

前 言

食品生物化学是食品专业的基础课程之一。它是从生物化学角度和分子水平上研究食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全性以及它们在生产、加工、贮藏和运销过程中发生的变化和这些变化对食品品质和安全性影响的一门基础应用科学。食品专业的学生通过学习，必须掌握食品化学的基本知识和研究方法，才能在食品加工、保藏及相关领域较好地开展工作。

食品生物化学是多学科相互渗透的一门新兴学科。化学、生物化学、生理学、植物学、动物学、分子生物学等基础学科的发展不断地充实食品化学，而农业、食品等应用学科的发展，不断地向食品生物化学提出新的课题，并在不断地应用食品生物化学研究成果取得进一步的发展，因此，食品生物化学是食品科学中发展很快的一个领域。在本书编写过程中，我们参考了许多国内外生物化学、食品化学及相关学科的最新专著和文献，以能充分地反映食品生物化学领域的最新研究成果。

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参考。在教材编写过程中，教材内容以“实用、够用”为度，具有较强的实用性；同时还注重将食品学科近年来研究的新成果、新发现、新应用也补充到相关的章节中，使本教材更具实效性；最后增设了实验内容，具有较强的适用性。各章前有学习目标，明确了学习重点，章后配有适量的复习思考题，便于学生自学和练习。

本教材的主要内容包括食品 6 大营养成分和食品色香味成分的

结构、性质、在食品加工贮藏中的变化及其对食品品质的影响，还包括酶及其制剂在食品工业中的应用等。

本书共分为 12 章，参加编写的有江苏畜牧兽医职业技术学院刘靖（第一、九、十二章）、河南农业职业学院孙怡（第七、八章）、南通农业职业技术学院徐秀银（第二、四章）、潍坊职业学院胡洪禄（第五、六章）、天津农学院职业技术学院赵冬艳（第十、十一章）、湖北生物科技职业学院李国平（第三章）。全书由刘靖统稿，由蔡健、翟玮玮审稿。

书中难免有疏漏和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、食品的化学组成	1
二、食品生物化学研究的内容	2
三、食品生物化学研究的进展	4
四、食品生物化学在食品科学中的地位	5
第二章 水分与矿物质	6
第一节 水分	6
一、水的生理功能	6
二、生物组织中水分的存在状态	7
三、水分活度	8
第二节 矿物质	13
一、矿物质元素在体内的生理功能	14
二、成酸食品与成碱食品	14
三、食品中重要矿物质元素的功能特性及存在状态	15
四、影响食品中矿物质成分的因素	18
第三章 糖类化学	20
第一节 单糖的结构和性质	20
一、单糖的结构	20
二、单糖的性质	23
第二节 低聚糖的结构和性质	30
一、食品中低聚糖的结构	31
二、食品中低聚糖的性质	31
三、食品中重要的低聚糖	32
第三节 多糖的结构和性质	38

一、多糖的结构·····	38
二、多糖的性质·····	38
三、食品中重要的多糖·····	41
第四章 脂类 ·····	52
第一节 脂肪的结构和性质 ·····	52
一、脂肪的组成和结构·····	52
二、脂肪酸及脂肪的性质·····	55
第二节 油脂的氧化与抗氧化 ·····	57
一、油脂的自动氧化·····	58
二、油脂的光敏氧化和酶促氧化·····	59
三、油脂的热氧化·····	60
第三节 油脂加工化学 ·····	62
一、精炼·····	62
二、油脂氢化·····	64
三、酯交换·····	65
第四节 类脂 ·····	66
一、磷脂·····	66
二、固醇·····	67
三、蜡·····	68
第五章 蛋白质化学 ·····	70
第一节 蛋白质的化学组成 ·····	71
一、蛋白质的元素组成·····	71
二、蛋白质的氨基酸组成·····	71
第二节 蛋白质的结构 ·····	76
一、蛋白质的一级结构·····	76
二、蛋白质的空间结构·····	77
第三节 蛋白质的理化性质 ·····	80
一、蛋白质的两性性质·····	80
二、蛋白质的胶体性质·····	81
三、蛋白质的沉淀·····	81
四、蛋白质的变性·····	83
五、蛋白质的颜色反应·····	83
六、蛋白质的氧化-还原反应 ·····	84
第四节 蛋白质的功能性质 ·····	84

