

食品化学

胡慰望 谢笔钧 等 主编

科学出版社

食 品 化 学

胡慰望 谢笔钧 主编

科 学 出 版 社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书系统地论述了食品化学的基本内容。全书共分九章，包括绪论、水、糖类、脂类、蛋白质、食品色素和着色剂、维生素和矿物质、风味化合物以及食品添加剂。在阐明食品成分的化学和生物化学的基础上，结合食品的贮藏加工，就如何提高食品的品质、保证食品的安全卫生等作了深入的探讨，不失为一本内容新颖、理论联系实际、实用的教材和参考书。

本书可作为大专院校食品科学系的教学用书，也可作为从事食品生产和食品加工的科技人员的参考书。

食 品 化 学

胡慰璜 谢笔钧 主编

责任编辑 吴铁双

科学出版社出版

北京东黄城根北街 15 号
邮政编码：100707

北京市朝阳区新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年12月第 一 版 开本：787×1092 1/24
1992年12月第一次印刷 印张：22 1/4
印数：1—4 000 字数：511 000

ISBN 7-03-002966-6/Q·395

定价：16.10元

序 言

食品化学作为一门应用化学学科,近年来随着科学技术的不断发展,它的理论体系逐渐趋于完善,研究领域也随之更为广泛。特别值得提及的是,结构化学、游离基化学和光化学理论以及电子自旋共振光谱、脉冲辐解和激光光解等先进技术在食品化学中的应用,使脂类的自动氧化、光敏氧化、热解和辐解等反应的历程与机理得到阐明。尤其令人瞩目的是,对活性氧基团、酶和金属的催化本质的认识也进入了一个新的阶段。

揭示食品成分的化学和生物化学变化及其对人体产生的效应,乃是当前食品化学、营养学、临床医学和预防医学共同关注的问题。其中人体衰老机理的游离基学说给予了生命科学和食品化学无限的活力和前景。对衰老本质问题的研究,已进入原子和分子水平,且必将从化学和物理的规律中找到答案。此外,生物活性物质有机硒、有机锗化合物、超氧化歧化酶、生物活性多糖、绿茶中抗癌物质表没食子儿茶素、没食子酸酯等都是目前十分活跃的研究课题。

食品添加剂是食品化学中另一个重要研究方面。迄今,世界上使用的食品添加剂达14 000种之多,其中直接使用的就有4 000余种。然而,从动物实验观测的结果证实,人工合成的食品添加剂,例如油脂抗氧化剂丁基化羟基甲苯(BHT)、丁基化羟基茴香醚(BHA),以及人工合成的食用色素存在安全性问题。为此,人们正努力从自然界筛选安全性高的天然食品添加剂。国内有不少高等院校和科研单位已研究和开发出多种这类产品。

近10年来,我国食品工业在国民经济中已发展成为支柱性产业,在许多高等院校相继设置了食品科学、食品工程、食品加工、食品化学和农产品贮藏加工专业。为适应食品教学、科研和食品加工生产的需要,作者在近几年为食品科学、食品工程等专业的本科生讲授食品化学课程所用讲义的基础上,参阅了近期食品化学有关的文献和资料,编写成这本书。本书既介绍食品化学的基本理论又注重联系实际应用,还用适当的篇幅介绍食品化学的研究手段和方法。本书可作为高等院校食品科学、食品工程、食品加工、农畜产品加工和食品营养与卫生等专业本科生的食品化学教材或研究生的参考书,也可供食品科研和食品加工的科技人员阅读参考。

参加本书编写的有胡慰望(第一、二、三章)、谢笔钧(第四、五、六章)、李培森(第九章)、吴方元(第八章)、余若海(第七章)。全书请李青山同志做了审订,本书责任编辑也为此书的编辑出版做了大量工作,借此一并致谢。由于编者水平有限,书中难免存在缺点乃至错误,请读者批评指正。

