

食品生物化学

杜克生 编著

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品生物化学/杜克生编著. —北京: 化学工业出版社, 2001.8
ISBN 7-5025-3402-4

I. 食… I. 杜… III. 食品-生物化学 N. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 054401 号

食品生物化学

杜克生 编著

责任编辑: 王秀鸾

责任校对: 洪雅妹

封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

上海市字新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 11 1/2 字数 311 千字

2002 年 1 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3402-4/TS·26

定 价 ~~28.00 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

前 言

随着人民生活和科学技术水平的日益提高，食品专业科研及生产技术得到了迅速发展，许多新理论、新技术不断涌现。但作为食品科学中的一门新兴学科——食品化学与生物化学交叉所形成的食品生物化学，其进展却是较慢的。在国内出版的有关该学科的著作，特别是较新的既有理论指导意义，又有实践参考价值，且拥有广泛读者群的著作寥寥无几。为了对学科建设中这方面的工作尽微薄之力，几年来，我们在教学和科研中主动学习，借鉴专家、同行的经验，不断总结自己的体会，注意积累并整理资料，几易其稿的《食品生物化学》终于在新世纪之初脱稿并出版面世了。

本书注重以人及其食品体系的化学，特别是生物化学过程为研究中心，有机地融合了生物化学和食品化学的相关内容，避免了这两门学科之间的重复（尤其是在生物组成、结构等方面的重复）。

该书既有基础理论，又有实践，尤其是包括在食品专业各方面的应用，并把握了科学性和先进性。

本书适合于工科大学的食品工艺专业及专科、高职层次的综合性食品专业人员用书。更适合于食品行业各层次、各工种岗位的人员阅读、参考。

在本书的编写过程中，李培青同志参与了纲目的起草并提供了大量的珍贵资料，华东师范大学研究生李玲同志、山东省职业技术教育研究室的张培钧教授、山东临沂师范学院化学系侯传斌教授分别审改了书稿并提出许多修改意见。在此，对上述专家、教授表示深深的谢意。

尽管作者尽了最大努力，但由于各方面条件的限制，肯定还有不足之处，希望读者批评指正。

编者

2001.6.5

目 录

绪论	1
第一章 水分	5
第一节 水和冰的结构特点与物理特性	5
一、水和冰的结构特点	5
一、水和冰的物理特性	8
第二节 水的存在及其对食品品质的影响	9
一、水在食品中的含量及存在形式	9
一、水对食品品质的影响	12
第三节 水的活性及其对食品品质的影响	14
一、水的活性——水分活度	14
一、水分活度与含水量	16
二、水分活度与食品的稳定性	17
第四节 水与食品的加工和贮藏	19
一、水在食品加工中的作用	19
一、水与食品的贮藏	22
第五节 水的生理功用与人体内水平衡及调节	25
一、水的生理功用	25
二、人体内水平衡及调节	26
第二章 矿物质	28
第一节 矿物质的分类、存在与性质	28
一、矿物质的分类	28
二、矿物质的存在	29
二、矿物质的性质	34
第二节 矿物质的生理功用与重要的矿物质	37
一、矿物质的生理功用	37
二、人体对矿物质营养的吸收平衡	39
二、矿物质的生物有效性	39

四、重要的矿物质	42
第三章 糖类	49
第一节 糖类的分类、结构及存在	49
一、糖类的分类	49
一、糖类物质的主要结构	50
二、糖类在食品中的存在	55
第二节 糖类的性质及其应用	56
一、糖类的物理性质及其应用	56
一、糖类的化学性质及应用	58
第三节 食品中重要的糖	64
一、单糖	64
一、低聚糖	66
二、多糖	71
第四章 核酸、蛋白质	79
第一节 核酸	79
一、核酸的类别、存在与组成	79
二、DNA 和 RNA 的结构与功能简介	82
二、核酸与核苷酸的主要性质	84
四、核酸与食品加工	87
第二节 氨基酸	89
一、氨基酸的结构与分类	89
一、氨基酸的物理性质	93
一、氨基酸的化学性质	94
四、氨基酸的合理营养	98
五、氨基酸在食品加工中的作用	99
第三节 蛋白质的组成、分类与结构	100
一、蛋白质的组成与分类	100
一、蛋白质的结构	101
第四节 蛋白质的性质	107
一、蛋白质的理化性质	107
一、蛋白质的功能性质	113
一、蛋白质的营养性质	119
第五节 蛋白质与食品加工	121

