

教育部高职高专规划教材



食品生物化学

第二版

潘 宁 杜克生 主编
李晓华 主审



化学工业出版社

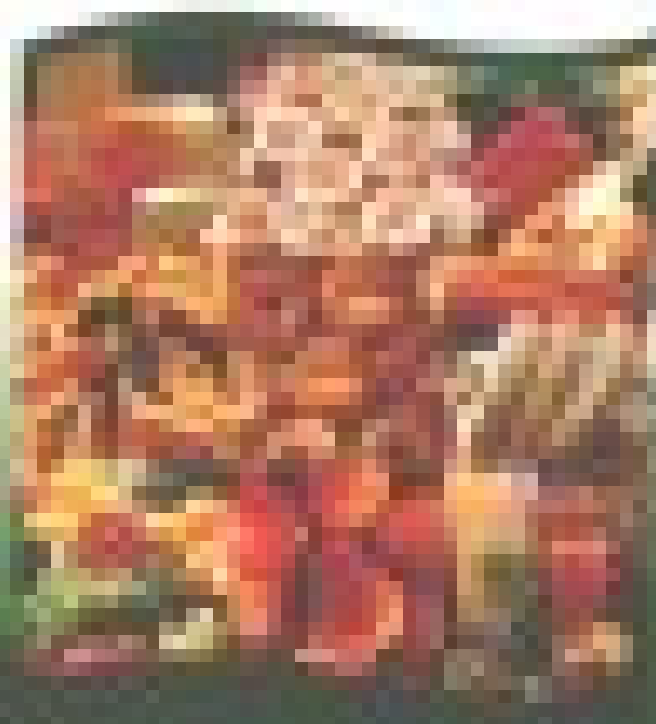
中国轻工业出版社



食品生物化学

第二版

周 平 杨瑞忠 主编
李瑞华 主审



中国轻工业出版社

教育部高职高专规划教材



食品生物化学

第二版

潘 宁 杜克生 主编
李晓华 主审



化学工业出版社

北 京

本教材共十章,即绪论、水分和矿物质、糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、维生素、物质代谢、食品的色香味、实验实训。本教材在保持第一版教材基本框架和基本内容的基础上,对内容的更新和论述的深广度均做了较多的修改和完善,增加了部分图文、应用实例等方面的内容,使本书更具应用性及趣味性。

本教材是高职高专食品类专业的教学用书,也可供相关专业师生、食品行业各层次、各工种不同岗位的人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学/潘宁,杜克生主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2010.6

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-08067-7

I. 食… II. ①潘…②杜… III. 食品化学:生物化学-高等学校:技术学院-教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 051308 号

责任编辑:陈有华

文字编辑:旷英姿

责任校对:王素芹

装帧设计:张辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$ 字数337千字 2011年2月北京第2版第2次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.00元

版权所有 违者必究

高职高专食品类专业规划教材

编审委员会

主 任	金长义				
副主任	葛 亮	盛成乐	徐恒山	阎保平	臧大存
	张立彬	张 泰	朱 珠		
委 员	陈剑虹	陈 志	杜克生	葛 亮	胡永源
	姜淑荣	冷士良	李晓华	梁传伟	穆华荣
	潘 宁	孙来华	唐 突	王 莉	王亚林
	文连奎	熊万斌	杨登想	杨清香	杨士章
	杨永杰	叶 敏	于艳琴	展跃平	张晓燕
	张 妍	张英富	赵思明	周凤霞	周光理
	朱乐敏	朱 珠			

(按姓氏汉语拼音排序)

前 言

《食品生物化学》作为一本面向高等职业教育食品类专业的教学用书，自 2006 年 7 月出版发行以来，有多所院校使用，受到广大师生的好评与欢迎。2009 年该教材获得第九届中国石油与化工工业优秀教材二等奖。随着食品工业的快速发展，现代生物技术的应用面在逐步扩大、普及，对食品生物化学知识有了新的需求，教材内容需要更新。

根据高职高专教育以培养应用技术型人才为目的，突出技能过硬、理论够用的教育特色，参考教材使用过程中同行反馈的意见和建议，在保持原教材基本框架和基本内容的基础上，增加了部分图文、应用实例等方面的内容，使本书更具应用性、趣味性。与第一版相比，本版教材在内容的更新和论述的深广度方面均做了较多的修改和完善。