胡慰望

1991年12月1日

于武昌狮子山

目 录

序言

第一章 绪论	1
一、食品化学研究的内容	1
二、食品化学的发展历史	3
三、食品化学的研究方法	4
第二章 水	7
第一节 水和冰的结构	8
一、水和冰的物理特性	8
二、水分子	9
三、冰的结构	10
四、水的结构	14
第二节 水与溶质间的相互作用	15
一、一般概念	15
二、水与离子和离子基团的相互作用	18
三、水与具有氢键键合能力的中性基团的相互作用	18
四、水与非极性物质的相互作用	19
第三节 水活性	20
一、水活性的定义	20
二、水活性对温度的相依性	22
第四节 等温线	24
第五节 水活性与食品的稳定性	28
第六节 低于结冰温度时冰对食品稳定性的影响	30
第三章 糖类	32
第一节 概述	32
一、糖类化合物的种类	32
二、食品中的糖类化合物	32
第二节 糖类化合物的结构	34
一、单糖	34
二、糖苷	36
三、低聚糖	40
四、多糖	42
第三节 糖类化合物的化学性质	43
一、水解	43
二、链状糖类化合物反应	45
三、糖类化合物的脱水和热降解	47
四、褐变反应	49
第四节 食品中单糖和低聚糖的功能	54

一、亲水功能·····	54
二、风味结合功能·····	55
三、糖类化合物褐变产物和食品风味·····	56
四、甜味·····	56
第五节 食品中多糖的功能·····	57
一、多糖的结构与功能·····	57
二、淀粉·····	59
三、糖原·····	64
四、纤维素·····	64
五、半纤维素·····	65
六、果胶物质·····	66
七、植物树胶·····	68
第四章 脂类·····	75
第一节 概述·····	75
第二节 命名·····	75
一、脂肪酸·····	75
二、酰基甘油·····	77
三、磷脂·····	79
第三节 分类·····	79
第四节 油脂的物理特性·····	81
一、三酰基甘油分布理论·····	81
二、天然脂肪中脂肪酸的位置分布·····	82
三、稠度·····	84
四、乳浊液和乳化剂·····	93
第五节 脂类的化学性质·····	100
一、脂解·····	100
二、自动氧化·····	100
三、热分解·····	121
四、油脂在油炸条件下的化学变化·····	125
五、电离辐射对脂肪的影响·····	127
第六节 油脂加工化学·····	130
一、油脂精炼·····	130
二、油脂氢化·····	131
三、酯交换·····	134
第七节 食品脂类在风味中的作用·····	137
一、物理效应·····	137
二、作为风味前体的脂类·····	138
第五章 氨基酸、肽和蛋白质·····	140
第一节 概述·····	140
第二节 氨基酸和蛋白质的物理化学性质·····	141
一、氨基酸的一般性质·····	141
二、蛋白质的一般性质·····	146

三、氨基酸和蛋白质的化学反应以及相互作用	164
第三节 蛋白质的变性作用	159
一、物理因素	159
二、化学试剂	161
三、变性作用的动力学	162
第四节 蛋白质的功能性质	164
一、水合性质	165
二、溶解度	167
三、粘度	168
四、胶凝作用	169
五、织构化	172
六、面团的形成	174
七、乳化性质	175
八、发泡性	179
九、风味结合	184
十、对其他化合物的结合	187
第五节 非普通蛋白质来源	187
一、植物蛋白的分离和提纯	187
二、单细胞蛋白质	188
第六节 食品蛋白质在加工和贮藏中的变化	188
一、营养价值的变化和毒性	188
二、蛋白质功能性质的变化	200
第六章 食品色素和着色剂	210
第一节 食品固有的色素	210
一、叶绿素	210
二、肌红蛋白和血红蛋白	214
三、花色素苷	218
四、类黄酮	222
五、原花色素	226
六、单宁	227
七、甜菜色素	228
八、醌和咕吨酮	229
九、类胡萝卜素	230
十、其他天然色素	233
第二节 食品中添加的着色剂	234
一、天然色素	234
二、人工合成色素	236
第七章 维生素和矿物质	239
第一节 概述	239
第二节 每日膳食供给量	240
第三节 维生素和矿物质损失的基本原因	243
一、成熟度的影响	243