一、食品加工中蛋白质功能性质的应用	121
一、食品加工对蛋白质功能与营养价值的影响	123
第五章 脂类、生物膜	127
第一节 脂类的分类、存在与生理功能	127
一、脂类的分类	127
一、脂类的存在与主要生理功能	132
第二节 食用油脂的性质及在食品加工中的应用	133
一、食用油脂的物理性质及应用	133
一、食用油脂的化学性质及应用	137
二、食用油脂在食品加工中的作用	145
第三节 类脂	146
一、磷脂	146
二、甾醇类	149
二、萜类	151
第四节 生物膜	152
一、生物膜的概念	152
一、生物膜的化学组成	153
二、生物膜平衡	154
第六章 酶、激素	157
第一节 酶的分类、命名与结构	157
一、酶的分类	157
一、酶的命名	159
二、酶分子的结构	160
第二节 酶的作用特点与机理	161
一、酶作为生物催化剂的特点	161
二、酶的作用机理	163
第三节 影响酶作用的因素	164
一、温度	164
二、pH值	165
二、酶浓度	166
四、底物浓度	166
五、激活剂和抑制剂	167
六、水分活度对酶稳定性的影响	168

第四节 酶与食品	169
一、食品中重要的酶	169
一、固定化酶与食品	173
第五节 激素	175
一、激素的作用与分类	175
二、动物激素	175
二、植物激素	180
第七章 维生素、生物碱	183
第一节 维生素的功能特点、分类与命名	183
一、维生素的功能特点	183
一、维生素的分类与命名	184
第二节 水溶性维生素	185
一、B族维生素	185
二、维生素C	190
第三节 脂溶性维生素	192
一、维生素A	192
一、维生素D	194
二、维生素E	195
四、维生素K	196
第四节 食品中维生素的损失及生物利用率	197
一、维生素在食品中的损失	197
二、维生素的生物利用率	199
第五节 生物碱	199
一、概述	199
一、几种生物碱简介	200
第八章 糖类、核酸、蛋白质、脂类在人体中的代谢	202
第一节 代谢的一般过程	202
一、分解代谢	202
二、合成代谢	203
二、三羧酸循环	204
第二节 糖类的代谢	207
一、糖类的分解代谢	207
一、糖元的合成与分解	212

二、糖异生作用	213
四、血糖	215
第三节 蛋白质和核酸的分解代谢	217
一、蛋白质的分解代谢	217
一、核酸的分解代谢	220
第四节 核酸和蛋白质的合成代谢	222
一、核酸的合成代谢	222
一、蛋白质的合成代谢	226
第五节 脂类的代谢	231
一、脂肪的分解代谢	231
二、脂肪酸的生物合成	232
二、甘油三酯的合成	233
四、甘油磷脂的合成	235
五、胆固醇的分解代谢	236
第六节 糖类、脂类、核酸、蛋白质代谢的相互关系	237
一、糖类与脂类的相互转化	237
二、糖类与蛋白质的相互转化	237
二、蛋白质与脂类的相互转化	238
四、小结	239
第九章 食品的风味	240
第一节 食品中的色素	240
一、食品中的天然色素	240
二、食品中的合成色素	248
第二节 食品加工和贮藏中颜色的变化	251
一、酶促褐变	251
二、非酶褐变	252
第三节 食品中的嗅觉物质及其形成	255
一、酶促化学反应	255
二、非酶化学反应	257
第四节 食品的香气	260
一、植物性食品的香气成分	260
二、动物性食品的香气成分	262
二、焙烤食品中的香气成分	262

四、发酵类食品的香气成分	263
第五节 食品加工中的调香	263
一、食用香料	263
一、食品香气的控制与增强	266
第六节 味感的分类及影响因素	270
一、味感的分类	270
一、影响味感的主要因素	271
第七节 呈现各种味感的物质	274
一、甜味与甜味物质	274
一、苦味与苦味物质	277
二、酸味与酸味物质	279
四、咸味与咸味物质	282
五、辣味与辣味物质	282
六、鲜味与鲜味添加剂	285
七、涩味	287
八、其他味感	287
第八节 食品加工中味感的调配	287
一、各种味感的相互作用	287
一、调味原理	289
第十章 主要动植物食品原料的化学组成及组织代谢特点	292
第一节 主要动物性食品原料的化学组成	292
一、食用肉类	292
二、鱼贝类	295
一、乳	298
四、蛋类	300
第二节 动物屠宰后组织的化学变化特点	302
一、动物死亡后的生物化学特征	302
二、动物死亡后组织呼吸途径的转变及重要的物质变化	303
第三节 主要植物性食品原料的化学组成	305
一、小麦面粉与大米	305
一、大豆	310
二、蔬菜与水果	312
四、海藻类	313

