

国家重大出版工程项目

# 食品化学

第3版

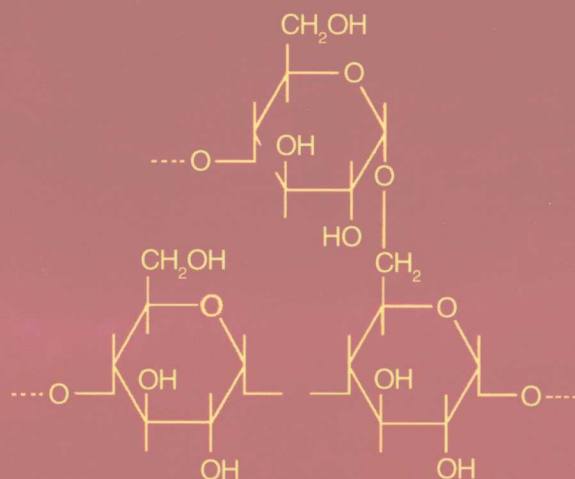
## Food Chemistry

Third Revised Edition

H. - D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle 编著

石阶平 霍军生 主译

韩雅珊 审校



中国农业大学出版社

国家重大出版工程项目

# 食品化学

第3版

## Food Chemistry

3rd revised Edition

H. -D. Belitz W. Grosch P. Schieberle 编著

石阶平 霍军生 主译

韩雅珊 审校

中国农业大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品化学:第3版/(德)贝利兹(H.-D. Belitz),格罗斯(W. Grosch),斯伯尔(P. Schieberle)编著;石阶平,霍军生主译. —北京:中国农业大学出版社,2008.2

书名原文:Food Chemistry;3rd revised edition

ISBN 978-81117-117-4

I. 食… II. ①贝… ②石… ③霍… III. 食品化学 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130786 号

书 名 食品化学(第3版)

作 者 H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle 编著 石阶平,霍军生 主译

策划编辑 宋俊果

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

规 格 889×1194 16开本 57.25印张 1610千字

定 价 239.00元

责任编辑 田树君 彭威鑫

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail: cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 译 石阶平 霍军生

审 校 韩雅珊

译者(按姓氏拼音为序)

曹劲松 华南理工大学食品学院

冯凤群 浙江大学食品学院

霍军生 中国疾病预防控制中心食品安全与营养所

李巧玲 华北科技大学食品学院

石阶平 国家食品药品监督管理局

石 英 中国农业大学食品学院

万益群 南昌大学食品学院

吴广枫 中国农业大学食品学院

夏向东 国家食品药品监督管理局

本书简体中文版本翻译自 H.-D. Belitz, W. Grosch, and P. Schieberle 编著的“FOOD CHEMISTRY, Third Revised Edition”。

Translation from the English language edition:

FOOD CHEMISTRY, 3rd revised edition by H.-D. Belitz, W. Grosch, and P. Schieberle

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1987, 1999, 2004

Springer is a part of Springer Science+Business Media

All rights reserved

中文简体版本由 **Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg (a part of Springer Science+Business Media)** 授权  
中国农业大学出版社专有权利在中华人民共和国境内出版发行。

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

本书任何部分之文字及图片,如未获得出版者之书面同意不得以任何方式抄袭、节录或翻译。

著作权合同登记图字: 01-2005-3452

## 译者序

1987年,我怀着一种求知的欲望踏上食品科学之旅。时至今日,已整整走过了二十个春秋。虽然在我人生最重要的这段时期,也曾随波逐流地不断对自己的人生轨迹作出修正和调整,但初入食品科学殿堂时最早涉足的食品化学,一直是我的挚爱。我常常很自豪地对自己的朋友和将要成为朋友的人说,我是食品化学与营养学专业的毕业生。即使至今在教育部审批的招生目录中还没有这个专业,却还是“明知故犯”地向旁人炫耀我所读的专业方向,这足以证明我对她的热爱和崇敬。在这个求知的旅程中,我得到了许多食品化学前辈们的教诲和指导,让我有幸成为我国食品化学学科的开创者蒋修学先生、韩雅珊先生的硕士研究生和博士研究生,而攻读的专业方向都是食品化学与营养学。在这期间,亲身领略了我国食品化学学科的开创者陈宗道先生和王光慈先生的食品化学课程的魅力。就这样,前辈们的悉心教导,在我心中埋下了对食品化学的深切情愫,并常常产生一种为之献身的冲动。2005年一个春意朦胧的初冬,在国家图书馆庄严肃穆的阅读厅,当我手捧 *Food Chemistry* (H. -D. Belitz 等) (第3版) 阅读时,一种顶礼膜拜的敬意油然而生,并突发奇想,产生了一种要与所有和我同样对食品化学执著的学者们共享的热情。在荷尔蒙的作用下,我邀请了中国食品化学领域的青年精英,共同开始了这段充满激情与失落、豪情与自卑的旅程。