一、蛋白质的水合性质	84
二、蛋白质的溶解度	85
三、蛋白质溶液的黏度	86
四、蛋白质的膨润	87
五、蛋白质的界面性质	87
六、蛋白质与风味物质的结合	90
第五节 蛋白质的分类	90
一、单纯蛋白质	90
二、结合蛋白质	91
第六节 食品中的蛋白质	91
一、肌肉蛋白质	91
二、胶原蛋白	92
三、乳蛋白质	93
四、卵类蛋白质	93
五、谷物蛋白质	94
六、大豆蛋白质	94
第六章 核酸化学	97
第一节 核酸的分类、分布及功能	97
一、核酸的分类	97
二、核酸的分布	98
三、核酸的功能	98
第二节 核酸的分子组成和结构	98
一、核酸的化学组成	98
二、核酸的结构	103
第三节 核酸的性质	106
一、核酸的一般性质	106
二、核酸的紫外吸收性质	107
三、核酸的变性	107
四、核酸的复性	107
第四节 核酸在食品工业中的应用	108
第七章 酶	111
第一节 酶的概述	112
一、酶的概念和化学本质	112
二、酶催化反应的特点、酶作用的特异性	113

三、酶的命名和分类	116
四、酶的分子组成	119
五、酶的活性中心的特点与组成	120
第二节 酶的作用机制	122
一、酶的催化作用与分子活化能的关系	122
二、中间产物学说	123
第三节 影响酶促反应速度的因素	124
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	124
二、酶浓度对酶促反应速度的影响	125
三、pH 对酶促反应速度的影响	125
四、温度对酶促反应速度的影响	127
五、激活剂对酶促反应速度的影响	127
六、抑制剂对酶促反应速度的影响	129
第四节 酶活力的测定	132
一、酶活力	132
二、酶的活力单位	132
三、酶的比活力	133
第五节 酶在食品工业中的应用	133
一、淀粉酶类	133
二、蛋白酶	136
三、果胶酶	137
第八章 维生素	142
第一节 维生素概述	142
一、维生素的概念和特点	142
二、维生素的命名和分类	143
第二节 脂溶性维生素	143
一、维生素 A	144
二、维生素 D	145
三、维生素 E	146
四、维生素 K	147
第三节 水溶性维生素	148
一、维生素 B ₁	149
二、维生素 B ₂	150
三、维生素 PP	151
四、维生素 B ₆	153

五、维生素 B ₁₂	153
六、维生素 B ₃	154
七、叶酸	155
八、生物素	156
九、维生素 C	157
第九章 食品的色香味化学	161
第一节 食品的色素化学	161
一、食品中的天然色素	161
二、人工合成色素	168
三、食品加工和贮藏中的褐变现象	170
第二节 味感与味感物质	172
一、味感的概念	172
二、物质的化学结构与味感的关系	173
三、甜味与甜味物质	173
四、酸味与酸味物质	176
五、咸味与咸味物质	177
六、苦味与苦味物质	177
七、其他味感及呈味物质	178
八、风味物在食品加工中的变化	181
第三节 嗅感及嗅感物质	181
一、嗅感的概念	181
二、植物性食物的香气	182
三、动物性食物的香气与臭气	182
四、发酵食物的香气	183
五、食物焙烤香气的形成	184
第四节 食品中香气物质形成的途径	186
一、生物合成	186
二、直接酶作用	189
三、氧化作用（间接酶作用）	189
四、高温分解作用	190
五、微生物作用	191
六、外加赋香作用	191
第五节 食品香气的控制与增强	192
一、食品加工中香气生成与损失	192
二、食品加工中香气的控制	193
三、食品香气的稳定和隐蔽	194

