



普通高等教育“十三五”规划教材
食品科学与工程类专业应用型本科教材

食品化学

邵颖 刘洋◎主编

Food
Chemistry

普通高等教育“十三五”规划教材
食品科学与工程类专业应用型本科教材

食品化学

邵颖 刘洋 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品化学/邵颖, 刘洋主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2018. 1
普通高等教育“十三五”规划教材 食品科学与工程类专业应用型
本科教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 1503 - 8

I. ①食… II. ①邵… ②刘… 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 227637 号

责任编辑: 张 靓 责任终审: 滕炎福
整体设计: 锋尚设计 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 20

字 数: 440 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 1503 - 8 定价: 46.00 元

邮购电话: 010 - 65241695

发行电话: 010 - 85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

170488J1X101ZBW

本书编写人员

主 编 邵 颖 刘 洋

副 主 编 张晓宇 崔丽伟 刘坤峰

编 者 (以姓氏拼音为序)

陈亚蓝 (信阳农林学院)

成培芳 (内蒙古农业大学)

崔丽伟 (河南牧业经济学院)

刘坤峰 (信阳农林学院)

刘 洋 (信阳农林学院)

邵 颖 (信阳农林学院)

王月囡 (鞍山师范学院)

张晓宇 (郑州工程技术学院)

庄军辉 (河南牧业经济学院)

食品化学是一门研究食品中的化学变化与食品质量相关性的科学。随着科学技术的进步，特别是食品化学成为一门学科以来，其研究不断深入和发展，已成为化学、生物、物理、营养学和生物化学的一门交叉学科。食品化学已成为食品科学与工程专业、食品质量与安全专业及相关专业的必修课程。

本书主要面向应用型本科院校师生教学及科研编写。全书共分为两大部分，一部分为理论部分，共十章，分别为：绪论、水分、碳水化合物、脂类、蛋白质、酶、维生素和矿物质、色素和着色剂、食品风味成分、食品添加剂；另一部分为实验部分，结合应用型本科学校在本课程中的实验需求，共编写有二十七个实验项目，分别包括水分的检验、糖类的检测、脂类检测、蛋白质的测定、酶的测定、维生素和矿物质、色素和着色剂及食品风味成分的测定等。

考虑到教学学时及应用型本科学生层次的现状，各章理论知识部分的内容有所压缩，有余力的同学可以找相应书籍进行补充。为使教学具有针对性，特在编写过程中征集了很多学校的意见和建议，编写时力求简明、概念明确、重点突出，每章前面附有学习目的和要求，后面附有复习思考题，以便帮助学生课后复习和很好地把握重点内容。

本教材由邵颖、刘洋担任主编，张晓宇、崔丽伟、刘坤峰担任副主编。参加编写人员及编写分工是：第一章绪论（邵颖）、第二章水分（庄军辉）、第三章碳水化合物（张晓宇）、第四章脂类（崔丽伟）、第五章蛋白质（邵颖）、第六章酶（王月因）、第七章维生素和矿物质（刘坤峰）、第八章色素和着色剂（刘洋）、第九章食品风味成分（王月因）、第十章食品添加剂（陈亚蓝）、第十一章实验部分（邵颖）。全书邵颖老师进行编排统稿；在本书编写过程中得到了很多兄弟院校老师的帮助和支持，由衷地表示感谢！

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在缺陷和错误之处，诚望读者和同行专家不吝批评指正。

编者

第一章	绪论	1
	第一节 食品化学的定义和研究对象	1
	第二节 食品化学的发展历史	2
	第三节 食品化学在食品科学中的地位及在食品工业发展中的作用	3
	第四节 食品化学的研究内容和研究方法	5
	第五节 食品化学的学习方法	6
第二章	水分	8
	第一节 概述	8
	第二节 水和冰的结构	9
	第三节 水和冰的物理性质	13
	第四节 水在食品中的存在状态及相互作用	14
	第五节 水分活度	18
	第六节 水分吸着等温线	20
	第七节 水分活度和食品稳定性	22
	复习思考题	26
第三章	碳水化合物	27
	第一节 概述	27
	第二节 单糖及低聚糖	28
	第三节 淀粉	50
	第四节 植物细胞壁多糖	58
	复习思考题	65
第四章	脂类	66
	第一节 概述	66
	第二节 脂类的分类、命名、组成和结构	67

