化。氧化将引起一连串不利效应,例如油脂被氧化不但会引起油脂中产生醇、醛、酮、酸和色素,油脂氧化的中间产物——活性氧又会引起蛋白质、维生素和色素破坏。另一方面,食品中存在着多种抗氧化成分,例如超氧化物歧化酶和生育酚等,也存在一些氧化反应催化剂,例如过氧化物酶和脂氧合酶及过渡金属离子。因此,食品的氧化变化的形式是多种多样的。

食品中固有成分在加工中发生的反应很多,美拉德反应就是一个重要例子,即:食品中的还原糖等与氨基酸等发生反应,在产生多种小分子风味物和色素的同时还降低了氨基酸和蛋白质的营养。焦糖化反应、自动氧化反应、颜色和风味变化中的许多反应也属此类。

蛋白质的变性常引起食品品质明显变化。有时适度变性被利用为加工手段,例如酸乳制作中的酪蛋白凝固,但强烈变性大多数情况下是有害的。蛋白质的侧链含有许多活泼官能团,在不利的加工条件下也会发生多种化学反应而降低营养。

没有比色素变化更引人注目的了。然而,色素变化常发生在食品之中。食品中的天然色素大多数不稳定,在光、氧、酸、碱和金属等因素的影响下会发生一系列变化和分解反应。即使是合成着色剂,在一些特殊的加工条件下也会变色,例如果绿——一种合成色素在食品辐照中将褪色。非酶褐变、酶促褐变等也是食品颜色变化的重要途径。

从原料到食品,一些原有风味减弱了,一些新的风味产生了。风味的变化是极其复杂和微妙的。这里有生化反应并且多属于次级代谢反应,也有许多有机化学反应,风味物的产生途径即这些反应的综合表现形式。这些途径的起点就是食品中原有的风味物、风味物前体和基本成分,经过酶催变化、化学分解、氧化、转化和变构等反应步骤最终形成成品风味物。重要的反应途径包括:生物合成、风味前体物的酶催转化、美拉德反应、斯特累克降解、自动氧化反应、焦糖化反应、萜类糖苷和维生素的分解、莽草酸途径和糖类等天然生物成分的发酵等。

食品添加剂的生产大部分属精细化工的研究领域。因此,食品界除研究综合利用下脚料生产某些添加剂外,着重研究在食品中的应用过程中已有添加剂的功能性、稳定性和安全性。其中研究添加剂的功能性的这部分内容包括关于添加剂对食品的化学变化的影响。这部分内容的深入研究,对认识食品化学的变化机理也是十分有用的。食品界在综合利用原料生产添加剂时(比如,生产甜味料、酸味料、改性淀粉等等),一方面其产品主要还是面向为食品生产服务,另一方面,由食品原料生产食品添加剂的过程中包含的多种变化也自然构成了食品化学的重要研究内容。掌握这些变化对生产这些添加剂和对如何在食品加工中运用这些变化同样有用。

食品中有害物的形成中包含了复杂的化学变化。例如:食品在烟熏中苯并芘的产生,肉类腌制中亚硝胺化合物的产生,含氰苷植物材料中氰酸根的产生等等。有许多此类反应由于是在食品加工品中发生的,食品化学家对它们十分注意。

1-4 食品化学的研究方法

化学研究的方法可概括为通过实验和理论探讨从分子水平上分析和综合认识物质变

化的方法,食品化学的研究方法则是通过实验和理论探讨从分子水平上分析和综合认识食品物质变化的方法。

食品化学研究区别于一般化学研究的特点是把物质组成、理化性质及变化的研究同食品的质量和安全性研究联系起来。因此,从实验设计开始,食品化学研究就带有揭示食品质构、风味、颜色和营养价值的某一或某些变化的目的性,并且把实际的食物物质系统和主要食品的加工工艺条件作为实验设计的重要依据。然而,由于食品往往是一个过分复杂的物质系统,为了使分析和综合有一个清晰的背景,通常是采用一个简化的、模拟的食物物质系统来进行实验。

食品化学实验的结果分析包括理化分析和感官分析。理化分析主要是成分分析和结构分析,即分析实验的物质系统中营养物、有害物、色素和风味物的存在、分解和生成量及其化学结构,感官分析是通过人的直观检评来分析实验系统的质构、风味和颜色的变化,这是对由大量微观或极多局部物理和化学变化的综合而引起的宏观变化的分析。

根据分析结果和资料查证,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。同时,根据以上分析结果和建立起的反应机制及加工所含的条件来预测这种反应对食品质量和安全性的意义,然后用加工研究实验来验证。

食品化学研究的又一任务是研究反应动力学。这一方面是为了深入了解反应机理,但更重要的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基础和寻求方法。化学反应动力学是探讨物质浓度、碰撞几率、空间阻碍、活化能垒、反应温度和压力及反应时间对反应速度和反应平衡的影响的理论研究体系。通过速率方程和动力学方程的建立和研究,可有根据的探讨反应机理;而反应机理的研究则是对反应更清晰和更为理性的认识的前提。对反应中间产物、催化因素和反应方向及程度受条件影响的认识将在这种研究中得以深化。有了这些理论基础,食品化学家将能够在食品加工和贮藏中选择适当的条件,把握和控制对食品品质和安全性有重大关系的化学反应的速度。