坦诚地说,我们这一代的食品化学人、食品科学人是幸运的。我们恰逢伟大祖国经济和社会高速发展的时期。食品作为人类社会赖以生存和发展的最基本的物质条件,伴随着我国经济和社会的快速发展,我国食品产业也得到了强劲发展,特别是“十五”期间又经历了一个快速增长周期,中国已成为世界食品生产消费大国。2006年全国规模以上食品工业企业实现总产值21586.95亿元人民币(不含烟草),占全国工业总产值的6.8%,同比增长23.5%。我国食品消费格局也发生了深刻变化,突出表现在消费需求多元化,食品供给由长期以来的总体短缺、品种单调转变为数量充足和品种多样化。然而,我国从业于食品工业的专业人才远低于食品工业的发展水平。据不完全统计,食品工业在职人员中,具备食品科学与工程相关专业本科以上学历的人仅占总人数的6%。目前开办食品专业的高等院校已有156所,每年培养的全日制本科生数量仅有1万~1.5万,占全国毕业生总数的0.5%左右,远远低于食品工业在国民生产总值中所占的比例。然而,随着这几年我国高等教育的发展,特别是高校连年扩招,我国的高等教育正由精英教育向大众化教育过渡,近年已出现大学生就业难的状况。这种严峻形势的出现,表面上看是因高校扩招和产业转型带来的结果,但从深层来看,实际上反映了高校人才培养模式上的缺陷,暴露了社会需求与毕业生的知识体系之间的矛盾。这是值得从事食品学科专业人才培养的高校工作者认真思考的重要课题。食品工业的发展自然离不开人才培养,因此迫切需要根据目前社会的需求情况转变原有的精英教育模式,通过教育模式的转变带动人才培养教育内容及知识结构的改变。在此基础上,针对目前我国的社会需求情况,制定新的人才培养教育内容及知识结构,更加注重人才的综合素质与创新能力的培养。

食品化学作为食品科学专业的核心课程,受到了各方的高度重视。世界上第一本有关食品化学的专著出现于1847年,由Jean Baptiste Dumas所著,书名为《食品化学的研究》。目前具有世界影响力的食品化学教材有Owen R. Fennema(美国)主编的 *Food Chemistry*, H. -D. Belitz(德国)等编著的 *Food Chemistry*, 林淳三(日本)编著的《最新食品化学》。我国食品化学教育工作者为了满足食品类专业教学的要求,也先后编写出版了不同版本的食品化学教材。从早期我国台湾学者续光清编著的《食品化学》、中国人民大学黄丽梅教授等编著的《食品化学》,到成为我国高校教学中经典教材的由中国农业大学韩雅珊教授主编的《食品化学》,以及其后相继出版的由胡慰望、谢笔钧教授主编的《食品化学》、王璋主编的《食品化学》、刘邻渭主编的

《食品化学》、谢笔钧主编的《食品化学》、阚建全主编的《食品化学》、夏延斌主编的《食品化学》等都为食品科学专业人才的培养发挥了重要作用。但我国这些教材的体系和素材大部分源自于 Owen R. Fennema(美国)主编的 *Food Chemistry*。