第四节	新鲜蔬菜、水果中的组织代谢特点	315
一、	采收后蔬菜、水果组织呼吸的生物化学特征	315
一、	蔬菜、水果成熟过程中的生物化学变化	318
第十一章	食品添加剂	321
第一节	食品添加剂的作用与分类	321
一、	食品添加剂的作用	321
二、	食品添加剂的分类	322
第二节	食品防腐剂	322
一、	食品防腐剂的分类	322
一、	几类食品防腐剂	323
第三节	护色剂与漂白剂	325
一、	护色剂	325
一、	漂白剂	327
第四节	增稠剂与凝固剂	329
一、	增稠剂	329
一、	凝固剂	336
第五节	膨松剂、抗结剂、水分保持剂	337
一、	膨松剂	337
二、	抗结剂	338
二、	水分保持剂	338
第六节	食品加工助剂	338
一、	载体溶剂	338
一、	消泡剂	339
二、	助滤剂	339
四、	被膜剂	340
第十二章	食品中的嫌忌成分	342
第一节	食品中的异味	342
一、	由食品原料本身的成分造成的异味	342
一、	食品腐败变质产生的异味	343
二、	其他因素产生的异味	344
第二节	动植物食品自身中的毒素	344
一、	动物性食品中的毒素	344
一、	植物性食品中的毒素	345

第三节 食品加工及贮藏过程中产生的毒素	349
一、环境污染造成的食品中的毒素	349
一、食品添加剂造成的食品中的毒素	351
二、食品腐败变质造成的食品中的毒素	352
主要参考文献	355

绪 论

一般，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品。但从现代生活的实际情况看，人类的绝大多数食品都是由相应的原料加工形成的。所以，严格讲有原料、食品、食物之分。其中，原料是指未经过加工或只经过粗加工的含有营养素的物质；食品是对原料进行科学的再加工后形成的成品；食物包括原料及食品。为了叙述方便，同时也为了适应人们的习惯，本书统一采用食品这一概念，只在个别相关内容中使用原料或食物的说法。

研究食品体系的化学组成、结构、营养、毒理、微生物和感官性质以及食品体系在处理、制作、贮存、转化过程中发生变化的学科称为食品科学。

食品生物化学是食品科学中一个重要的分支。概括地说，食品生物化学研究的对象与范围就是人及其食品体系的化学及化学过程；具体地讲，它不仅把作为食品的生物物质当做自然物来研究，并且还把这些生物物质放在食品加工、贮运、代谢过程中来考察，以最大限度地满足人的营养需要和适应人的生理特点。它所要研究的主要内容包括以下几个方面。

第一，食品的化学组成、主要结构、性质及生理功能

食品的化学组成是指食品中含有的能用化学方法进行分析的元素或物质，主要包括无机成分如水分、矿物质，有机成分如糖、蛋白质、核酸、脂类、维生素、激素、色素、嗅觉和味觉成分，其次还有食品添加剂以及污染物质等。

第二，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

第三，食品的动态生化过程

动态生化以代谢途径为中心，研究食品在人体内的变化规律及

伴随其发生的能量变化。

分析上述可知：食品生物化学既不同于以研究生物体的化学组成、生命物质的结构和功能、生命过程中物质变化和能量变化的规律，以及一切生命现象的化学原理为基本内容的普通生物化学，也不同于以研究食品的组成、主要结构、特性及其产生的化学变化为基本内容的食品化学，而是将二者的基本原理有机地结合起来，应用于食品科学的研究所产生的一门交叉学科。

19世纪，对生命现象开展了比较广泛的研究，对生命的化学本质的认识有了许多重大进展。为生物化学学科的形成奠定了基础。1877年，德国人霍佩-赛勒（Hoppe-Seyler）首次提出“Biochemie”——“生物化学”这一名词，并创办了《生理化学》杂志。从此，随着生产和研究工作的发展，以及教学工作的需要，生物化学的有关内容才从有机化学、生理学、医学等学科中独立出来，逐渐形成了一门以生物功能为轴心的理论体系独特的边缘学科。

与食品化学有关的最主要的科学发现始于18世纪末期。1780年，瑞典人舍勒（Carl Wilhelmscheele）分离和研究了乳酸的性质，他从植物和动物原料中分离各种新的化合物的工作被认为是农业和食品化学方面精密分析研究的开端。此后，直到1847年，第一本有关食品化学方面的书——《食品化学的研究》才由Justus Von-liebig出版面世。从此，食品化学不断地加快发展的步伐，至20世纪前半叶已发现了大部分基本的食用物质，如蛋白质、糖、脂肪、维生素、矿物质等，并对它们的性质做了鉴定。至此食品化学最终成为一门独立的学科。