四、食品香气的增强	194
第十章 生物氧化	198
第一节 生物氧化概述	198
一、生物氧化的特点及方式	198
二、生物氧化中 CO_2 和 H_2O 的生成	200
第二节 呼吸链	201
一、呼吸链的概念	201
二、呼吸链的组成	201
三、线粒体内两条典型的呼吸链	204
第三节 生物氧化中能量的生成与转变	206
一、生物体内的高能化合物	206
二、ATP 的生成	207
三、细胞液中 NADH 的氧化	212
四、ATP 在能量转换中的作用	213
第十一章 物质代谢	216
第一节 糖类代谢	216
一、多糖及双糖的酶促降解	217
二、糖的分解代谢	219
三、糖的合成代谢	235
四、血糖	239
第二节 脂类代谢	241
一、脂肪的分解代谢	241
二、脂肪的合成代谢	248
第三节 蛋白质代谢	253
一、氨基酸分解代谢的一般途径	254
二、氨和 α -酮酸的转化	260
三、氨基酸的生物合成	264
第四节 核酸代谢	267
一、核苷酸的分解代谢	267
二、核苷酸的生物合成	269
第五节 物质代谢的相互联系	274
一、糖类代谢与脂类代谢的相互联系	274
二、糖类代谢与蛋白质代谢的相互联系	274
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系	275

目 录

四、核酸代谢与糖类、脂类、蛋白质代谢的相互联系	275
第十二章 食品生物化学实验	280
实验一 淀粉粒的观察	280
实验二 淀粉的提取及性质实验	281
实验三 总糖和还原糖的测定 (3,5-二硝基水杨酸法)	283
实验四 油脂发烟点的测定	286
实验五 动植物油脂中不饱和脂肪酸的比较实验	287
实验六 油脂酸价的测定	288
实验七 蛋白质的鉴别反应	289
实验八 酪蛋白的制备	292
实验九 考马斯亮蓝 G-250 法测定蛋白质含量	293
实验十 Folin-酚法测定蛋白质含量	296
实验十一 基因组 DNA 的提取与检测	298
实验十二 维生素 C 的性质试验及含量测定	300
实验十三 影响酶促反应速度的因素	303
实验十四 淀粉酶活力的测定	306
实验十五 色素的提取和分离 (纸层析法)	310
实验十六 发酵过程中无机磷的利用	311
实验十七 脂肪转化成糖的定性实验	313
主要参考文献	315

第一章 绪 论

人类要在自然环境中生存下去，“食”是最主要的因素，古话说“民以食为天”。这里所说的“食”当然是指食物，是指能够提供营养，维持人类代谢活动的可食性物料，可以说是人类生存的最基本的条件。而我们把经过加工处理后才被食用的食物称为食品。作为一种概念上的区别，存在着食物包含食品的关系，但一般对这种区别并不会严格区分，现在通常认为“一切食物都是食品”。

一、食品的化学组成

自然界中的食品种类繁多，它们有着不同的来源，来自动物、植物和微生物，并且各种食品的形态、色泽、风味也是各不相同的。但是从纯化学的意义上讲，各种食品不过是各种化学物质按照一定的比例形成的集合体，所有食品的营养性、安全性等品质因素取决于这些化合物的存在与否以及含量的多少。所以食品的本质是物质的，也是化学的。食品中所含的各种化学物质，有些是供给人用于构建机体和维持正常生理机能所需的，称为营养成分或营养素，它主要包括蛋白质、碳水化合物、脂类化合物、维生素、矿物质和水分。营养素是食品中最重要的组成部分，没有营养素，食品则不成为食品。但是食品中不仅含有营养素，还有许多其他的物质存在，有些可能本身就存在于食物中，有些可能在食品的生产、加工、运输、贮藏等过程中人为添加的或是由于微生物的作用而形成的一些有毒物质，有些则是食品成分间相互作用引起化学变化而形成的一些非天然的、非生物的成分。例如，食品中天然存在一些有机酸、挥发性有机化合物，由于具有特殊的香味和滋味，所以习惯上称之为风味化合物；一些物质由于吸收可见光而呈现不同的色彩，这就是所谓的食品色素；而在现代食品加工中人们向食品中添加一些化学物质以提高、改善食品品质，延长食品的保存期限，这就是所谓的食品添加剂；而食品原料中的农药残留、兽药残留、重金属污染，以及由于微生物的作用形成的有害物质则被看成是污染物，包括霉菌毒素、亚硝胺等。所以，根据食品中各种物质的化学结构特征