H. -D. Belitz(德国)等编著的 *Food Chemistry* 主要集中于讨论食物的化学性,对食品中主要成分的物理化学特性都给予了详细讨论,从而可以很容易理解在食品生产、加工、储藏及食品处理环节中所发生的或预期发生的反应,或用作分析的方法。此外,还尝试在各个食品成分和整个食品体系两个层次描述食品组成成分的结构与特性的关系。作为食品添加剂和污染物存在于食品中的特殊化合物也都安排了专门的章节进行讨论。这次翻译的英文第3版(德文第5版),已经做了大幅度的改写。全书配有620个表和472幅图,其中包括1100多种食品组成化合物的结构式。这些公认的和世界广泛接受的先进内容和文献按照食品的组成成分和食品商品的类别进行编排,便于参考的表格的普遍使用、有价值的资讯和全面的主题索引等都是本书最有价值的特点。它为食品科学、食品技术、农业化学和营养学等学科的学生和研究工作者提供最新资讯,为优秀的学生在食品化学和食品技术等方面获得深入的见解提供支撑,同时也为在食品和农业研究、食品工业、营养、食品控制和服务实验室等领域工作的化学家、食品化学家、食品工艺学家、食品工程学家、生物学家、营养学家和分析化学家提供了一本有价值的工作参考书。

英文第3版《食品化学》的翻译由中国农业大学石阶平博士(第3,9,14,23章),中国疾病预防控制中心食品安全与营养所霍军生博士(第1,6,7,15,16章),华南理工大学食品学院曹劲松博士(第0,10,11,12章),华北科技大学食品学院李巧玲博士(第4,19章),南昌大学食品学院万益群博士(第5,21章),浙江大学食品学院冯凤群博士(第8章),中国农业大学食品学院石英博士(第2,17,18章)、吴广枫博士(第13,20,22章)和国家食品药品监督管理局食品安全协调司夏向东博士(索引部分)等共同完成。索引部分的翻译、页码校对工作最富有挑战性。中国农业大学韩雅珊教授在百忙之中对全书的中文译稿进行了认真、细致的审校。中国疾病预防控制中心食品安全与营养所王丽娟硕士协助霍军生博士完成了第1,6,7,15,16章的后期校核工作。

翻译这样一本食品化学的圣典是一个极富野心的挑战,远远超出了我和我的同仁们的知识和能力范围。虽然我们都在利用一切可能的资源,审校者韩雅珊教授甚至还利用她的人脉,请教了各方面的专家,但很遗憾的是,在本书中我们还是留下了几处没有能够翻译或者没有准确翻译的名词、名称。有些地方的翻译还带有明显的英文文法的痕迹,可能很多地方还有纰漏和瑕疵。所有这些问题的解决,仅能期盼读者——您阅读过后的批评和指正。

全书的翻译出版凝聚了众人的心血。在此,我代表所有参加翻译的同仁们感谢为本书的翻译提供有价值帮助的人们,感谢本书的审校者中国农业大学韩雅珊教授,正是她实事求是的科学品德和不断求索的精神在鼓励、支持着我们;感谢本书的策划,中国农业大学出版社宋俊果女士,正是她的大度和容忍,才使我们能有更多的时间来改正翻译中的错误;感谢中国农业大学出版社的责任编辑田树君、彭威鑫及所有的工作人员,正是他们认真细致的工作和无私的帮助,才使本书的错误变得越来越少。中国农业大学出版社能体恤我们的愿望,同意与我们合作,在此表示我们最诚挚的谢意。

石阶平

2007年12月

## 英文第 3 版序言

英文第 3 版《食品化学》是由德文第 5 版翻译而来。虽然书的内容经过修订,但大部分产品数据依然使用 1999 年的数据。

我们非常感谢 Margaret Burghagen 博士翻译了本书稿,能与她共事倍感荣幸。

同时也感谢 J. Jauker 女士在完成书稿中所提供的协助工作。

**W. Grosch, P. Schieberle**

于巴伐利亚州加兴镇(Garching),2004 年 2 月

## 英文第 2 版序言

英文第 2 版《食品化学》是由德文第 4 版翻译而来。仅对书中几处做了更改,例如产品数据依然使用 1996 年的数据。

此版著作由于 H. -D. Belitz 博士和 D. Hadziyev 博士两位教授分别于 1993 年 3 月与 1995 年 6 月的逝世而被一度推迟,D. Hadziyev 博士翻译了本书的第 1 版。H. -D. Belitz 博士一直为第 2 版著作做准备工作。

