

教育部高职高专规划教材



食品生物化学

潘 宁 杜克生 主编
李晓华 主审



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

教育部高职高专规划教材

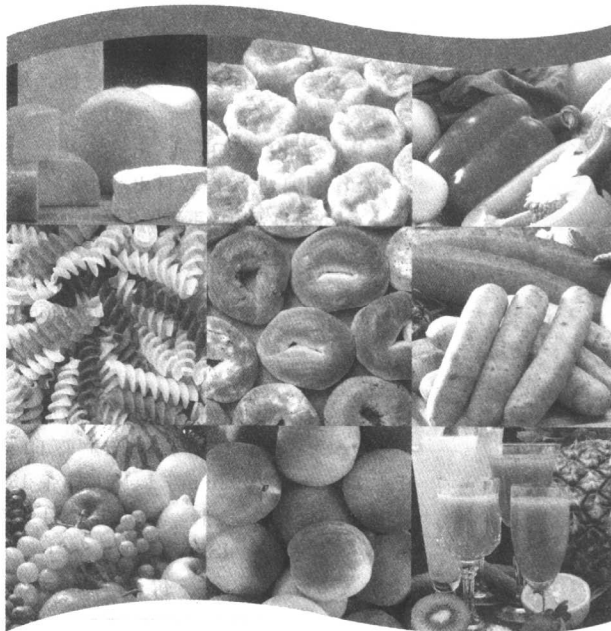


食品生物化学

潘 宁 杜克生 主编
李晓华 主审



化学工业出版社
职业教育教材出版中心
· 北 京 ·



本教材选材以实际需要为原则,从食品工业技术角度,以人和食物的关系为中心,概述了生物化学的基本内容和与人类食物质量密切相关的色、香、味的化学与生物化学。全书包括水分和矿物质、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、实验等内容。

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. —北京:化学工业出版社,2006.6

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-8821-3

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(2006)第065063号

教育部高职高专规划教材

食品生物化学

潘宁 杜克生 主编

李晓华 主审

责任编辑:陈有华

文字编辑:旷英姿

责任校对:陶燕华

封面设计:九九设计工作室

*

化学工业出版社
职业教育教材出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本787mm×1092mm 1/16 印张13 字数310千字

2006年7月第1版 2006年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8821-3

定价:21.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

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10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、六、七章;朱丹丹编写第二、三、九章;敖艳青编写第四、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	3
第一节 水分与水分活度	3
一、水在生物体内的含量与作用	3
二、食品中水分状态与分类	4
三、水分活度	5
第二节 矿物质	9
一、食品中矿物质的分类、存在形式及其功能	9
二、矿物质对食品性质的影响	11
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	17
第二章 糖类化学	19
第一节 概述	19
一、糖类化合物的概念	19
二、糖类化合物的分类	19
第二节 单糖及其衍生物	20
一、单糖	20
二、单糖的衍生物	21
第三节 低聚糖	22
一、双糖	22
二、功能性低聚糖	23
三、单糖、低聚糖与食品加工有关的性质	23
第四节 多糖	27
一、淀粉	27
二、糖原	31
三、纤维素与半纤维素	31
四、食品中的其他多糖	32
习题	36
第三章 脂类化学	37
第一节 概述	37
一、脂类的特征	37
二、脂类的分类	37
第二节 脂肪	38
一、脂肪的化学结构与种类	38
二、甘油	38

三、脂肪酸	39
四、脂肪酸及脂肪的性质	40
五、食品热加工过程中油脂的变化	43
六、油脂的乳化和乳化剂	44
第三节 类脂	45
一、磷脂	45
二、糖脂	47
三、固醇	47
四、蜡	48
第四节 油脂加工的化学	48
一、油脂的精炼	48
二、氢化	49
三、酯交换	49
习题	49
第四章 蛋白质的化学	51
第一节 概述	51
一、蛋白质的重要性	51
二、蛋白质的含量与分布	51
第二节 蛋白质的化学组成	52
一、蛋白质的元素组成	52
二、蛋白质的基本结构单位	52
第三节 氨基酸的化学	53
一、氨基酸的结构特征	53
二、氨基酸的分类	53
三、氨基酸的理化性质	55
第四节 蛋白质结构	57
一、蛋白质的一级结构	58
二、蛋白质的空间结构	58
第五节 蛋白质的理化性质	61
一、蛋白质胶体性质	61
二、蛋白质的两性解离和等电点	62
三、蛋白质的溶解性	62
四、蛋白质的变性与复性	62
五、蛋白质的呈色反应	63
第六节 蛋白质分类	63
一、根据分子形状分类	63
二、根据分子组成和溶解度分类	64
三、从营养学上分	65
第七节 食物中的蛋白质	65
一、肉类蛋白质	65
二、胶原和明胶	66