在生物化学和食品化学发展到一定水平后，二者才自然地有机融合形成食品生物化学。所以食品生物化学是一门崭新的学科。

为了最大限度地满足人体的营养需要和适应人体的生理特点，食品资源的开发、加工手段与方法的研究等都必须建立在对人及其食品的化学组成、性质和生物体在内、外各种条件下的化学变化规律了解的基础上。可见，食品科学是一门以生物学、化学、工程学

等为主要基础的综合学科，而食品生物化学融合了普通生物化学中有关生物体的生理功能，特别是新陈代谢和食品化学中食品的组成、特性及其变化等内容，这样既避免了这两门学科在食品科学研究中的某些重复，又剔除了普通生物化学中对食品科学的研究无关紧要的内容，这就大大提高了研究和学习的效率，从而势必会从某种角度促进食品科学的快速发展。所以说，食品生物化学虽然是一门非常年轻的学科，但它在食品科学中的地位却是很重要的。

根据食品生物化学的学科特点及专业要求，在学习和研究时应注意以下几个问题。

第一，注意把握有关食品生物化学的基础知识

食品的组成、特性、生理功用以及在加工、贮运、代谢过程中所发生的化学的特别是生物化学的各种变化等，都属于食品生物化学的基础知识。只有练好扎实的基本功，才能理清主线、突出重点、突破难点，为进一步学习和研究打下基础。

第二，注意抓住有关食品生物化学的关键内容

高质量的食品应具有能代表它们重要特征的性质，某些化学和生物化学的反应对食品的质量有重要的影响；各种食品对人体具有各自不同的生理功用，这些生理功用往往要通过新陈代谢才能体现出来。因此，确定有关的化学和生物化学反应是如何影响食品质量的；不同的食品成分在一般和特殊的人体中的功用如何，是如何代谢的，并将这些知识应用于食品的配制、加工和贮运中，是学习和研究食品生物化学的主要目的。

第三，注意知识的不断总结

本学科的特点决定了它的知识面是很广的，从表面上看会觉得内容多而杂，但如果深入分析、注意归纳，会发现这些知识是有条理性的，而且前后内容之间有一定的联系。以本书为例，它是以前食品的化学组成为主线来组织材料的，为了使该书的结构紧凑，同属或相近的化学组成排在同一章中，如酶和激素、生物碱和维生素分别安排在同一章中，有关糖类、蛋白质、核酸、脂类新陈代谢方面的知识也综合到同一章中介绍。如果找到这一规律，学习时注意由

纲到目、温故知新、及时消化，就会取得满意的学习效果。

第四，注意理论联系实际，努力做到基础理论为专业服务

有条件的读者，应注意利用实验和实际操作的机会加深对所学理论知识的理解和应用，从而不断提高分析问题、解决问题的能力。

第一章 水 分

水是一切生物所必需的物质。从生物化学角度考虑，水为许多生物化学反应提供必需的物理环境，并作为代谢过程中输送营养成分和废物的介质；从食品化学的角度考虑，它在各种食品中都有特定的含量，并且对食品的品质、加工、贮藏具有重要的影响。本章从水和冰的结构特点和特性入手，按照食品生物化学的范畴，讨论水的存在、水的活性及其对食品品质的影响、水与食品加工和贮藏的关系、水的生理功用及水在人体内的平衡与调节。

第一节 水和冰的结构特点与物理特性

一、水和冰的结构特点

1. 水分子

在单一水分子中，由于氧的电负性（原子吸引共用电子对的能力）比氢大，所以，O—H属于极性共价键（具有部分离子键的特征）。

单个水分子的结构图如图 1-1 所示。

由水分子的结构可以看出水是典型的极性分子。

应当指出，纯水中不仅含有普通的水分子，而且还含有其他的微量成分。例如靠水分子自身的极性，水分子可以发生微弱的电离，所以，水中含有微量的氢离子

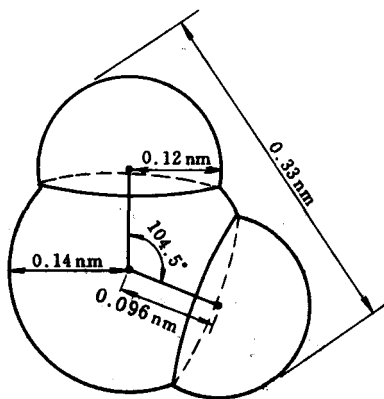


图 1-1 单个水分子的结构示意图