根据高等职业教育特点，要加强学生实践操作能力，在第二版中我们重点增加了实验实训内容，编排的十八个实验与实训中，有七个实验是这次修编中调整和补充的。由于本课程实验内容与食品分析有较多重叠，因此本教材所选实验侧重于食品组分的性质及应用、分离和提纯，而对组分含量测定的实验本教材没有选用，对这类实验可安排在食品分析课程中学习。在编写的实验中，有的实验所需时间较长，可安排在相关实训中进行。编写的十八个实验，并不要求全部做完，教师可根据教学实际情况有选择地指导学生完成。

本教材是高职高专食品类专业教学用书，也可供相关专业师生、食品行业各层次、各工种岗位的人员阅读、参考。内容选材以实际需要为原则，从食品工业技术的角度，以人和食品的关系为中心，阐述生物化学的基本内容，以及与食物质量有关的化学和生物化学知识。

本教材第二版仍分为十章，即绪论、水分和矿物质、糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、维生素、物质代谢、食品的色香味、实验实训。各章节的修编由原编写人员负责完成，其中绪论、第一、第六、第七章由潘宁修编；第八、第十章由杜克生修编；第二、第三、第九章由朱丹丹修编；第四、第五章由敖艳青修编。本教材由潘宁、杜克生主编，李晓华主审。全书由潘宁统稿。

本教材在编写过程中参考了有关的教材、专著等资料，在此对其作者表示衷心的感谢。

虽然编者在教材修订中力求严谨和正确，但限于学识水平与能力，书中不妥和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2010 年 3 月

第一版前言

本教材编写宗旨是以适应经济社会发展，培养应用技术型人才为目的，突出了以应用为主、理论必需够用为度的高职高专教育特色。

本教材是高职高专食品类专业的教学用书，也可供相关专业师生、食品行业各层次及各工种不同岗位的人员阅读和参考。内容选材以实际需要为原则，从食品工业技术角度，扼要阐述生物化学的基本知识与理论，以及营养物质在食品加工中的化学变化及其对质量的影响等。

教材内容完整、浅显易懂、实用性强，注重理论与实践相结合。同时增设了实验内容(12个实验)，具有较强的适用性。各章前有“学习目标”，明确了学习重点，章后并配有适当数量的习题，便于学生自学和练习。本教材教学参考学时数为72学时，其中理论教学48学时，实践教学24学时。各校可根据实际情况对教材内容取舍，部分内容可作学生的阅读材料。

全书共十章，包括绪论、水分和矿物质、糖类化学、脂类化学、蛋白质化学、核酸化学、酶化学、维生素化学、物质代谢、食品的色香味化学、实验内容。本书由潘宁、杜克生主编。潘宁编写绪论，第一、第六、第七章；朱丹丹编写第二、第三、第九章；敖艳青编写第四、第五章；杜克生编写第八章；杜克生、王立丽编写第十章。全书由潘宁统稿。

本书由李晓华主审，并提出许多宝贵意见。在编写过程中得到各编者所在院校的大力支持，在此表示衷心的感谢。编者还谨向有关参考文献的专家和作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限、时间仓促，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2006年4月

目 录

绪论	1
第一章 水分和矿物质	4
第一节 水分与水分活度	4
一、水在生物体内的含量与作用	4
二、食品中水分状态与分类	5
三、水分活度	6
第二节 矿物质	10
一、食品中矿物质的分类、存在形式及其功能	10
二、矿物质对食品性质的影响	12
三、食物中矿物质成分的生物有效性	13
四、影响食品中矿物质成分的因素	14
五、几种重要的矿物质营养素	15
习题	18
第二章 糖类	20
第一节 概述	20
一、糖类化合物的概念	20
二、糖类化合物的分类	20
第二节 单糖及其衍生物	21
一、单糖	21
二、单糖的衍生物	23
第三节 低聚糖	23
一、双糖	23
二、功能性低聚糖	24
三、有关单糖、低聚糖的重要性质	25
第四节 多糖	29
一、淀粉	29
二、糖原	32
三、纤维素与半纤维素	32
四、食品中的其他多糖	33
习题	37
第三章 脂类	38
第一节 概述	38
一、脂类的特征	38
二、脂类的分类	38
第二节 脂肪	39
一、脂肪的化学结构与种类	39
二、甘油	39