三、乳蛋白质	66
四、种子蛋白质	67
五、单细胞蛋白质	68
六、叶蛋白	68
第八节 食品加工储藏对蛋白质的影响	68
一、加热处理	68
二、低温保藏	69
三、脱水与干燥	69
四、碱处理	69
五、氧化	70
六、机械加工	70
习题	70
第五章 核酸化学	71
第一节 概述	71
第二节 核酸的化学组成	71
一、核酸的元素组成	71
二、核酸的水解产物	72
三、核酸水解产物的化学结构	72
四、核苷酸的衍生物	74
第三节 核酸的结构	75
一、核酸的一级结构	76
二、DNA 的空间结构	77
三、RNA 的结构	78
第四节 核酸的性质	79
一、一般物理性质	79
二、核酸的酸碱性质	79
三、核酸的紫外吸收	80
四、核酸的变性与复性	80
习题	81
第六章 酶化学	82
第一节 概述	82
一、酶的概念	82
二、酶的催化特点	83
三、酶的化学本质与组成	84
第二节 酶的命名与分类	85
一、酶的分类	85
二、酶的命名	86
第三节 酶催化反应的机理	87
一、酶的催化作用与活化能	87
二、中间产物学说	87
三、酶的活性中心	88

四、“诱导-契合”理论	88
五、酶原的激活	89
第四节 影响酶促反应速率的因素——酶促反应动力学	90
一、酶促反应速率的测定	90
二、酶浓度对酶促反应速率的影响	90
三、底物浓度对酶促反应速率的影响	91
四、温度对酶促反应速率的影响	92
五、pH 对酶促反应速率的影响	93
六、激活剂对酶促反应速率的影响	94
七、抑制剂对酶促反应速率的影响	94
第五节 酶的活力测定	96
一、酶的活力和活力单位	96
二、测定酶活力的两种方式	97
第六节 食品工业中重要的酶及其应用	98
一、水解酶类	98
二、氧化还原酶类	100
三、葡萄糖异构酶	101
四、固定化酶	102
五、酶工程	103
习题	103
第七章 维生素化学	105
第一节 概述	105
一、维生素的定义	105
二、维生素的命名和分类	105
第二节 脂溶性维生素	106
一、维生素 A	106
二、维生素 D	107
三、维生素 E	108
四、维生素 K	109
五、硫辛酸	110
第三节 水溶性维生素	110
一、维生素 B ₁	110
二、维生素 B ₂	111
三、维生素 B ₃	112
四、维生素 PP	112
五、维生素 B ₆	112
六、生物素	113
七、叶酸	113
八、维生素 B ₁₂	114
九、维生素 C	115
第四节 维生素在食品储藏加工中的损失	116