和主要作用，将组成食品的各种成分分类如图 1-1，这是目前食品组成成分分类中最常用的分类方法。

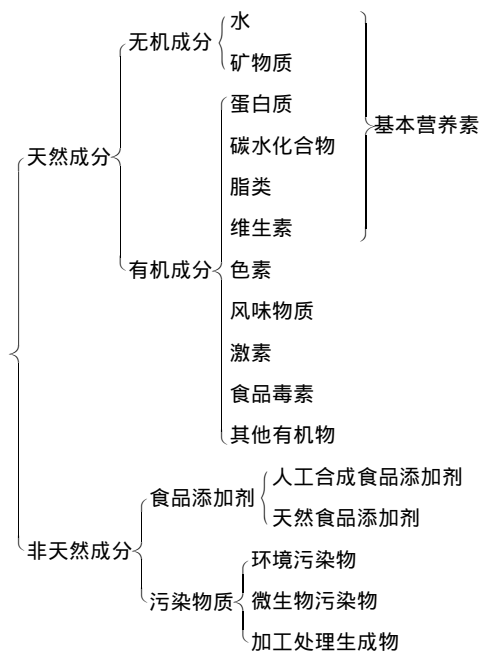


图 1-1 食品的化学组成分类

二、食品生物化学研究的内容

人类的食物几乎全部来自于生物，所以两者的关系极为密切，它们的化学成分以及代谢过程有相似之处。生物化学这一名词的出现在 19 世纪末、20 世纪初，它是研究生物有机体的化学组成和生命过程中各种化学变化的一门学科，旨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，包括分解代谢、合成代谢以及伴随着代谢的能量转换。生物化学的发展大体可分为三个阶段：在 19 世纪末到 20 世纪 30 年代，主要是静态的描述性阶段，对生物体各种组成成分进行分离、纯化、结构测定、合成及理化性质的研究。其中的代表事件有很多，如菲舍尔测定了很多糖和氨基酸的结构，确定了糖的构型，并指出蛋白质是肽键连接的。1926 年萨姆纳制得了脲酶结晶，并证明它是蛋白质，中国生物化学家吴宪在 1931 年提出了蛋白质变性的概念等。而在 20 世纪 30~50 年代，生物化学主要研究的是物体内部物质的变化，即代谢途

径，所以称动态生化阶段。其间突出成就是确定了糖酵解、三羧酸循环以及脂肪分解等重要的分解代谢途径。对呼吸、光合作用以及三磷酸腺苷（ATP）在能量转换中的关键位置有了较深入的认识。随后阐明了氨基酸、嘌呤、嘧啶及脂肪酸等的生物合成途径。从20世纪50年代开始，生物化学研究的重点是生物大分子的结构与功能。生物化学的发展，与其他学科相互渗透交融，生物化学对其他学科的影响首先反应在与其关系比较密切的细胞学、微生物学、遗传学、生理学等领域。此外生物化学在医学、农业、食品、纺织、制药、皮革等行业中也起了推进作用。由于它是和生产、生活息息相关，因此，随着其他科学技术的发展，生物化学涉及的面也越来越广。

食品生物化学就是生物化学的一个重要分支，是以人及其与食品的关系为中心。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、矿物质、水等营养素，它们提供人体正常代谢所必需的物质和能量，此外，食品还需具有适宜的风味特征和良好的质地等感官质量，以及要求对人体安全无害等，而食品生物化学就是在这些问题上对食品的本质进行相关的探讨。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和理化性质，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，它研究的主要内容有以下几方面。

1. 食品的化学组成、主要结构、性质和生理功能 人类的生长发育、各种机能活动等都有赖于食物中的营养成分，所以食品的营养成分问题就成了食品研究的基本课题。

2. 动态生物化学过程 动态生物化学以代谢途径为中心，研究食品进入人体后的消化、吸收以及转化成能量和组成机体成分的过程，有助于了解食品的重要作用，并提高对食品加工目的的认识。