三、脂肪酸	40
四、脂肪酸及脂肪的性质	41
五、食品热加工过程中油脂的变化	45
六、油脂的乳化和乳化剂	45
第三节 类脂	46
一、磷脂	46
二、糖脂	48
三、固醇	48
四、蜡	49
第四节 油脂加工的化学	49
一、油脂的精炼	49
二、氢化	50
三、酯交换	50
习题	51
第四章 蛋白质	52
第一节 概述	52
一、蛋白质的重要性	52
二、蛋白质的含量与分布	52
第二节 蛋白质的化学组成	53
一、蛋白质的元素组成	53
二、蛋白质的基本结构单位	53
第三节 氨基酸	54
一、氨基酸的结构特征	54
二、氨基酸的分类	54
三、氨基酸的理化性质	56
第四节 蛋白质结构	59
一、蛋白质的一级结构	59
二、蛋白质的空间结构	59
第五节 蛋白质的理化性质	62
一、蛋白质胶体性质	62
二、蛋白质的两性解离和等电点	63
三、蛋白质的溶解性	63
四、蛋白质的变性与复性	63
五、蛋白质的呈色反应	63
第六节 蛋白质分类	64
一、根据分子形状分类	64
二、根据分子组成和溶解度分类	64
三、从营养学上分	66
第七节 蛋白质的分离纯化与测定	66
一、提取	66
二、分离	66

三、纯化	67
四、结晶	67
五、测定	68
第八节 食物中的蛋白质	68
一、肉类蛋白质	68
二、胶原和明胶	69
三、乳蛋白质	69
四、种子蛋白质	70
五、单细胞蛋白质	71
六、叶蛋白	71
第九节 食品加工贮藏对蛋白质的影响	71
一、加热处理	71
二、低温保藏	72
三、脱水与干燥	72
四、碱处理	72
五、氧化	73
六、机械加工	73
习题	73
第五章 核酸	74
第一节 概述	74
第二节 核酸的化学组成	74
一、核酸的元素组成	74
二、核酸的水解产物	75
三、核酸水解产物的化学结构	75
四、核苷酸的衍生物	77
第三节 核酸的结构	78
一、核酸的一级结构	79
二、DNA 的空间结构	80
三、RNA 的结构	81
第四节 核酸的性质	82
一、一般物理性质	82
二、核酸的酸碱性质	82
三、核酸的紫外吸收	83
四、核酸的变性与复性	83
习题	84
第六章 酶	85
第一节 概述	85
一、酶的概念	85
二、酶的催化特点	86
三、酶的化学本质与组成	87
第二节 酶的命名与分类	88

一、酶的分类	88
二、酶的命名	89
第三节 酶催化反应的机理	90
一、酶的催化作用与活化能	90
二、中间产物学说	90
三、酶的活性中心	91
四、“诱导-契合”理论	91
五、酶原的激活	92
第四节 影响酶促反应速率的因素——酶促反应动力学	93
一、酶促反应速率的测定	93
二、酶浓度对酶促反应速率的影响	93
三、底物浓度对酶促反应速率的影响	93
四、温度对酶促反应速率的影响	95
五、pH 对酶促反应速率的影响	96
六、激活剂对酶促反应速率的影响	97
七、抑制剂对酶促反应速率的影响	97
第五节 酶的活力测定	98
一、酶的活力和活力单位	98
二、测定酶活力的两种方式	100
第六节 食品工业中重要的酶及其应用	100
一、水解酶类	100
二、氧化还原酶类	103
三、葡萄糖异构酶	104
四、固定化酶	104
五、酶工程	105
习题	106
第七章 维生素	108
第一节 概述	108
一、维生素的定义	108
二、维生素的命名和分类	108
第二节 脂溶性维生素	109
一、维生素 A	109
二、维生素 D	110
三、维生素 E	111
四、维生素 K	112
五、硫辛酸	112
第三节 水溶性维生素	113
一、维生素 B ₁	113
二、维生素 B ₂	114
三、维生素 B ₃	114
四、维生素 PP	115