第三节	食用油脂的物理性质及应用	72
第四节	食用油脂在加工和贮藏中的化学	81
第五节	油脂的品质评价	94
	复习思考题	96

第五章	蛋白质	97
	第一节 概述	97
	第二节 蛋白质的化学组成和分类	98
	第三节 食品中的氨基酸	100
	第四节 蛋白质的结构	107
	第五节 蛋白质的变性	114
	第六节 蛋白质的功能性质	117
	第七节 食品蛋白质在加工和贮藏中的变化	128
	复习思考题	134

第六章	酶	135
	第一节 概述	135
	第二节 酶促褐变	144
	第三节 食品中重要的酶类	146
	第四节 酶对食品质量的影响	151
	第五节 酶在食品加工中的应用	153
	复习思考题	156

第七章	维生素和矿物质	157
	第一节 概述	157
	第二节 脂溶性维生素	158
	第三节 水溶性维生素	163
	第四节 食品中维生素损失的常见原因	176
	第五节 矿物质	180
	复习思考题	190

第八章	色素和着色剂	191
	第一节 概述	191
	第二节 食品中的天然色素	192
	第三节 食品中的天然着色剂	205
	第四节 食品合成着色剂	208

复习思考题	213
第九章 食品风味	214
第一节 概述	214
第二节 味感及味感物质	217
第三节 嗅感和香气物质	225
第四节 植物性食品的香气	227
第五节 动物性食品的香气	230
第六节 发酵食品的香气	233
复习思考题	234
第十章 食品添加剂	235
第一节 概述	235
第二节 防腐保鲜类食品添加剂	240
第三节 感官调控类食品添加剂	243
第四节 质构改良类食品添加剂	248
第五节 其他食品添加剂	254
复习思考题	256
第十一章 实验部分	257
实验一 食品中水分活度的测定	257
实验二 水总硬度的测定	259
实验三 大豆低聚糖含量的测定	261
实验四 食品中膳食纤维含量的测定	262
实验五 食品中淀粉含量的测定	266
实验六 酶法制备淀粉糖浆及其 DE 值的测定	268
实验七 直链淀粉和支链淀粉的测定	270
实验八 方便食品中淀粉 α -化程度的测定	271
实验九 豆类淀粉和薯类淀粉的老化——粉丝的制备与 质量感官评价	273
实验十 食品中非酶褐变程度的测定	274
实验十一 油脂酸价的测定	275
实验十二 油脂过氧化值的测定	276
实验十三 油脂中磷脂含量的测定	278
实验十四 蛋白质的水合能力的测定	281
实验十五 蛋白质起泡能力与泡沫稳定性的测定	283
实验十六 蛋白质乳化性与乳化稳定性的测定	284

实验十七	食品中多酚氧化酶活力的测定	285
实验十八	果蔬中过氧化氢酶活力的测定	287
实验十九	维生素 A、维生素 B ₁ 和维生素 B ₂ 的定性鉴定	290
实验二十	维生素 C 含量的测定 (2, 6 - 二氯酚靛酚 滴定法)	291
实验二十一	食品灰分的测定	294
实验二十二	番茄中番茄红素的提取及含量的测定	295
实验二十三	食品中总胡萝卜素含量的测定	297
实验二十四	叶绿素含量的测定 (分光光度法)	298
实验二十五	茶叶中咖啡因提取、分离和鉴定	300
实验二十六	食品中糖精钠的测定	301
实验二十七	甜蜜素 (环己基氨基磺酸钠) 的测定	303
参考文献		306

第一章
绪论

[学习目标与要求]

1. 了解食品化学的概念、发展简史和食品化学研究的内容以及食品化学在食品工业技术发展中的作用。
2. 掌握食品化学的研究方法。
3. 掌握食品化学的学习方法。

第一节 食品化学的定义和研究对象

一、食品化学的研究对象

食品化学的研究对象是食品。

食品 (food): 一般指人类为维持正常生理功能而食用的各类含有营养素的物质, 通常也泛指一切食物。严格来讲, 食品、食物和原料有所区别。食品是对原料进行科学的再加工后形成的成品, 如面包、饼干、火腿等。原料 (material) 是指未经过加工或只经过粗加工的含有营养素的物质, 如鸡蛋、肉等。食物 (foodstuff) 是指含有营养素的可食物料。营养素 (nutrient) 是指能提供维持人体正常生长发育和新陈代谢所必需的物质, 从化学性质可分为 6 大类, 即蛋白质 (protein)、脂类 (lipids)、碳水化合物 (carbohydrates)、矿物质 (minerals)、维生素 (vitamins) 和水 (water), 目前习惯把膳食纤维 (dietary fiber) 称为第 7 类营养素。食物包括原料和食品, 是原料和食品的统称 (至少含有一种以上营养素)。

食品的化学组成如图 1-1 所示:

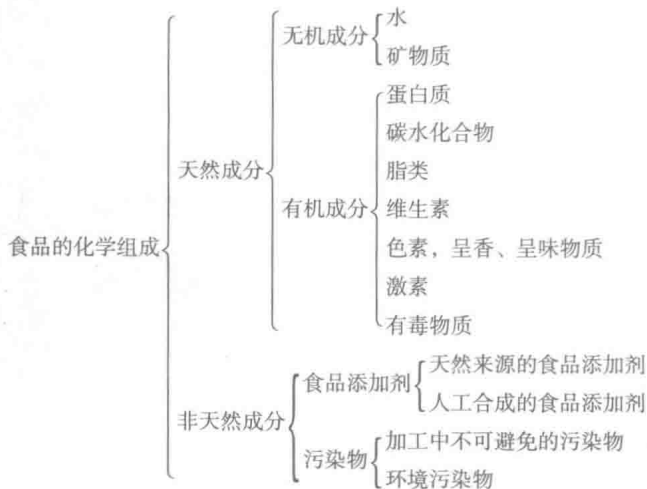


图 1-1 食品化学的组成

二、食品化学的定义

食品化学 (food chemistry) 是食品科学的一个重要部分, 是利用化学的理论和方法研究食品本质的一门科学, 即从化学角度和分子水平研究食品的组成、结构和理化性质、营养和安全性质以及它们在生产、加工、储运过程中的变化及其对食品品质和安全性的影响, 属于应用化学的一个分支。其核心任务是研究食品中发生的化学过程、变化机制和影响条件。

食品化学与生物化学有一定重叠但又各有其侧重点, 例如在蛋白质、碳水化合物和脂类的研究中重叠部分较多。但生物化学突出生物成分在遗传、生理、代谢和调控方面的功能和变化, 而食品化学侧重其作为食品组成成分在营养、安全性、感官性质、加工特性和储藏稳定性等方面的功能和变化。除此之外, 食品化学对食品水分、矿物质、维生素、色素、酶、添加剂、风味物质的功能和变化的研究内容大部分不同于生物化学。

食品化学是食品科学与工程类专业的主干课程。它比其他化学更贴近食品工业实践, 其包含的成分功能性质和变化知识、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, 学好食品化学, 就更容易投身到整个食品科技的理论和技术领域中去。食品化学也是从事食品科学研究和控制食品质量必备的知识体系。

第二节 食品化学的发展历史

食品化学的发展可以分为以下几个阶段。

早期阶段: 18 世纪中后期至 19 世纪早期, 主要完成动植物特征成分的分离和分

析。例如,瑞典化学家舍雷(Scheele)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,成为定量研究的先驱。法国化学家拉瓦锡(Lavoisier,1743—1794)阐明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质元素,完成乙醇的化学分析。1811年,盖·吕萨克(Gay·Lussac)、赛纳德(Thenard)提出了植物物质中的碳、氢、氮定量测定方法。

发展阶段:19世纪中后期,生物化学手段的发展促进了食品化学的发展。例如,1860年,德国的W. Hanneberg和F. Stohmann发展了测定水分、脂肪、灰分、蛋白质、无氮浸出物的方法。1871年,Jean Baptiste Dumas提出“仅由蛋白质、碳水化合物和脂肪组成的膳食不足以维持人类的生命”的观点。1847年,Justus Vonliebig出版了第一本有关食品化学方面的书——《食品化学的研究》,在这本书中他叙述了对肌肉和水溶性成分(肌酸、肌苷酸和乳酸等)的研究,并于1882年,将食品分类为含氮(植物纤维蛋白、清蛋白、酪蛋白以及动物的血和肉)和不含氮的(脂肪、碳水化合物和含酒精的饮料)物质。

成熟阶段:在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,大部分的食品组分已经被化学家、生物学家和营养医学家的研究所探明,为食品化学的建立奠定了基础。在此期间,食品工业的不同行业纷纷创建自身的化学基础,如粮油化学、果蔬化学、乳品化学、糖业化学、肉禽蛋化学、水产化学和风味化学等,为系统的食品化学学科的建立奠定了坚实的基础。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门学科的正式建立。

现代阶段:食品化学将更系统、更深入地发展。近年来,食品化学的研究领域更广阔,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、特殊营养成分的结构和功能性质、食品材料的改性、食品现代和快速的分析方法、高新分离技术、新型食品包装材料、现代食品保藏技术及新食源、新工艺和新食品添加剂等研究方面发展。