食品化学的研究成果最终将转化为:合理的原料配比、有效的反应物接触屏障的建立、适当的保护或催化成分的运用、最佳反应时间的设定、最适温度、光照、氧含量、水分活度和 pH 的利用等等科学的食物贮藏加工方法。

第二章 水和冰

2-1 导 言

从表 2-1 看,水是多数食品的主要组分,各种食品都有其特定的水分含量和分布。因此才能显示出各自的色、香、味、形等特征。由于水分含量、分布和状态对食品的新鲜度、硬度、风味、色泽、流动性和保藏性等都有很大影响,加工和贮藏中改变食品的水分含量、分布和状态的现象既经常又讲究。另外,在食品的解冻、复水和组合食品内部水分迁移控制方面,现有的技术并未取得完全成功。因上种种,学习水和冰的食品化学和继续对水和冰作仔细研究是必要的。

表 2-1 部分食品的含水量

食 品	含 水 量 (%)
肉	
猪肉、生的分割瘦肉	53~60
牛肉、生的零售分割肉	50~70
鸡肉、各种级别的去皮生肉	74
鱼、肌肉蛋白质	65~81
水 果	
浆果、樱桃、梨	80~85
苹果、桃子、桔子、葡萄柚	85~90
大黄、草莓、蕃茄	90~95
蔬 菜(包括个别水果)	
鳄梨、香蕉、豌豆(绿)	74~80
甜菜、莴苣菜、胡萝卜、马铃薯	80~90
芦笋、菜豆(绿)、卷心菜、花菜、莴苣	90~95

2-2 水与冰的物理常数

为了熟悉水的性质,首先要考虑如表 2-2 表示的水的物理常数。比较水与一些具有相似的分子量以及相似的原子组成的分子(CH_4 、 NH_3 、 HF 、 H_2S 、 H_2Se 与 H_2Te)的性质之后,才有可能确定水的性质是否属于正常情况。通过比较后发现:水具有异常高的熔点与沸点,水具有特别大的表面张力、介电常数、热容以及相变热(熔化热、蒸发热以及升华热)值,水的密度相当小,在凝固时具有异常膨胀特性,奇怪的是它的粘度又是正常的。另外,与其他液体相比,水的导热率是大的;而与其他非金属固体相比,冰具有中等程度的导热

率。最有兴趣的是在 0℃时,冰的导热率约为同温下水的导热率的 9 倍,这意味着冰传导热能比非流动水(例如,在组织中的水)快得多。水与冰的热扩散率具有重要的意义,这是因为这些数值指出了固态和液态的 H₂O 经受温度改变的速度。冰的热扩散率比水近乎大 9 倍,这表明一定的环境中,冰经受温度变化的速率比水快得多。水与冰在导热率与热扩散率上的差别为解释下述现象提供了一个充分的依据:当采用数值相等而方向相反的温差时,冻结的速度远比解冻的速度来得快。

表 2-2 水与冰的物理常数

分子量	18.01534			
相变性质				
熔 点	0.000℃			
沸 点	100.000℃			
临界温度	374.15℃			
临界压力	22.14MPa(218.6atm)			
三相点	0.0099℃和 610.4kpa(4.57mmHg)			
熔化热(0℃)	6.012kJ(1.436kcal)/mol			
蒸发热(100℃)	40.63kJ(9.705kcal)/mol			
升华热(0℃)	50.91kJ(12.16kcal)/mol			
其他性质	20℃	0℃	0℃(冰)	-20℃(冰)
密度(kg/L)	0.998203	0.999841	0.9168	0.9193
粘度(Pa·s)	1.002×10 ⁻³	1.787×10 ⁻²	/	/
表面张力(对空气)(N/m)	72.75×10 ⁻³	75.6×10 ⁻²	/	/
蒸气压力(Pa)	2.337×10 ³	6.104×10 ²	6.104×10 ²	1.034×10 ²
热容J/(Kg·K))	4.1819	4.2177	2.1009	1.9544
导热率J/(m·s·k))	5.983×10 ²	5.644×10 ²	22.40×10 ²	24.33×10 ²
热扩散率(m2/s)	1.4×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁵	~1.1×10 ⁻⁴	~1.1×10 ⁻⁴
介电常数				
静 态 ^a	80.36	80.00	91 ^b	98 ^b
3×10 ⁹ Hz	76.7 80.5	/	3.2	
	(25℃)	(1.5℃)		(-12℃)

a. 低频的极限值。
b. 平行于冰的 C 轴;垂直于 C 轴的值约大 15%。

2-3 天然水的组成

天然水中包含着纯水和杂质。纯水主要由¹H₂¹⁶O 组成,它的单分子的分子轨道模型示意图见 2-1-(1),而它的范德华半径及键角见图 2-1-(2)。