五、维生素 B ₆	115
六、生物素	116
七、叶酸	116
八、维生素 B ₁₂	117
九、维生素 C	118
第四节 维生素在食品贮藏加工中的损失	119
一、加工过程中维生素的损失	119
二、贮藏过程中维生素的损失	121
习题	121
第八章 物质代谢	122
第一节 生物氧化	122
一、生物氧化过程中二氧化碳的生成	122
二、生物氧化过程中水的生成	123
三、ATP 的生成	123
第二节 糖类的代谢	124
一、糖的分解代谢	124
二、糖异生途径	131
三、糖原的合成与分解	132
第三节 脂类的代谢	133
一、脂类的消化、分解与吸收	133
二、脂肪的分解代谢	134
三、甘油三酯的合成代谢	137
四、磷脂的合成代谢	138
第四节 核酸的代谢	138
一、核酸的分解代谢	138
二、核酸的合成代谢	139
第五节 蛋白质的代谢	141
一、蛋白质的分解代谢	141
二、蛋白质的合成代谢	144
第六节 几类物质代谢之间的相互关系以及调节与控制	145
一、物质代谢途径之间的联系	145
二、物质代谢的调节与控制	146
三、代谢紊乱与人体健康的关系	148
第七节 动植物食品原料中组织代谢活动的特点	149
一、动物屠宰后组织中的代谢活动	149
二、新鲜水果、蔬菜组织中的代谢活动	151
习题	154
第九章 食品的色香味	155
第一节 食品中的色素	155
一、食品中的天然色素	155
二、人工合成色素	161

三、食品加工和贮藏中的褐变现象·····	162
第二节 味觉及味觉物质·····	164
一、味觉的概念和生理基础·····	164
二、影响味觉的主要因素·····	165
三、甜味与甜味物质·····	166
四、酸味与酸味物质·····	168
五、咸味及咸味物质·····	169
六、苦味及苦味物质·····	170
七、其他味觉及呈味物质·····	170
八、风味物在食品加工中的变化·····	173
第三节 嗅觉及嗅觉物质·····	173
一、嗅觉的概念和生理基础·····	173
二、影响嗅觉的因素·····	174
三、植物性食物的香气·····	174
四、动物性食物的香气与臭气·····	175
五、发酵食品的香气·····	176
六、食物焙烤香气的形成·····	176
习题·····	177
第十章 实验实训·····	178
实验实训一 水分活度的测定·····	178
实验实训二 淀粉的提取和性质实验·····	180
实验实训三 果胶的制备和特性测定·····	181
实验实训四 动植物油脂中不饱和脂肪酸的比较实验·····	182
实验实训五 油脂酸价的测定·····	183
实验实训六 油脂碘值的测定·····	184
实验实训七 脂质的提取及薄层色谱·····	187
实验实训八 卵磷脂提取、鉴定及乳化特性试验·····	188
实验实训九 血清蛋白的醋酸纤维薄膜电泳·····	189
实验实训十 氨基酸的纸色谱·····	192
实验实训十一 从牛奶中制取酪蛋白·····	193
实验实训十二 动物肝脏 DNA 的提取与检测·····	194
实验实训十三 酵母 RNA 的提取与检测·····	196
实验实训十四 酶的底物专一性实验·····	198
实验实训十五 α -淀粉酶活力的测定·····	200
实验实训十六 维生素 C 的性质实验·····	201
实验实训十七 脂肪转化为糖的定性实验·····	203
实验实训十八 叶绿体中色素的提取、分离及性质验证·····	203
参考文献·····	206

绪 论

一、食品的概念及基本要素

中国的古话“民以食为天”，道出了饮食的重要性。人类为了维持生命和健康，保证其生长发育和从事各种劳动，必须每天摄取各种营养物质。人类为维持正常生理功能而食用的含有各种营养素的物质统称为食物，如果蔬、肉类、蛋类、谷类、豆类等，其中有的是天然动植物，有的是经过加工后的食品。目前人类的绝大多数食物都是经过加工才食用的，经过加工的食物称为食品，但通常也泛指一切食物为食品。