第三节 食品化学在食品科学中的地位及在食品工业发展中的作用

一、食品化学在食品科学中的地位

食品科学作为一门学科,必须具有明确的基础、目标、所要解决的问题和研究范畴。食品科学的发展是利用了有机化学、物理化学、物理和数学等基础知识和生物学、

微生物学和生物化学等次级知识。食品科学发展的目标是获得对食品体系的结构、性质、加工和保藏的综合能力。食品化学是食品科学领域中涉及范围最广的一门学科，它与食品科学诸领域均具有紧密联系（表 1-1）。

表 1-1 食品化学与食品科学诸领域的关系（影响）

食品科学领域	关系（影响）
食品加工	通过研究食品有效成分在各种加工条件下的变化，说明加工工艺的合理性，不断开发新的食品加工手段和技术
食品贮藏	通过研究不同贮藏条件对食品成分、质构的影响，不断探索开发新的贮藏手段和技术
食品营养	通过研究食品组分的理化性质，结合生物化学研究，可为食品营养研究提供基本数据
食品安全与卫生	食品化学是各种检测手段的基础，各种检测手段又是考查食品安全的前提条件
食品分析（检测）	食品化学与食品质量检测 and 食品标准的制定有更加直接的关系
食品添加剂	化学合成和提取分离手段是食品添加剂研究最直接的动力
功能及绿色食品开发	食品功能因子的表征、开发、先进检测手段是新型食品开发的坚实基础

因此，食品化学在食品科学发展和研究中的重要地位概括为：①可以促进食品科学工作者从分子水平去认识原料、食品加工与贮藏、各类食品加工技术应用的本质，使各项研究更加深入；②可以促使食品工作者不断更新加工工艺，生产出更加安全、卫生、营养价值更高的食品；③可以促使食品科学由定性转向定量，科学说明各种食品的物质组分，制定更加合理先进的食品标准；④可以促使食品工业加速利用生物工程技术 and 各种先进的加工技术，促使食品工业更新换代；⑤可以促使食品科学不断发展，促进新的、营养价值更高的、功能更加独特的食品问世，以满足不同层次和不同人群的需要。

二、食品化学在食品工业发展中的作用

食品科学领域的新技术，如可降解食品包装材料、生物技术、微波食品加工技术、辐射保鲜技术、超临界萃取和分子蒸馏技术、膜分离技术、活性包装技术和微胶囊技术等新技术的实际应用依赖于对物质结构、性质和变化的把握，因此这些新技术的推广及使用与食品化学学科的发展密切相关。食品化学的研究已经延伸到食品工业的各个领域，它与食品工业发展的关系与日俱增。可以这样说，没有食品化学的理论指导就不可能有日益发展的现代食品工业。

正是由于有了食品化学的发展，才有了对美拉德（Maillard）反应、焦糖化反应、酶促褐变、淀粉的糊化与老化、多糖的水解、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、酶的催化反应、脂肪水解与酶交换反应、脂肪热氧化分解与聚合反应、风味物质的变化反应和成分转变为风味物质的反应

及食品原料采后生理生化反应等的认识,这种认识对现代食品加工和储藏技术的发展产生了深刻影响(表1-2)。

表 1-2 食品化学对食品工业发展的影响

食品工业	影响
果蔬加工储藏	化学去皮,护色,质构控制,维生素保留,脱苦脱色,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,腌熏肉的生产,人造肉的生产,动物内脏的综合利用
饮料工业	速溶,克服上浮下沉,稳定蛋白饮料,水质处理,稳定果肉果汁,果汁护色,控制澄清度,提高风味,白酒降度,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,开发凝乳酶代用品和再制乳酪,乳清的利用,乳品的营养强化等
焙烤工业	生产高效膨化剂,增加酥脆性,改善面包皮颜色和质构,防止老化和霉变等
食用油脂工业	精炼,冬化,调温,油脂改性,DHA、EPA及中链脂肪酸三酰甘油酯的开发利用,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	发酵食品的后处理、后发酵期间的风味变化、菌体和残渣的综合利用
基础食品工业	面粉改良,精谷制品营养强化,水解纤维素和半纤维素,生产高果糖浆,改性淀粉,氢化植物油,生产新型甜味剂、新型低聚糖、功能性肽,改性油脂,分离植物蛋白,开发微生物多糖和单细胞蛋白质,食品添加剂的生产,野生、海洋和药食两用可食资源的开发利用等
食品检验	检验标准的制定,快速分析,生物传感器的研制等