3. 食品在贮藏加工中的重要变化 食品从原料运输贮藏、生产加工以及到产品销售，每一过程都会涉及到一系列的化学变化（表1-1）。这些变化涉及的面非常广，有些对机体是有利的，有一些可能不产生作用，一些则可能对机体具有不利作用。例如，氧化是造成食品腐败变质的主要原因，可以使食品产生异味、变色和其他的损害。胆固醇的氧化产物有致癌和致突变的作用；在食品的热加工和长期贮存中会发生美拉德褐变反应，对食品的营养价值产生不良的影响，但反应中所生成的风味物质以及所形成的色泽往往又是提高食品感官质量所需要的。所以食品成分在加工、贮藏中的变化成为食品生物化学的重点研究内容，而如何加强有利的变化、减少不利反应和防止污染已经成为食品生物化学和食品贮藏加工中人们共同关心的话题。

表 1-1 食品加工贮藏中引起食品质量或安全性变化的一些化学变化

变化种类	实例
氧化反应	维生素降解, 色素脱色, 含脂类食品产生异味, 蛋白质交联
酶促褐变	切开的水果
非酶褐变 (美拉德反应)	焙烤食品
蛋白质的变性	酶的失活, 蛋清的加热凝固
糖酵解	植物组织采后、动物宰后组织变化
脂肪的多聚	高温油炸食品
水解	脂类、蛋白质、碳水化合物、维生素、色素等

总的来说, 食品生物化学是研究食品成分的组成、结构、性质、形式, 在人体内的代谢以及在贮藏加工过程中的化学变化规律的一门科学。在研究食品各种成分的组成、性质和生理功能的同时, 了解食品成分间的化学反应历程、中间产物和最终产物的化学结构, 从而在加工中避免对食品营养价值、感官质量和卫生安全性的不良影响, 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物资源等, 这些都构成了食品生物化学的主要研究内容。

三、食品生物化学研究的进展

食品生物化学的起源可以追溯到远古时期, 因为这是与人类的生活和食物生产实践紧密相关的, 例如, 我国劳动人民在 4 000 多年前就已经掌握发酵制酒、制酱、制醋等工艺, 并且会利用含碘丰富的海藻治疗甲状腺肿大、用猪肝治疗夜盲症等, 这些经验都包含着食品生物化学的相关内容。而到 18 世纪后期, 一些西方化学家已经开始对食品的化学本质进行研究并取得了一定成果。瑞典化学家舍勒 (C. W. Schele) 于 1780 年首先分离出乳酸, 并研究了它的性质; 1784 年他又由乳酸氧化而制出半乳糖二酸; 1785 年, 他从柠檬汁和醋栗中分离出柠檬酸, 从苹果中分离出苹果酸, 并测定了 20 种水果中的柠檬酸、苹果酸和酒石酸, 还从动植物体中分离出多种新化合物, 他的工作被认为是开创了食品生物化学方面的分析研究。法国化学家拉瓦锡 (A. L. Lavoisier) 首先提出了用化学方程式表达发酵过程, 并测定了乙酸的元素成分。其后, 法国化学家索叙尔 (T. de. Saussure) 于 1804 年研究了植物呼吸过程中氧与二氧化碳的变化, 精确分析出酒精中的元素。另一位法国化学家谢费勒尔 (M. F. Chevereul) 逐步建立起能分析有机体中氧、氯、氮、硫、磷、硅、铝、镁

等近 20 种元素的方法，并研究了动物体中脂肪的组成，发现了重要的饱和脂肪酸——硬脂酸和不饱和脂肪酸——油酸。他被誉为是有机物质分析的先驱。在食品生物化学的发展中，化学家们花了大量的精力来了解天然食品的特性，推进了现代食品分析和检验、监测方法的发展，到 20 世纪前半期已经研究了大部分的基本食用物质，并对它们的性质做了鉴定。在 20 世纪的后期，由于现代食品加工技术的发展，膜技术、酶学与酶技术、细胞与组织的化学、电磁波技术在食品工业中的应用与研究也对食品的营养质量、感官质量、卫生质量提出了新的要求。而为了食品品质和质量的提高、改善，以及农产品产量的大幅度提高，食品添加剂、农药大量使用，由此而带来的对食品安全性的关心，也将会推动食品生物化学的发展。现代分析技术如色谱技术、质谱技术的发展和完善使人们对食品成分在贮运、加工过程中发生的各种生物变化有了更加深入的了解，为寻找新的加工、贮藏技术和方法创造了条件。