作为食品应具备以下三个基本要素。

(1) 营养功能 食品的基本成分包括人体营养所需要的糖、蛋白质、脂类、维生素、水和矿物质等，它们提供人体正常代谢所必需的物质和能量。

食品的营养价值不仅取决于食品的种类和来源，很大程度上受食品加工和贮藏的影响。

(2) 感官品质 食品的感官特性包括食品的色、香、味、形等，它具有刺激食欲、促进消化、增加摄食乐趣的作用；食品的感官特征也是判断食品质量的重要指标。

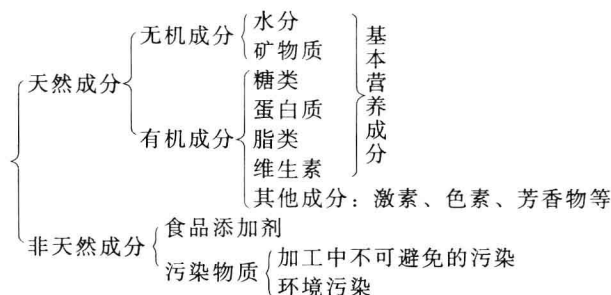
(3) 安全卫生 食品中不应含有可能损害或威胁人体健康的有毒有害物质。食品中可能存在的有害成分有天然有害成分和非天然成分，如残留农药、兽药、重金属等有害物质的污染、滥用食品添加剂带来的危害；食品天然成分引起的过敏反应及转基因和辐射等食品新技术给食品安全带来新的挑战。

二、食品生物化学的研究对象和内容

食品生物化学是食品科学中一个重要的分支，是从食品工业技术的角度，以人和食品的关系为中心，阐述生物化学的基本内容和与食物质量有关的化学和生物化学知识。它不仅把作为食品的生物物质当作自然物来研究，还把这些生物物质放在食品加工和贮存中来考虑，以最大限度地满足人体的营养需求和适应人的生理特点。实际上食品生物化学包括了生物化学、食品化学、营养学的内容，是一门综合性的年轻学科。它研究的主要内容有如下。

1. 食品的化学组成、主要结构、性质及生理功能

人类的食物来源于生物，是自然的，主要包括无机成分（水分、矿物质）和有机成分（糖、蛋白质、脂类、维生素、色素、激素和芳香物等），但食品在生产、加工、贮运等过程中不可避免地引入或人为加入一些非天然成分，如食品添加剂、污染物质等，这些成分也随食物进入人体参与代谢和生理机能活动。因此，这些非天然成分也是食品化学组成的成分。从以上观点出发，食品的化学组成可用下图表示：



食品生物化学研究食品的化学组成、主要结构、性质及生理功能。

人体的生长发育、细胞的增殖更新、组织的修补、各种机能活动及调节、体温的维持、生命活动所消耗的能量等，都有赖于食物中各种营养成分。因此，食物的营养成分问题就成为了食品研究的基本课题。糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐、水等是人类生活所必需的基本营养成分，都来源于食物。所以，学习食品的化学组成、理化性质和生理功能对调整人类食品的合理结构有重要的指导意义。

2. 生物体系中的动态生物化学过程

动态生物化学以代谢途径为中心，研究物质在生物体内的分解、合成、相互转化又相互制约，以及物质转化过程中的能量转换问题。学习物质的代谢过程，可了解食物在人体内营养过程的变化，新鲜天然食物组织中的代谢活动特点，以及发酵食品的发酵原理，这对正确指导食物的贮运保鲜、发酵产物的积累、食品加工与保藏是必备的知识。

3. 食品在加工、贮运过程中的变化及其对食品质量的影响

食品从原料运输贮藏、生产加工到产品销售，每一过程无不涉及一系列化学变化。例如水果、蔬菜采摘后和动物宰杀后的生理变化，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。这些变化有有利的，也有不利的，有时甚至不可避免地会引入一些污染。如何加强有利的变化，减少不利反应和防止污染已成为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，构成了食品生物化学的重要研究内容。

以上三方面内容密切联系，相互衔接、相互促进。

三、学习食品生物化学的作用

食品生物化学是食品工业重要的理论基础，无论是食品生产加工方法的改进，还是食品保鲜、贮藏方法的发展，都是建立在食品生物化学理论基础上的。

在食品生产中，为了制备出营养丰富、色香味形俱全、安全可靠的产品，生产者必须具备食品的化学组成及理化性质、色香味特征，以及食品成分在加工和保藏过程中的变化等方面的知识。