二、采后或宰后处理的影响	244
三、修整的影响	244
四、研磨的影响	244
五、浸提和杀青	245
六、化学药剂处理的影响	245
七、变质反应的影响	246
第四节 增补、复原和强化	247
第五节 水溶性维生素	247
一、抗坏血酸	247
二、硫胺素	253
三、核黄素	256
四、烟酸	257
五、维生素B ₆	258
六、叶酸	260
七、维生素B ₁₂	264
八、泛酸	266
九、生物素	266
第六节 脂溶性维生素	267
一、维生素A	267
二、维生素K	270
三、维生素D	270
四、维生素E	271
第七节 矿物质的化学性质及其生物利用率	273
一、概述	273
二、化学性质	274
三、存在状态	275
四、加工过程中的损失与获取	275
五、食品中矿物质的利用率	277
六、矿物质的安全性	278
第八节 保留营养素的最佳条件	278
一、高温短时加工	279
二、贮藏中维生素损失的预测	280
第八章 风味	282
第一节 概述	282
一、基本原理	282
二、风味分析法	282
三、风味的感官评价	282
第二节 味觉和非特殊滋味感觉	283
一、味觉	283
二、风味增强剂	289
三、涩味	290
四、辣味	290

五、清凉风味·····	292
第三节 蔬菜、水果和调味料风味·····	292
一、葱属类中的含硫挥发物·····	292
二、十字花科中的含硫挥发物·····	293
三、香菇类蘑菇中特有的硫化物·····	294
四、蔬菜中的甲氧基烷基吡嗪挥发物·····	294
五、脂肪酸的酶作用产生的挥发物·····	295
六、支链氨基酸产生的挥发物·····	296
七、挥发性萜类化合物的风味·····	298
八、莽草酸合成途径中产生的风味·····	299
第四节 乳酸-乙醇发酵中的风味·····	300
第五节 脂肪和油的风味挥发物·····	301
第六节 肉食品的风味挥发物·····	302
一、反刍动物肉的风味·····	302
二、非反刍动物肉的风味·····	302
三、鱼和海产食品风味的挥发物·····	303
第七节 加工过程中风味挥发物的产生·····	304
一、热加工引起的风味·····	304
二、类胡萝卜素氧化分解的挥发物·····	307
第九章 食品添加剂·····	309
第一节 概述·····	309
第二节 酸和发酵酸·····	309
一、酸和食品·····	309
二、化学发酵系统和发酵酸·····	310
第三节 碱在食品加工中的应用·····	313
第四节 盐类在食品加工中的应用·····	314
第五节 食品与缓冲体系·····	315
第六节 整合剂·····	317
第七节 抗氧化剂·····	319
第八节 抗菌剂·····	319
一、亚硫酸盐和二氧化硫·····	320
二、亚硝酸盐和硝酸盐·····	320
三、山梨酸·····	321
四、甘油酯·····	322
五、游霉素·····	322
六、丙酸·····	323
七、醋酸·····	323
八、苯甲酸·····	323
九、对-羟基苯甲酸烷基酯·····	324
十、环氧化物·····	324
十一、抗生素·····	325
十二、焦碳酸二乙酯·····	326

第九节 非营养和低热量甜味剂	326
一、糖精	327
二、阿斯巴特姆	327
三、阿瑟休发姆K	328
四、其他非营养性或低热量甜味剂	329
第十节 织构化形成剂和组织硬化剂	330
一、织构化形成剂	330
二、组织硬化剂	331
第十一节 稳定剂和增稠剂	332
第十二节 澄清剂	332
第十三节 面粉漂白剂和面包改良剂	333
第十四节 抗结剂和调节剂	335
第十五节 气体和推进剂的应用	335
第十六节 添加剂的分类和选择	336
参考文献	344