四、食品生物化学在食品科学中的地位

食品科学作为一门独立的学科具有自己的基础理论和明确的研究目标。其基础理论包括数学原理、物理现象、化学结构与反应和生物学等的有关基本原理。这些基础理论是相互依赖的。在现代食品工业的发展中，由于新技术的应用，相关学科的相互渗透与交叉，现在的食品科学更加注重体系科学理论，更多地研究食品加工贮藏中的机理问题，是食品体系的化学、结构、营养、毒理、微生物和感官性质以及食品体系在处理、转化、制作和保藏中发生变化这两方面科学知识的综合。而食品生物化学以生物化学为基础，在内容上侧重食品专业特点，是在生物学、分析化学、有机化学和物理化学的基础上发展而成的一门交叉学科。食品生物化学的基础理论和应用研究成果，可以更好地指导人们依靠科技进步、健康而持续地发展食品生产业。了解食品生物化学原理、掌握相关技术也是从事食品科技工作必不可少的。

当前，食品生物化学的研究活动领域主要集中在食品的营养质量、感官质量、新资源开发、酶学和酶技术、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。预计，随着食品工业生产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，并反过来又促进生产技术水平的进一步提高。

第二章 水分与矿物质

【学习目标】

1. 了解水在生物体内的生理功能。
2. 掌握食品和生物组织中水分的存在状态。
3. 掌握水分活度的概念，了解水分活度与食品稳定性的关系。
4. 了解矿物质在生物体内的存在及矿物质的生理功能。
5. 掌握成酸与成碱食物。
6. 了解重要的矿质元素及其营养功能，了解影响食品中矿物质成分的因素。

第一节 水 分

水是一切生物体的重要组成部分，它往往占动植物质量或食品质量的50%~90%。由于水为生物化学反应提供一个物理环境，因此它对所有已知的生命形式是相当重要的。在食品加工过程中，常以某种方式从食品中除去水分（如葡萄干、奶粉的生产），或者将水转变成非活性成分（如冷冻），或者将水固定在凝胶、结构食品和低水分食品中，从而提高了食品材料的稳定性。了解水在食品中的存在形式是掌握食品加工和保藏技术原理的基础。天然、加工或制造的食品，其水分的含量决定市场上食品的特性、质构、可口程度、消费者可接受性、品质管理水平和保藏期，因此，它是很多食品的法定标准必需检验的项目。

一、水的生理功能

1. 水是维持细胞生理活性的重要成分 细胞质的主要成分是水、蛋白质和核酸等，蛋白质与水之间的亲和力是维持细胞质胶体状态的主要因素。只有保持细胞质呈溶胶状态才能进行正常代谢。如果含水量减小，细胞失水皱缩，

引起结构破坏，原生质便由溶胶状态变成凝胶状态，生理活性会显著降低。

2. 水是生物体内化学反应的介质 水的溶解能力很强，大多数无机物和部分有机物能溶于水中，即使不溶于水的物质如脂肪和某些蛋白质，也能在适当的条件下分散于水中成为乳浊液或胶体溶液。同时，由于水的介电常数大，它能促进电解质的电离。水不但是生物体内化学反应的介质，本身也参与一系列生物化学反应。

3. 水是生物体内物质运输的载体 组织和细胞所需的养分和代谢产物在体内的转运，都要靠水作为载体来实现。

4. 水是体温的稳定剂 水的比热高，热容量大，因此当体内产热量增减时不致引起体温的太大波动。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。