随着社会的发展和人民生活水平的不断提高，人们不但要求有足够数量的食品，而且需要有更多更好的营养食品和保健食品。并且随着人们生活节奏的加快，也希望食品工厂能生产更多、更好的方便食品和快餐食品。这些都需要我们以食品生物化学为理论基础，进行更广泛更深入地研究。可以预计，随着食品工业生产的发展和食物新资源的开发，必将提出更多的生物化学方面的问题，推动食品生物化学的发展，并反过来又促进食品生产技术的进一步提高。

因此，食品生物化学在食品科学中占有很重要的地位，是食品类专业重要的专业基础课程。

四、食品生物化学的学习方法

食品生物化学与化学，特别是有机化学和生物化学密切相关，但性质毕竟不同，它既不同于无机化学以元素周期系为主线，也不同于有机化学以化合物官能团性质为体系的学习，

还不同于以生物体系为对象，研究其化学组成和生命过程中的化学变化规律的生物化学。

要学好食品生物化学必须明确有关食品生物化学的基本概念，对物质化学性质的学习要从化学本质、结构特点出发，联系其性质、功能学习。尤其要注意的是，由于生物化学反应是在生物体内进行的，反应环境比体外复杂，一般有酶的参与，反应步骤多，反应间互相联系、互相制约。有些在体外的反应，在生物体内不一定照样进行，所以学习时不能简单根据体外的化学反应去理解体内反应。

食品生物化学涉及的内容广泛，学习中注意归纳总结、温故知新，在理解的基础上加上适当记忆是必要的。食品生物化学与生产和人们生活息息相关，学习过程中注意联系实际，对培养学习兴趣，提高学习效率有很大帮助。

食品生物化学与其他自然科学一样，是一门实验科学，它运用化学等学科的实验手段与方法来描述与分析食物的组成及生物机体内发生的各种化学变化。实验对同学们不但是一种技能训练，也能帮助大家加深对所学理论知识的理解和应用，不断提高分析问题与解决问题的能力。因此我们应重视实验课的学习和实验技能的培养。

第一章 水分和矿物质

学习目标

1. 了解水在生物体内的含量和水的生理作用。
2. 掌握食品和生物组织中水的状态。
3. 理解水分活度的概念，了解水分活度与食品稳定性的关系。
4. 掌握成碱食物与成酸食物的概念。
5. 掌握影响矿物质生物有效性的因素。

第一节 水分与水分活度

水是食品中的重要成分，也是大多数食品的主要成分。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。因此，研究水的物理化学特性、水分分布及其状态，对食品的科学加工和食品保藏有重要意义。

一、水在生物体内的含量与作用

1. 水在生物体内的含量

大多数生物体内的水分含量通常为 70%~80%，超过任何其他成分的含量。水在动物体内分布是不均匀的。脊椎动物体内各器官组织的水分含量为：肌肉、肝、肾、脑、血液等约为 70%~80%；皮肤中约为 60%~70%；骨骼中约为 12%~15%。水在植物体内的含量与分布也因种类、部位、发育状况而异，变动较大。一般说来，植物营养器官组织（叶、茎、根的薄壁组织）的水含量特别高，占器官总重量的 70%~90%，而繁殖器官（高等植物的种子、微生物的孢子等）中的水分含量则较低，占总重量的 12%~15%。

水是所有新鲜食品的主要成分，一些食品的水分含量，列于表 1-1。

表 1-1 常见食品的水分含量

食 品	水分含量/%	食 品	水分含量/%
蔬菜	85~97	鱼类	67~81
果实	80~90	贝类	72~86
油性种子	3~4	蛋类	67~77
蘑菇类	88~95	牛肉	46~76
薯类	60~80	乳类	87~89
豆类	12~16	鸡肉	73
谷类	12~16	猪肉	43~59

2. 水的生理作用

水具有一些突出的物理和化学性质，如溶解力强、介电常数高、黏度小和比热容大等，是维持正常生理活动必不可少的重要营养成分，具体表现如下。

水的溶解力很强，多种无机及有机物质都很容易溶于水中，即使不溶于水的物质如脂肪