Margaret Burghagen 博士翻译了著作大部分,并将所有改动的部分并入了新著中,同时修订了整个书稿。对她出色的工作我表示由衷的感谢,和她合作非常愉快。

我还要感谢我的同事们对书稿提出的宝贵批评意见,从而使本书得以改进提高,尤其感谢荷兰的 M. C. Kühn 博士。

最后,我还要感谢 R. Jauker 女士为完成书稿所做的协助和校对工作及我的儿子 B. Grosch 为书稿的索引所提供的协助。

**W. Grosch**

于巴伐利亚州加兴镇(Garching),1999 年 1 月



## 德文第 5 版序言

本书由于 1993 年 3 月 Dr. H. -D. Belitz 教授的逝世而有所延迟出版。此新版延续德文第 1 版在前言中所述久经考验的宗旨。所有的章节已经过重新更新和修订。如以下所列项：

- 更新了食品成分的所有数据。
- 在酶一章中,增加了压力对酶活性的影响、聚合酶链式反应及遗传工程对食品改性等内容。
- 根据酶和抗氧化剂方面的最新研究进展,拓展了脂肪一章中的内容(脂肪酶、脂肪氧化酶和丙二烯氧化合成酶)。
- 碳水化合物一章中增加了美拉德(Maillard)反应新的研究进展。
- 对芳香物质一章内容进行了全面修订。全面修订了各个单体食物中芳香物质的内容,并首次表述了定量的结果。
- 更新了维生素和矿物质的存在与摄入量相关数据。
- 在添加剂一章中拓展了乳化剂和脂肪代用品等内容。
- 根据最新科技进展和各类食品组成的新的结果,对各种食物的原料和加工品的信息进行了校正。主要着重于奶、肉、鱼、谷类、啤酒、白酒和咖啡等。
- 新增或扩展了目前较受关注的一些食品组成成分的内容,如共轭亚油酸、过敏蛋白、双歧杆菌益生源的低聚糖及性激素。
- 增补了各章节的文献。

在此,我们要感谢那些曾为书稿的编写提出建设性批评意见的同事们,尤其感谢 A. Rapp 教授(第 20 章,酒精饮料),H. Scherz 教授(食物组成相关数据),J. Weder 教授(校正)及 H. Wiesser 博士(谷类蛋白)。

同时,也要感谢 S. Bijewitz 女士和 R. Jauker 女士在本书稿准备工作中给予的支持,感谢 E. Kirchhoff 博士和 H. Scherz 教授所做的校读工作以及 Dipl. -Chem. B. Grosch 在本书索引方面准备工作中给予的充分合作。

**W. Grosch, P. Schieberle**

于巴伐利亚州加兴镇(Garching),2000 年 11 月

# 德文第 1 版序言

随着分析与制造技术取得的非凡进展,食品化学与技术在过去 20 年中得到飞速发展,同时也导致了缺少一本内容全面的教材或参考书现象的凸显。希望本版《食品化学》可以帮助填补此空白。在编写中我们的材料来自本书所列的文献,涵盖了慕尼黑科技大学过去 15 年中所涉及的不同学科。

鉴于把食品主要组分(蛋白质、脂肪、碳水化合物、风味物质等)和食品主要大类(奶、肉、蛋、谷类、水果、蔬菜等)分开处理,并在我们的课程讲授中取得成功,因此本书的主题组织也采用这种方式。

当食品添加剂和污染物作为存在于食品中的特殊化合物时,被安排在各自章节中予以讨论。食品中主要成分的物理化学性质都给予了详细讨论,从而可以很容易理解在食品生产、加工、贮藏及食品处理环节中所发生的或预期发生的反应,或用作分析的方法。此外,还尝试从各个食品成分和整个食品体系两个层次描述食品组成成分结构与性质的关系。