第一章 绪 论

一、食品化学研究的内容

食品化学是用化学的理论和研究方法研究食品本质的科学，它通过食品营养价值、安全性和风味特征的研究，阐明食品的组成、性质、结构和功能，以及食品成分在贮藏加工过程中的化学和生物化学变化。以上这些构成了这门学科的主要内容。

食品的基本成分包括人体营养所需要的糖类、蛋白质、脂类、维生素、矿物质和水，它们提供人体正常代谢所必需的物质和能量。此外，食品除了足够的营养素外，还必须具有刺激食欲的风味特征，以及卫生上的安全性。早期的经典化学虽然为食品化学的起源和发展奠定了基础，但还不能应用于复杂的多组分食品体系，特别是对食品中单一成分和微量化学物质的分离鉴定。自本世纪60年代以来，随着现代实验技术的发展，特别是分离技术、色谱技术以及光谱分析等先进实验手段的不断发展和完善，不仅实现了对微量和超微量物质的分离、鉴定和结构分析的研究，而且推动了现代食品化学的迅速发展。

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。例如水果、蔬菜采后和动物宰后的生理变化；食品中各种物质成分的稳定性随环境条件的变化；贮藏加工过程中食品成分相互作用而引起的化学变化，这些都是食品化学和食品贮藏加工中人们共同关心的问题。

阐明食品成分之间化学反应的历程、中间产物和最终产物的化学结构，及其对食品的营养价值、感官质量和卫生安全性的影响，控制食物中各种生物物质的组成、性质、结构和功能，研究食品贮藏加工的新技术、开发新产品和新的食品资源等，构成了食品化学的重要研究内容。食品化学与化学、生物化学、生理化学、植物学、动物学、预防医学、临床医学、食品营养学、食品安全、高分子化学、环境化学、毒理学和分子生物学等学科有着密切和广泛的联系，其中很多学科是食品化学的基础。

食品在贮藏加工过程中发生的化学变化，一般包括食品的非酶褐变和酶褐变；水活性改变引起食品质量变化；脂类的水解、自动氧化、热降解和辐解；蛋白质变性、交联和水解；食品中多糖的合成和化学修饰反应、低聚糖和多糖的水解；食品中大分子的结构与功能特性之间的变化；食品香气化合物的产生及其反应机理；食品中致癌、致突变物的来源及其产生途径；包装材料特别是人工高分子化合物的降解产物、单体和增塑剂向食品中的迁移与毒性产生等。

氧化是食品变质的最重要原因之一，它使食品产生腌味、异味、变色、质地变坏或其他损害。当食品中天然存在的物质发生氧化时，还可生成有害的化合物，例如胆固醇氧化产物中的胆固醇环氧化物和氢过氧化物，均可引起致癌和致突变。这说明食品成分氧化生成的有害物质不仅损害食品的品质，而且长期摄入这类食品还会损害人体健康。

食品本身和人体内存在着抗氧化损伤的天然化合物,例如维生素 E、 β -胡萝卜素、抗坏血酸、半胱氨酸等,它们都是很强的抗氧化剂。金属螯合剂抑制金属催化氧化过程,同样起着十分重要的作用。超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶可分别阻止由超氧离子、过氧化氢和有机氢过氧化物等活泼物质对机体所造成的损伤。食品化学研究食品中各种活泼物质及其在不同条件下的反应机理,从而达到有效地控制它们的目的。近来,对光敏化、直接光化学反应和自动氧化的主要反应历程及其活性中间产物的分离、鉴定的研究已取得了显著进展,这无疑将有助于新的食品贮藏加工技术的发展。