一、加工过程中维生素的损失·····	117
二、储藏过程中维生素的损失·····	118
习题·····	118
第八章 物质代谢 ·····	120
第一节 生物氧化·····	120
一、生物氧化过程中二氧化碳的生成·····	121
二、生物氧化过程中水的生成·····	121
三、ATP 的生成·····	122
第二节 糖类的代谢·····	122
一、糖的分解代谢·····	123
二、糖异生途径·····	129
三、糖原的合成与分解·····	130
第三节 脂类的代谢·····	131
一、脂类的消化、分解与吸收·····	131
二、脂肪的分解代谢·····	132
三、甘油三酯的合成代谢·····	135
四、磷脂的合成代谢·····	136
第四节 核酸的代谢·····	137
一、核酸的分解代谢·····	137
二、核酸的合成代谢·····	138
第五节 蛋白质的代谢·····	139
一、蛋白质的分解代谢·····	139
二、蛋白质的合成代谢·····	142
第六节 几类物质代谢之间的相互关系以及调节与控制·····	143
一、代谢途径之间的联系·····	143
二、物质代谢的调节与控制·····	144
三、代谢紊乱与人体健康的关系·····	146
第七节 动植物食品原料中组织代谢活动的特点·····	147
一、动物屠宰后组织中的代谢活动·····	147
二、新鲜水果、蔬菜组织中的代谢活动·····	149
习题·····	152
第九章 食品的色香味化学 ·····	154
第一节 食品的色素化学·····	154
一、食品中的天然色素·····	154
二、人工合成色素·····	160
三、食品加工和储藏中的褐变现象·····	161
第二节 味感及味感物质·····	163
一、味感的概念·····	163
二、物质的化学结构与味感的关系·····	163
三、甜味与甜味物质·····	164
四、酸味与酸味物质·····	166

五、咸味及咸味物质·····	166
六、苦味及苦味物质·····	167
七、其他味感及呈味物质·····	167
八、风味物在食品加工中的变化·····	170
第三节 嗅感及嗅感物质·····	170
一、嗅感的概念·····	170
二、植物性食物的香气·····	170
三、动物性食物的香气与臭气·····	171
四、发酵食品的香气·····	172
五、食物焙烤香气的形成·····	172
习题·····	174
第十章 实验内容 ·····	175
实验一 水分活度的测定·····	175
实验二 还原糖含量的测定·····	176
实验三 淀粉的提取和性质实验·····	179
实验四 动植物油脂中不饱和脂肪酸的比较实验·····	180
实验五 油脂酸价的测定·····	181
实验六 氨基酸的纸色谱·····	182
实验七 从牛奶中制取酪蛋白·····	184
实验八 动物肝脏 DNA 的提取与检测·····	185
实验九 酶的底物专一性实验·····	187
实验十 α -淀粉酶活力的测定·····	189
实验十一 维生素 C 的性质实验·····	191
实验十二 脂肪转化为糖的定性实验·····	192
参考文献 ·····	194

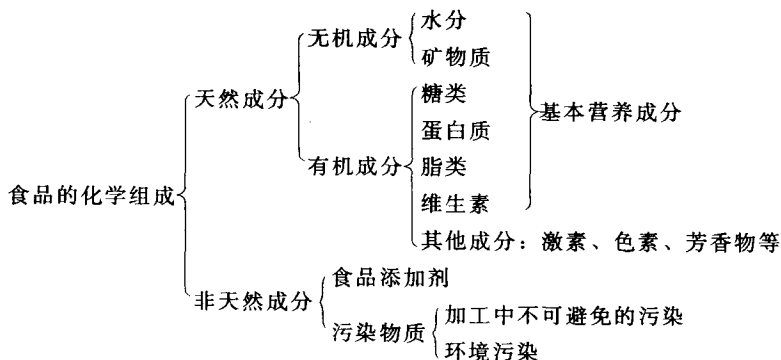
绪 论

生物化学是研究生物体的化学组成和生命过程中的化学变化规律的一门科学。

生物化学是化学渗入生物学的产物，十九世纪末随着医学、发酵工业的发展逐渐形成的一门独立学科。虽然它是年轻的学科，但在阐明生命体系的化学组成、结构以及主要化学物质在体内的变化（分解、合成、能量转换）等方面都取得了重大成就。由于它和生产、生活息息相关，因此二十世纪以来，随着其他科学技术的发展，生物化学的研究也迅速发展，涉及的面也越来越广，诸如农业、工业、医药、国防等方面都与生物化学有关。食品生物化学是生物化学的一个分支。

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，保证生长发育和从事各种劳动，必须每天从食物中摄取各种营养物质。因此，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。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。

人是生物，人类的食物也基本来自生物界，但人类食物在化学组成上与自然生物又不完全相同，这是由于在食品的生产、加工、贮运等过程中不可避免地引入一些非天然成分。这些成分在不同程度上也会参与或干扰人体的代谢和生理机能活动。因此，从以上观点出发，食品的化学组成可用下图表示：