本书主要集中于讨论食物的化学性质,并没有考虑各个国家或国际有关食品的法规。同时我们略减了有关食品营养价值、加工与毒理等方面的广泛讨论。所有这些其实都是食品化学家培训所需的内容,但是鉴于主题的扩展性和随之产生的特殊性,目前,这些主题都已经独立成书。不过,由于与食品中的化学反应息息相关,因此,我们对所有重要的食品及其加工过程和涉及的参数都做了简要讨论。

对食品化学家重要的商品和产品的数据主要以列表形式给出。每一章节所列的参考文献并未最终以汇总形式列出,以免造成选择参考文献上的困惑。它们仅供进一步阅读使用。在本书最后给出了更多关于自然科学的附加文献。

本书的初衷在于供食品专业的学生和普通化学工作者使用,同时也可作为其他需要选择食品化学作为辅修专业的学生用书。我们同时也希望本书为已经完成正规学业教育的食品化学家与化学家提供有用的帮助。

我们真诚地感谢 A. Mödl(食品化学家)女士、R. Berger 女士、I. Hofmeier 女士、E. Hortig 女士、F. Lynen 及 K. Wüst 女士在书稿准备和校读中所给予的帮助,也感激 Springer Verlag 出版社体恤我们的愿望并同意和我们合作。

**H. -D. Belitz, W. Grosch**

于巴伐利亚州加兴镇(Garching), 1982 年 7 月

# 前言

食品是通过自然生长、加工、烹饪形成的供人类作为营养品或享乐消费的物质。“营养物质”和“享乐”这两个术语引出了食品的两个重要特性：营养价值和享乐价值。前者相对容易量化，因为其中重要的营养物质已被人们熟知，其作用已经确定。另外，营养物质的数量也是有限的。而定义食品的享乐价值就比较困难，因为如此定义必须考虑食品的所有特性，如视觉的吸引、气味、口感和质地，它们都对感官产生影响。这些特性可能被大量的甚至其中部分未被鉴定的化合物所影响。除了营养价值和享乐价值外，食品正日益根据其处理的特性来判定，如“方便食品”。食品另一个重要的要求就是无有毒物质。

食品化学不仅揭示食品原料和终端产物的化学组成，同时也研究食品生产、加工、贮藏、烹饪过程中发生的变化。食品高度复杂的本性会导致各种参数控制的许多期望的和非期望的反应发生。为了深入研究这些反应，必须进行分解并建立食品模型。如从化合物组成的分析开始（食品组成成分的检测、分离和结构解析等），然后研究单个成分或者简单的混合物可能发生的反应。随后，可开展研究食品中主要的单个反应。这个研究从某一个化合物开始，但并不是严格指某种食品或一类食品。像这类对食品组成反应的研究，通常需要依靠对具体单个食品中发生的化学过程的特殊观察来补充。在了解食品中发生的化学过程的基础上，此类研究的开始就与经济、技术方面密切相关，并要解决具体技术问题和选择最佳加工工艺。

全面的食品评价需要分析技术与其他技术同步发展，因此，食品化学的主要目标是关注分析方法的运用和发展。当食品中可能存在的某种污染物将带来健康风险时，分析技术尤为重要，而这与环境问题紧密相关。