脂类氧化是食品中最主要的一种氧化反应,食品的货架期与这种反应有着重要的联系。脂类不饱和脂肪酸含量愈高的食品愈容易氧化,脂类经游离基反应生成游离基,游离基与其他化合物结合或者相互结合,生成过氧化物,并向食品体系中释放出氧,引起必需脂肪酸的破坏。脂类产生异味的主要原因,是由于油脂不饱和脂肪酸氧化生成的过氧化氢,在进一步分解时产生了醛、醇、酮、酸等化合物。过氧化氢与食品蛋白质或酶作用可产生不良的影响。近几年临床医学的观察表明,油脂氧化后生成具有毒性、致癌、致突变等作用的化合物。油脂氧化并不限于富含动植物油脂的食品,而且还包括新鲜的或经过加工的豆类、谷物和某些蔬菜类等低脂类的食品。

食品中天然产物的游离基化学,无论对研究天然产物的自动氧化,还是对研究食品贮藏加工过程,都是十分重要的。电子自旋共振(ESR)的分析表明,氧化产生的游离基有 $\text{ROO}^{\cdot}$ (过氧游离基)、 $\text{RO}^{\cdot}$ (烷氧游离基)、 $\cdot\text{O}_2^-$ (超氧游离基)和 $\cdot\text{OH}$ (羟基游离基)。通过脉冲辐解和激光光解途径研究模拟体系所得到的结果与实际体系非常接近。动植物中存在的低浓度游离基来源于正常的生理反应。例如花生四烯酸合成固醇、硫酸化合物氧化,或通过直接的或酶催化途径引起的单电子还原。食品在光、辐射和热等的作用下可产生高浓度游离基,光使游离基通过中间激发态和单重态氧发生光敏化。

近年来,辐射保藏食品已在我国一些地区开始采用,含水食品在允许剂量射线的辐照下,例如以1百万拉德剂量照射时,每百公斤食品可生成3—6毫摩尔游离基。

在食品加工和保藏中,热是一种重要影响因素,热可使食品产生非常需宜的风味,同时又能加快自动氧化的游离基反应。例如在70℃自动氧化只需几小时,就能达到室温条件下几个月的氧化程度。食品在200—300℃油炸时,食品成分发生热解并伴随产生游离基。自动氧化是导致食品中产生游离基的主要原因,也是食品加工贮藏过程中应重视的主要问题。

在研究食品自动氧化的过程中,对酚型和胺型化合物抗氧化剂研究较多,目前世界各国对安全性高的天然抗氧化剂研究十分重视。胡慰望、谢笔钧等报道了几茶素的抗油脂氧化效果及其抗氧化机理,同时美国、日本亦在这方面进行了研究。

食品在催化条件下产生的化学反应是一个非常值得注意的问题,催化包括酶和金属离子催化两大类。金属离子催化的化学反应又分为两类:一类是金属离子与具有刘易斯(Lewis)碱性质的有机化合物官能团配位,导致这些官能团的极化和分子内邻近位点活化;另一类是金属离子从高氧化态向低氧化态,或从低氧化态向高氧化态转变的电子传递反应,从而可以使那些被金属离子所配位的有机化合物发生相应的氧化或还原反应。金属离子催化有机化合物出现初始变化之后,接着发生与化合物的结构有关的另一些反应,包括分子重排、消去电负性基团、与体系中其他分子进行反应,甚至碳—碳键

的裂解。例如食品中酯类、肽和酰胺的水解、酮酸脱羧、抗坏血酸氧化、儿茶酚氧化、不饱和脂肪酸和氨基酸氧化等。食品中发生的另一大类催化反应是由酶引起的，这些酶包括氧化还原酶、转移酶、裂解酶、异构酶、水解酶和连接酶。在食品贮藏加工中，与产品质量有密切关系的是氧化还原反应和水解反应，其中多酚氧化酶、脂肪氧合酶、过氧化物酶、黄嘌呤氧化酶、葡萄糖氧化酶、醇脱氢酶和醛脱氢酶是比较重要的酶。