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。此外，食品还必须具有刺激食欲的色、香、味等感官特征，以及对人体安全无害。

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，必须掌握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。食品生物化学就是专门介绍这些知识的学科。

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，概述生物化学的基本内容和与人类食物质量特殊有关的色、香、味、形等成分的化学和生物化学。它研究的主要内容有：

1. 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了食品研究的基本课题。糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐等是人类生活所必需的营养素，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，研究食物在人体内是怎样分解、怎样合成、怎样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。还研究新鲜天然食物组织中的代谢活动特点。

3. 食品在加工、贮运过程中的变化及其对食品感官质量和营养质量的影响

食品从原料运输储藏、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，储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生物化学和食品储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，研究食品储藏加工的新技术、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。

当前，食品生物化学的研究活动领域主要集中在与食品的营养质量、感官质量和新资源开发有关的酶学与酶技术、细胞与组织的化学与生物化学等方面，此外，膜生物化学和食物免疫生物化学等方面也受到一定的重视。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。

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和某些蛋白质，也能在适当条件下分散于水中，成为乳浊液或胶体溶液。水的介电常数大，能促进电解质的电离。水不但是生物体内化学反应的介质，同时也是生物化学反应的反应物、组织和细胞所需的养分和代谢物在体内运转的载体。水的比热容高、热容量大，使人体内产生热量增多或减少时不致引起体温太大的波动，水的蒸发潜热大，因而蒸发少量汗水可散发大量热能，通过血液流动，可平衡全身体温，因此水又能调节体温。水的黏度小，可使摩擦面滑润，减少损伤，因此水是体内摩擦的润滑剂。

二、食品中水分状态与分类

1. 食品中水分状态

食品中水分所处的状态会影响食品的风味、腐败和霉变。食品中的水分以游离态、水合态、凝胶态、表面吸附态等状态存在。

(1) 游离态 容易结冰，也能溶解溶质的水称之为游离态的水。游离态的水存在于细胞质、细胞膜、细胞间隙、任何组织的循环液以及制成食品的组织结构中。

(2) 水合态 水分子和含氧或含氮的活性基（如 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CONH}_2$ 、 $=\text{NH}$ 、 $-\text{OH}$ ）以氢键形式相结合而不能自由移动，处于此状态的水称之为水合态的水。食品中与淀粉、蛋白质和其他有机物结合的水均处于此状态。

(3) 凝胶态 吸收于细微的纤维与薄膜中，不能自由流动的水称之为凝胶态。凝胶态中的水是分散质，蛋白质等有机物为分散剂（溶胶中水是分散剂）。此状态的水称不可移动水或滞化水。动物皮肤、植物仙人掌中的水大多处于凝胶态。

(4) 表面吸附态 固体表面暴露于含水蒸气的空气中，此时吸附于固体表面的水处于表面吸附态。固体微粒越细，其微粒的表面积越大，吸附水量也越多。

2. 食品中水分的分类

水在常温呈液体能流动，但水分含量多的果蔬、肉类等食品被刀切开，水也不会很快地流出来，这是因为水被氢键结合力和毛细管力系着的缘故。根据结合力的种类不同，把食品中的水分为结合水和自由水。

(1) 自由水（游离水） 是以毛细管凝聚状态存在于细胞间的水分。食品中通常含有动植物体内天然形成的毛细管，因为毛细管是由亲水物质组成，而且毛细管的内径很小，使毛细管具有较强束缚水的能力，把保留在毛细管中的水称为毛细管水，它属于自由水。这部分水与一般水没什么区别，在食品中会因蒸发而散失、因吸潮而增加，容易发生增减变化。游离态的水、凝胶态的水及表面吸附态的水均可归入此类。

(2) 结合水（束缚水） 是指通过氢键与食品中有机成分结合的水。实验证明：蛋白质、淀粉、纤维素、果胶物质中的氨基、羟基、羧基、亚氨基、巯基等都可以通过氢键与水结合。但各种有机成分与水形成氢键的结合能力不同，牢固程度有一定差别，反映在性质上也呈现差异。这类水有些与氨基、羧基等强极性基团形成氢键，氢键键能大，结合牢固，呈单分子层，称为单分子层结合水。有些水与酰氨基，羟基等较弱的极性基团形成氢键，结合较不牢固，且呈多分子层结合，称多层结合水或半结合水。