食品化学研究的目的是建立上述提到对食品的营养价值、享乐价值、无有毒化合物和方便性等属性的可评估客观标准。这是工业生产大量高质量食品的先决条件。

因此，简要地说，食品化学不像其他门类的化学，只关注某类化合物或某种方法，而是一个包括实际应用和方法等各个方面的化学，是一个非常广阔的研究领域。

# 目 录

|     |                    |     |
|-----|--------------------|-----|
| 0   | 水 .....            | 1   |
| 0.1 | 前言 .....           | 1   |
| 0.2 | 结构 .....           | 1   |
| 0.3 | 水对贮藏期的影响 .....     | 3   |
| 0.4 | 参考文献 .....         | 6   |
| 1   | 氨基酸、肽和蛋白质 .....    | 7   |
| 1.1 | 前言 .....           | 7   |
| 1.2 | 氨基酸 .....          | 7   |
| 1.3 | 肽 .....            | 28  |
| 1.4 | 蛋白质 .....          | 33  |
| 1.5 | 参考文献 .....         | 70  |
| 2   | 酶 .....            | 74  |
| 2.1 | 前言 .....           | 74  |
| 2.2 | 酶的一般特性、分离及命名 ..... | 74  |
| 2.3 | 酶的辅助因子 .....       | 79  |
| 2.4 | 酶催化理论 .....        | 84  |
| 2.5 | 酶促反应动力学 .....      | 92  |
| 2.6 | 酶法分析 .....         | 108 |
| 2.7 | 酶在食品工业中的应用 .....   | 113 |
| 2.8 | 参考文献 .....         | 120 |
| 3   | 脂类 .....           | 123 |
| 3.1 | 前言 .....           | 123 |
| 3.2 | 脂肪酸 .....          | 124 |
| 3.3 | 甘油酯 .....          | 132 |
| 3.4 | 磷脂和糖脂类 .....       | 139 |
| 3.5 | 脂蛋白和生物膜 .....      | 143 |
| 3.6 | 脂二醇、高级醇、蜡和角质 ..... | 144 |
| 3.7 | 食物中酰基脂的转变 .....    | 145 |
| 3.8 | 非皂化成分 .....        | 174 |
| 3.9 | 参考文献 .....         | 190 |
| 4   | 碳水化合物 .....        | 194 |
| 4.1 | 前言 .....           | 194 |
| 4.2 | 单糖 .....           | 194 |
| 4.3 | 低聚糖 .....          | 233 |
| 4.4 | 多糖 .....           | 236 |

|      |               |     |
|------|---------------|-----|
| 4.5  | 参考文献          | 267 |
| 5    | 芳香化合物         | 270 |
| 5.1  | 前言            | 270 |
| 5.2  | 气味分析          | 274 |
| 5.3  | 特殊芳香化合物       | 284 |
| 5.4  | 与食品中其他成分的相互作用 | 309 |
| 5.5  | 天然香料与合成香料     | 312 |
| 5.6  | 结构与气味的关系      | 317 |
| 5.7  | 参考文献          | 318 |
| 6    | 维生素           | 322 |
| 6.1  | 前言            | 322 |
| 6.2  | 脂溶性维生素        | 324 |
| 6.3  | 水溶性维生素        | 329 |
| 6.4  | 参考文献          | 335 |
| 7    | 矿物质           | 336 |
| 7.1  | 前言            | 336 |
| 7.2  | 常量元素          | 336 |
| 7.3  | 微量元素          | 339 |
| 7.4  | 食品加工中的矿物质     | 341 |
| 7.5  | 参考文献          | 341 |
| 8    | 食品添加剂         | 342 |
| 8.1  | 前言            | 342 |
| 8.2  | 维生素           | 343 |
| 8.3  | 氨基酸           | 343 |
| 8.4  | 矿物质           | 343 |
| 8.5  | 增香物质          | 343 |
| 8.6  | 风味增强剂         | 343 |
| 8.7  | 糖替代物          | 344 |
| 8.8  | 甜味剂           | 344 |
| 8.9  | 食品着色剂         | 354 |
| 8.10 | 酸             | 354 |
| 8.11 | 碱             | 359 |
| 8.12 | 抗菌剂           | 359 |
| 8.13 | 抗氧化剂          | 364 |
| 8.14 | 螯合剂           | 364 |
| 8.15 | 表面活性剂         | 365 |
| 8.16 | 脂肪替代品         | 370 |
| 8.17 | 增稠剂、凝胶塑形剂和稳定剂 | 371 |
| 8.18 | 保湿剂           | 371 |
| 8.19 | 抗结块剂          | 371 |
| 8.20 | 漂白剂           | 371 |
| 8.21 | 澄清剂           | 371 |
| 8.22 | 保护气           | 372 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 8.23 参考文献 .....                     | 372        |
| <b>9 食品污染 .....</b>                 | <b>375</b> |
| 9.1 概论 .....                        | 375        |
| 9.2 有毒微量元素 .....                    | 376        |
| 9.3 来源于微生物的有毒物质 .....               | 378        |
| 9.4 农药 .....                        | 381        |
| 9.5 兽药和饲料添加剂 .....                  | 392        |
| 9.6 多氯联苯(PCB's) .....               | 396        |
| 9.7 多环芳香烃 .....                     | 396        |
| 9.8 亚硝胺、亚硝酸盐和硝酸盐 .....              | 396        |
| 9.9 清洁剂和消毒剂 .....                   | 400        |
| 9.10 多氯联苯二噁英(PCDD)和联苯呋喃(PCDF) ..... | 400        |
| 9.11 参考文献 .....                     | 401        |
| <b>10 乳和乳制品 .....</b>               | <b>403</b> |
| 10.1 乳 .....                        | 403        |
| 10.2 乳制品 .....                      | 421        |
| 10.3 牛奶及其制品的风味 .....                | 435        |
| 10.4 参考文献 .....                     | 438        |
| <b>11 蛋 .....</b>                   | <b>441</b> |
| 11.1 前言 .....                       | 441        |
| 11.2 禽蛋的结构、理化特性和组成 .....            | 441        |
| 11.3 鸡蛋的贮藏 .....                    | 449        |
| 11.4 蛋制品 .....                      | 449        |
| 11.5 参考文献 .....                     | 452        |
| <b>12 肉 .....</b>                   | <b>453</b> |
| 12.1 前言 .....                       | 453        |
| 12.2 肌肉组织的结构 .....                  | 455        |
| 12.3 肌肉组织的组成和功能 .....               | 457        |
| 12.4 死后肌肉的变化 .....                  | 472        |
| 12.5 肉的持水力 .....                    | 474        |
| 12.6 肉的种类、贮藏、加工 .....               | 475        |
| 12.7 肉制品 .....                      | 480        |
| 12.8 干汤料和干调料 .....                  | 484        |
| 12.9 肉香 .....                       | 485        |
| 12.10 肉类分析 .....                    | 487        |
| 12.11 参考文献 .....                    | 492        |
| <b>13 鱼、鲸鱼、甲壳动物、软体动物 .....</b>      | <b>495</b> |
| 13.1 鱼 .....                        | 495        |
| 13.2 鲸鱼 .....                       | 510        |
| 13.3 甲壳动物 .....                     | 510        |
| 13.4 软体动物 .....                     | 511        |
| 13.5 龟 .....                        | 512        |
| 13.6 蛙腿 .....                       | 512        |