食品的麦拉德褐变反应，是食品在热加工或长期贮藏中发生的重要反应，它包括起始阶段醛（通常是还原糖）和胺（一般是氨基酸和蛋白质）发生的羰胺反应，生成风味、香气化合物和对紫外吸收的物质，同时还产生深颜色聚合物，并使营养价值降低。对麦拉德反应，尽管进行了将近60年之久的研究，但是对反应的全过程仍不完全了解。这种反应一般是在单糖、氨基酸或其他有机胺类组成的模拟体系中进行研究。

蛋白质是食品中的重要营养成分，并具有许多重要生理功能。蛋白质分子体积较大并具有能产生多种反应的复杂结构，所以在生物物质中占有特殊的地位。食品中的蛋白质与其他食品成分主要通过疏水力和离子键形成非共价键。蛋白质的许多不可逆反应可导致食品变质，或产生有害的化合物，使蛋白质的营养价值降低。

糖类食品是人类食品中热量的主要来源，在食品加工中必须重视糖类的结构和加工特性。近20年来，在这方面的研究非常活跃，例如淀粉糊化和淀粉的化学修饰，以及多糖的空间结构对其性能的影响等。

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。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尚不十分清楚。例如，食品贮藏加工的时间和温度，维生素降解反应与其浓度和温度的关系，氧浓度、金属离子、氧化剂和还原剂等对稳定性的影响等。

食品的风味，除新鲜水果、蔬菜外，一般是在加工过程中由糖类、蛋白质、脂类、维生素等分解或相互结合所产生的需宜或非需宜的特征。新鲜水果和蔬菜的风味来自脂类，通过被酶氧化，生成小分子化合物如醇、醛、酮和酸类。与此同时，多酚类天然色素也可以使食品产生异味，色泽变坏；大分子交联会引起食品质地、营养发生变化。因此，控制食品的贮藏加工条件，使之产生需宜的风味，防止非需宜风味的形成；进一步对风味化合物的分离、组成、结构及其反应机理进行研究，并在此基础上合成天然风味化合物，以上这些构成了食品化学中风味化学的内容。

二、食品化学的发展历史

食品化学是20世纪初随着化学、生物化学的发展以及食品工业的兴起而形成的一门独立学科。它与人类生活和食物生产实践密切相关。我国劳动人民早在4千年前就已经掌握酿酒技术，1200年前便会制酱，在食品保藏加工、烹调等方面也积累了许多宝贵的经验。公元4世纪晋朝的葛洪已经采用含碘丰富的海藻治疗瘰病，公元7世纪已用含维生素丰富的猪肝治疗夜盲症。我国人民在世界早期食品科学的发展中做出了重要贡献。

食品化学作为一门学科出现可追溯到18—19世纪。当时，食品的化学本质成为化学家研究的一个方面，如研究食品的组成，已认识到糖类、蛋白质和脂肪是人体必需的三大营养素。这为食品化学的发展奠定了基础。著名的化学家瑞典的舍雷（Scheele，

1742—1786) 分离出乳酸并研究了其性质, 还用乳糖制成粘酸; 从柠檬酸和醋栗中分离出柠檬酸; 从苹果中分离出苹果酸; 对12种水果中的柠檬酸和酒石酸进行了检验。他还对动植中新发现的一些成分作了定量分析。因此, 被认为是食品化学定量研究的先驱。法国化学家拉瓦锡 (Lavoisier, 1743—1794) 对食品化学的贡献, 是确定了燃烧有机分析的原理, 首先提出用化学方程式表达发酵过程, 发表了第一篇有关水果中有机酸的研究论文。此后, 法国化学家尼科拉斯 (Nicolas) 在拉瓦锡工作的基础上, 进一步将干灰化方法用于植物中矿物质含量的测定, 用燃烧分析法定量测定了乙醇的元素组成。法国化学家盖-吕萨克 (Gay-Lussac) 和赛纳德 (Thenarde) 提出植物材料中碳、氢、氧、氮四种元素的定量测定方法。此外, 英国化学家戴维 (Davy, 1778—1829) 撰写的《农业化学原理》也论述了有关食品化学的内容。