实际上，自由水与结合水之间的界限很难定量地区分。例如水合态下的结合水，有的束缚度高些，水分子被结合得牢固些，有的束缚度低些，则松弛些；而自由水里除了能自由流

动的水以外，其余部分都不同程度被束缚着。所以只能根据物理、化学性质作定性的区分。一般认为自由水是以物理吸附力（毛细管力）与食品结合，而结合水是以化学力（氢键）与食品结合。

自由水和结合水在性质上有很大的差别。首先结合水的量与有机大分子的极性基团的数量有比较固定的比例关系，如在新鲜动植物食品中，每克蛋白质可结合 0.3~0.5g 水；每克淀粉能结合 0.3~0.4g 水。其次，结合水的蒸气压比自由水低得多，所以在一般温度（ $\leq 100^{\circ}\text{C}$ ）下结合水不能从食品中分离出来。结合水的沸点高于一般水，而冰点却低于一般水，一般在 -40°C 以上不能结冰，这个性质具有重要实际意义，它可以使植物种子和微生物孢子在冷冻条件下，仍能保持生命力。而多汁的组织（含有大量自由水的新鲜水果、蔬菜、肉等）在冰冻时细胞结构容易被冰晶破坏，解冻时组织容易崩溃。

由于自由水能为微生物所利用而结合水不能，所以自由水也称为可利用水。在一定条件下，食品是否为微生物所感染，并不取决于食品中水分的总含量，而取决于食品中自由水的含量，自由水的含量直接关系着食品的贮存和腐败。因此，从食品中除去自由水或者束缚度低的多层结合水，而仅剩束缚度强的结合水，微生物在食品中难以生长繁殖。

食品中的水分与食品的风味关系密切。尤其是结合水对食品的风味起着重要作用。当强行将结合水与食品分离时，食品的风味、质量会发生改变。例如面包、糕点久置后变硬不仅仅是失水干燥，也因水分变化造成淀粉结构发生改变的结果。干燥的食品吸潮后发生许多物理性质的变化，从而改变风味。如香肠的口味就与吸水、持水的情况关系密切。所以，食品中的水分对食品的鲜度、硬软性、流动性、呈味性、保藏性、加工性等许多方面有着密切的关系。

三、水分活度

1. 水分活度的概念

人类很早就认识到食物的易腐败性与含水量之间有着密切的联系，尽管这种认识不够全面，但仍然成为人们日常生活中保藏食品的重要依据之一。食品加工中无论是浓缩或脱水过程，目的都是为了降低食品的含水量，提高溶质的浓度，以降低食品易腐败的敏感性。人们也知道，不同种类的食品即使水分含量相同，其腐败变质的难易程度也存在明显的差异。这说明以含水量作为判断食品稳定性的指标是不够适宜的，用水分活性（ A_w ）来表示更为确切。水分活度是指食品的水蒸气分压（ p ）和在同一温度下纯水的蒸气压（ p_0 ）之比。

$$A_w = \frac{p}{p_0}$$

对纯水来说，因 p 和 p_0 相等，故 A_w 为 1，而食品中的水溶解有食品成分，如糖、氨基酸、无机盐以及一些可溶性的高分子化合物等，因而总会有一部分水分是以结合水的形式存在，而结合水的蒸气压远比纯水的蒸气压低，因此食品的 A_w 总是小于 1。