第四节 食品化学的研究内容和研究方法

如前面所述,食品化学是从化学角度和分子水平研究食品的组成、结构和理化性质、营养和安全性质以及它们在生产、加工、储运过程中的变化及其对食品品质和安全性的影响。因此研究食品中营养成分、呈色、呈香、呈味成分和生理活性物质的化学组成、性质、结构和功能以及新的分析技术;阐明食品成分之间在生产、加工、储存、营销中的变化,即化学反应历程、中间产物和最终产物的结构及其对食品品质和卫生安全

性的影响；研究食品储藏加工的新技术，开发新的产品和新的食品资源以及新的食品添加剂等，则构成了食品化学的主要研究内容。

食品化学研究方法的主要特色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研究联系起来。因此，从试验设计开始，食品化学的研究带有揭示食品品质或安全性变化的目的，并且把实际的食物物质系统和主要食品加工工艺条件作为实验设计的重要依据。由于食品是多种组分构成的复杂体系，在加工和储藏中可发生许多复杂的化学变化，因而为了使分析、推导和综合有一个清晰的背景，食品化学研究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，再在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。

食品化学研究中常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，即分析试验物质系统中的营养成分、有害成分、色素和风味物质的存在、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鉴别来分析试验系统的质构、风味和颜色的变化。在食品化学研究中，感官试验和理化试验相结合能取得更好的结果，感官试验研究能更快和更容易发现食品的变化，而理化试验研究则能更科学地鉴定食品物质并揭示其反应机制。

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，进行现代分析时的样品前处理和测定结果的解析正在向食品分析和食品化学提出严峻的挑战。食品化学的研究越深入，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也都在从事一定的改进食品分析方法的研究，而每个从事食品分析研究的科技人员也都在从事一定的食品化学研究。所以，食品分析方法实质也是食品化学研究方法的重要部分。

第五节 食品化学的学习方法

尽管食品化学的研究工作可追溯到 100 多年前，但是食品化学作为一门大学课程，还不过 50 年。另外，食品种类繁多，食品化学涉及范围较广。本课程的开设在其他专业课之前，这样对于完全没有食品加工实践经验又没有食品知识理论的学生来说，如果不注意学习方法，则难以收到好的学习效果。所以编者建议在学习本课程时注意以下几点。

(1) 注意掌握食品主要组分的化学性质、结构特点、特征基团、加工和贮藏条件下的典型反应等,以它们作为本课程的基本元素。

(2) 学习过程中,应注意了解常见食品的特点,特别是它们的化学组成和主要的变化,这为预测食品在储藏和加工条件下可能发生的化学反应打下基础。

(3) 教材中有关食品加工技术的举例,最好能查阅有关工艺资料或利用学校的食品社团进行观摩(实际操作),以加深对有关理论问题的理解。

(4) 在学习过程中遇到一些典型的有机反应或生化现象,要及时查阅相关书籍和已经学过的有机化学、生物化学知识,把这些知识弄清楚、搞明白。

(5) 食品化学知识与自身日常生活联系非常密切,多与自己遇到的实际情况联系,培养对本门课程的学习兴趣,并尽量能够利用所学的知识解释一些实际现象和培养解决实际问题的能力。

(6) 在每一章学习结束后要及时归纳和总结,养成课前预习、课后复习的好习惯。

(7) 本课程为了加强对理论知识的理解,加强了实践操作学时,要按时保质、保量地独立完成实验,注意观察实验现象、做好实验记录,经过计算得出实验结果,对实验失败的原因能给出合理的解释。

(8) 认真听讲,记笔记,完成作业,多与老师同学交流与讨论。

第二章 水分

[学习目标与要求]

1. 掌握水在食品中的重要作用、存在的状态，水分活度和水分吸着等温线的概念及意义，水分活度与食品稳定性的关系。
2. 了解水分和冰的结构及性质，含水食品的水分转移规律，分子流动性对食品稳定性的影响。

第一节 概述

水在人类生存的地球上普遍存在，同时它也是食品的重要组成部分（表2-1），各种食品都有其特定的水分含量，故此才能显示出它们各自的色、香、味、形等特征。从物理化学方面来看，水在食品中起着分散蛋白质和淀粉等成分的作用，使它们形成溶胶或溶液。从食品化学方面考虑，水对食品的鲜度、硬度、流动性、呈味性、保藏性和加工等方面都具有重要的影响，同时也是微生物繁殖的重要因素，影响着食品的可贮藏性和货架寿命，因此，在食品安全国家标准中，水分是一项重要评价指标。在食品加工过程中，水还能发挥膨润、浸透等方面的作用。研究水的结构、物理化学特性以及食品中水分的分布及其存在状态，对食品化学和食品加工、保藏过程有非常重要的意义。