在18世纪, 食品掺假事件在欧洲时有发生, 迫切要求有关部门建立可靠的食品检验方法, 这无疑对普通分析化学和食品检验方法的发展起了很大的促进作用。直到1920年, 世界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制定出严格的检验方法, 从而使食品掺假逐渐得到控制。

到50年代末, 食品工业有了较快的发展, 特别是在欧美等工业发达国家。为了改善食品的感官质量和品质, 或有利于改进食品加工处理以及延长货架期, 在食品贮藏加工过程中, 逐渐使用天然的或人工合成的化学物质, 作为食品添加剂, 并得到政府法律的认可。另一方面, 由于农业生产中广泛应用农药, 给食物带来不同程度的污染。因此, 食品安全性问题, 自60年代以来已成为食品化学、临床医学、毒理学、预防医学等学科普遍关心的重要问题。

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都获得显著的进展。如研究食品在贮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, 以及食品贮藏加工新技术、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。

为了适应人类宇航事业的需要, 科学家们开始研究如何在太空飞船的有限空间实现食品元素和食品物质的小规模循环, 做到主要食物的自给供应。随着仿生学和分子工程学的发展, 人们将可以简化这些复杂物质分子, 或模拟代谢中间产物的结构, 通过人工合成食品的方法, 开辟出一条新的途径。

三、食品化学的研究方法

食品是多种组分构成的体系, 在贮藏和加工过程中, 将发生许多复杂的变化, 它将给食品化学的研究带来一定的困难。因此, 一般是从模拟体系或简单体系入手, 将所得实验结果应用于食品体系, 以确定食品组分间的相互作用, 及其对食品营养、感官品质 and 安全性造成的影响。这种方法使研究的问题过于简单化, 因此并非都是成功的。

食品化学研究的内容包括四个方面: 确定食品的组成、营养价值、安全性和品质等重要特性; 食品贮藏加工过程中各类化学和生物化学反应的步骤和机理; 在上述研究的基础上, 确定影响食品和卫生安全性的主要因素; 研究化学反应的动力学行为及其环境

因素的影响。

1. 食品的品质和安全性

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。利用现代分析技术，用现代营养学的观点对食品的营养进行评价，乃是食品化学最基本的任务。食品卫生的安全性也是食品的重要特征，供人类消费的食品不应含有任何有害的化学成分或微生物因素，例如黄曲霉毒素、亚硝胺、苯并芘、农药、有害重金属化合物等。

食品在贮藏加工过程中各组分间相互作用对食品品质和安全性的不良影响有如下几方面：

- (1) 质地变化：食品组分的溶解性和持水量降低，食品变硬或变软。
- (2) 风味变化：酸败（水解或氧化），产生蒸煮味或焦糖味及其他异味。
- (3) 颜色变化：变暗、褪色或出现其他色变。
- (4) 营养价值变化：维生素、蛋白质、脂类等降解。

2. 化学和生物化学反应

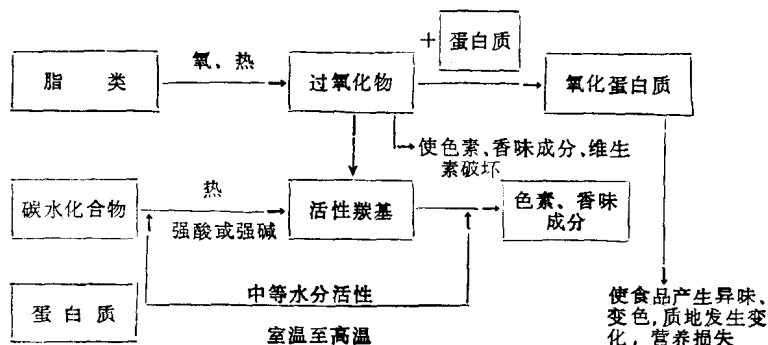
食品在贮藏加工过程中发生的许多化学和生物化学反应都会影响食品的品质和安全性。反应的类型一般取决于食品的种类、贮藏和加工条件，各反应之间相互影响和竞争，使食品化研究变得十分复杂。因此，简化食品体系或采用模拟体系进行研究，是食品化学研究方法上的一个显著特点。