5. 水是体内摩擦的润滑剂 水的黏度小，可使摩擦面滑润，减少损伤。体内的关节、韧带、肌肉、膜等处均有润滑液体，这些液体的主要成分为水。

二、生物组织中水分的存在状态

新鲜的动植物组织和一些固态食物中含有大量水分，但是在切开时一般都不会流出水来，这是由于水分被氢键和毛细管引力所吸引。

1. 结合水 又称束缚水，食品中有很多亲水基团，如蛋白质中的活性基（ $-\text{OH}$ 、 $=\text{NH}$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{CONH}_2$ ）和碳水化合物中的活性基（ $-\text{OH}$ ）以氢键和水相结合，这部分水不能自由运动。束缚水有两个特点：不易结冰（冰点 -40°C ）；不能作为溶质的溶剂。

由于这种性质，使植物的种子和微生物的孢子（都是几乎没有自由水的材料）得以在很低的温度下保持其生命力。而多汁的组织（新鲜水果、蔬菜、肉类等）在冰冻后细胞结构被冰晶破坏，解冻后组织立即崩溃。

2. 自由水 又称游离水，指组织、细胞中容易结冰、且能溶解溶质的这部分水。它可分为三类：①组织中的显微和亚显微结构与膜所阻留住的不可移动水；②生物组织的细胞间隙和制成食品的结构组织中通过毛细管力所系留的毛细管水；③自由流动水，主要是指动物的血浆、淋巴和尿液以及植物导管和存在于细胞内液泡中的水。

自由水含量的多少与粮食籽粒的生理、生化过程的强度密切相关。不论是生理过程还是酶促的生化反应，都要以水为介质才能进行，所以自由水在粮食籽粒中含量的多少就对这些过程起着重要作用。例如：粮食贮藏的稳定性与粮食籽粒中自由水含量的多少，是有直接关系的。自由水含量高，耐贮性低；自

由水含量低，贮藏稳定性就大大增加。粮食烘干、晾晒的主要目的就是除去其中的自由水，同时保持结合水的存在，使粮食籽粒中的亲水凝胶颗粒空间结构不被破坏，以便使籽粒维持低度的生理活动或处于休眠状态，这是一种延缓粮食品质劣变的有效措施。

束缚水和自由水之间的界限很难定量地做截然的区分。

三、水分活度

(一) 水分活度的定义

人们早已认识到食品中的水分含量与食品的腐败变质之间存在一定的关系，但是这一关系并不严格。具有相同水分含量的各种食品的腐败变质情况是明显不同的，所以水分含量并不是腐败变质的唯一可靠的指标。也就是说，食品中水分含量对食品的生产 and 保藏均缺乏科学的指导作用，因而引入水分活度这一概念。

食品中的水由于受到溶质分子的引力、毛细管引力、静电引力等作用力的作用，和纯水相比，水分运动的自由度会大大下降（如汽化的速度）。水分活度（ A_w ）是指溶液中水的逸度与纯水逸度之比，可以近似地表示为溶液中水的蒸汽分压（ P ）与纯水饱和蒸汽压（ P_0 ）之比。水分活度也可用平衡相对湿度（ ERH ）来表示，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解吸达到平衡时的大气相对湿度。

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{ERH}{100}$$

根据上式可知，如果某食品置于一个密封的容器内，待达到平衡（试样平衡）后测定容器内的相对湿度，若容器内相对湿度为 85%，则水分活度为 0.85。一般来说，水分活度越高，自由水的含量越多，食品也就越易腐败变质。

(二) 水分的吸湿等温线

1. 定义 在恒定温度下，食品的水分含量（单位质量干物质中水的质量）与它的水分活度之间的关系图称为水分吸湿等温线。

2. 食品的水分吸湿等温线 以水分活度为横坐标，以每克干物质的含水量（克数）为纵坐标，描绘某温度下的水分活度与含水量的关系，得到图 2-1 所示的曲线，即为食品在该条件下的水分吸湿等温线。从图中可以看出，在高含水量区，食品的 A_w 接近于 1.0，近似于理想的稀溶液。在低含水量区（含水量低于 0.05%），极少量的水分含量的变化即可引起水分活度的极大变动。