水分活度也可用平衡相对湿度（ERH）这一概念来表示：

$$A_w = \frac{p}{p_0} = \frac{ERH}{100}$$

即食品的水分活度在数值上等于平衡相对湿度除以 100。平衡相对湿度是指物料吸湿与散湿达到平衡时的大气相对湿度。

食品中结合水的含量越高，水分活度就越低，可被微生物利用的水分就越少，因而水分活度反映了食品中水分存在形式和被微生物利用的程度。

要测定某一条件下食品的 A_w ，可通过测定该条件下食品的蒸气压或平衡相对湿度来完成。

2. 水分活度与食品含水量的关系

以水分活度为横坐标，以每克干物质的含水量 ($\text{gH}_2\text{O/g 干物质}$) 为纵坐标，描绘在某温度下的水分活度与含水量的关系，得到图 1-1 所示的曲线。从图中看出，在高含水量区 (水分含量大于 $1\text{g H}_2\text{O/g 干物质}$)， A_w 接近 1.0，食品近似理想稀溶液；在低含水量区，含水量极少量变动即可导致水分活度极大的变动，把低水分含量区域内的曲线放大，得到的曲线称为吸湿等温曲线 (吸湿等温线)，图 1-2 为吸湿等温曲线的模式。但若进行相反的过程——放湿过程时，其水分变化并非沿原吸湿过程途径返回，而是经历了另一条不同的途径，即图示之放湿曲线过程。吸湿和放湿之间有滞后现象。

等温线上的每一点表示在一定温度下，当食品的水蒸气压与环境水蒸气压达到平衡时，食品水分活度与含水量的对应关系，若食品的水分活度低于环境的相对湿度，食品沿着吸湿等温线吸湿，反之沿着放湿等温线散失水分。对含水量多的食品，如新鲜动植物食品，得到的是放湿曲线；对含水量少的食品如干燥食品，得到的是吸湿曲线。

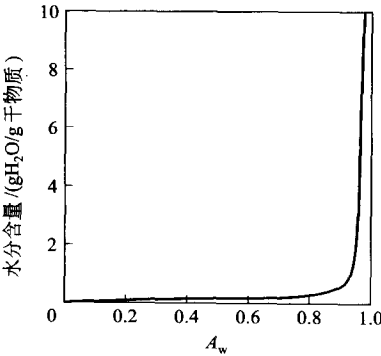


图 1-1 含水量与 A_w 的关系

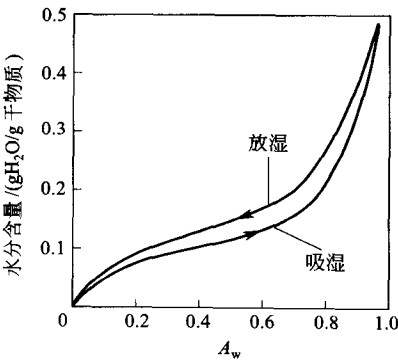


图 1-2 吸湿等温曲线

不同的食品由于其化学组成和结构不同，对水分子的束缚力也不一样，因此，不同食品具有不同的吸湿等温线，吸湿等温线的弯曲程度因不同食品而具有差异。但大多数食品的吸湿等温线呈反 S 形。吸湿等温线与温度有关，由于温度升高后，水分活度变大，对同一种食品，在不同温度下得到的吸湿等温线，将在曲线形状近似不变的情况下，随温度的升高，在坐标图中的位置逐渐向右移动，图 1-3 为在不同温度下马铃薯的吸湿等温曲线。

为深入理解吸湿等温线的意义和价值，将吸湿等温线分成三个区域 (图 1-4)。

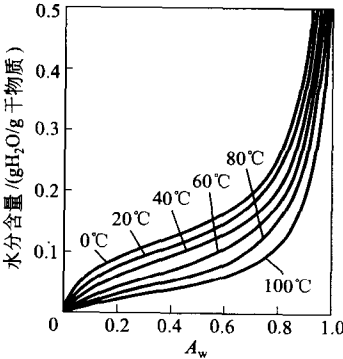


图 1-3 在不同温度下马铃薯的吸湿等温曲线

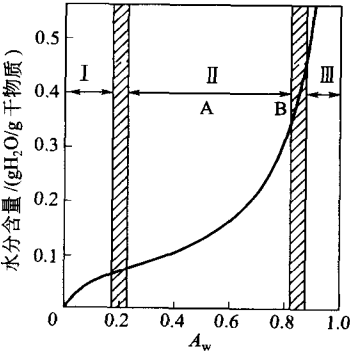


图 1-4 吸湿等温线的分区