3. 各类反应对食品品质和卫生安全性的影响

上述各类反应除了引起食品品质变坏，出现食品安全性问题外，有的反应则有利于食品品质的改良，如多糖或蛋白质的化学修饰和衍生物的合成。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。

食品变质一般是由一系列初级反应引起组分的分子结构发生变化，然后导致肉眼可见或其他感官能感觉的变化，产生对人体有害甚至致癌的物质。

食品中主要成分的反应和相互作用可用下述图解说明：



4. 反应的动力学

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、食品的组

成、水活性、反应速度都有关系。在中等温度范围内，反应符合阿伦尼乌斯方程

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

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。可见温度是影响食品贮藏加工中化学变化的主要变量。在高温或低温下，上述方程会出现偏差。因为在高温或低温下，酶失去活性；反应途径改变或出现竞争；体系物理状态改变；反应物消耗增加。这些都是反应方程出现偏差的原因。

第二章 水

在人体内，水不仅是构成机体的主要成分，而且是维持生命活动、调节代谢过程不可缺少的重要物质。例如，水使人体体温保持稳定，因为水的热容量大，一旦人体内热量增多或减少也不致引起体温出现大的波动。水的蒸发潜热大，蒸发少量汗水即可散发大量热能，通过血液流动使全身体温平衡。水是一种溶剂，能够作为体内营养素运输、吸收和废弃物排泄的载体，也可作为化学和生物化学反应的反应物或反应介质。同时又是生物大分子化合物构象的稳定剂，以及包括酶催化在内的大分子动力学行为的促进剂。此外，水也是植物进行光合作用过程中合成碳水化合物所必需的物质。

水是食品中非常重要的一种成分，也是构成大多数食品的主要组分，各种食品都能显示其品质特性的含水量（表2-1）。水的含量、分布和取向不仅对食品的结构、外观、质地、风味、新鲜程度和腐败变质的敏感性产生极大的影响，而且对生物组织的生命过程也起着至关重要的作用。水在食品贮藏加工过程中作为化学和生物化学反应的介质，又是水解过程的反应物。通过干燥或增加食盐、糖的浓度，可使食品中的水分除去或被结合，从而有效地抑制很多反应的发生和微生物的生长，以延长食品的货架期。在大多数新鲜食品中，水是最主要的成分，若希望长期贮藏这类食品，只要采取有效的贮藏方法控制水分就能够延长保藏期。无论采用普通方法脱水或是低温冷冻干燥脱水，食品和生物材料的固有特性都会发生很大的变化，然而任何企图使脱水食品恢复到它原来的状态（复水和解冻）的尝试都未获得成功。下面我们将讨论水和冰的一些特性，以控制水在食品加工贮藏过程中的变化和影响。

表 2-1 部分食品的含水量

食 品	含水量(%)
肉 类	
猪 肉	53—60
牛肉（碎块）	50—70
鸡（无皮肉）	74
鱼（肌肉蛋白）	65—81
水 果	
香 蕉	75
浆果、樱桃、梨、葡萄、猕猴桃、柿子、榲桲、菠萝、	80—85
苹果、桃、桔、葡萄柚、甜橙、李子、无花果	85—90
草莓、杏、椰子	90—95
蔬 菜	
青豌豆、甜玉米	74—80
甜菜、硬花甘蓝、胡萝卜、马铃薯	80—90
芦笋、青大豆、大白菜、红辣椒、花菜、莴苣、西红柿、西瓜	90—95