|           |                |     |
|-----------|----------------|-----|
| 13.7      | 参考文献           | 512 |
| <b>14</b> | <b>食用油脂</b>    | 514 |
| 14.1      | 前言             | 514 |
| 14.2      | 产量和消费量         | 514 |
| 14.3      | 油脂的来源          | 514 |
| 14.4      | 油脂的加工          | 525 |
| 14.5      | 分析             | 531 |
| 14.6      | 参考文献           | 535 |
| <b>15</b> | <b>谷类和谷类制品</b> | 537 |
| 15.1      | 前言             | 537 |
| 15.2      | 谷物化学组分         | 542 |
| 15.3      | 谷物-磨粉          | 566 |
| 15.4      | 焙烤食品           | 569 |
| 15.5      | 意大利面食          | 591 |
| 15.6      | 参考文献           | 592 |
| <b>16</b> | <b>豆类</b>      | 597 |
| 16.1      | 前言             | 597 |
| 16.2      | 豆类的组成成分        | 599 |
| 16.3      | 加工             | 614 |
| 16.4      | 参考文献           | 616 |
| <b>17</b> | <b>蔬菜和蔬菜制品</b> | 619 |
| 17.1      | 蔬菜             | 619 |
| 17.2      | 蔬菜制品           | 643 |
| 17.3      | 参考文献           | 648 |
| <b>18</b> | <b>水果和水果制品</b> | 650 |
| 18.1      | 水果             | 650 |
| 18.2      | 水果制品           | 686 |
| 18.3      | 无酒精饮料          | 691 |
| 18.4      | 分析             | 692 |
| 18.5      | 参考文献           | 694 |
| <b>19</b> | <b>糖、糖醇、蜂蜜</b> | 697 |
| 19.1      | 糖、糖醇和糖制品       | 697 |
| 19.2      | 蜂蜜和人工合成蜂蜜      | 713 |
| 19.3      | 参考文献           | 719 |
| <b>20</b> | <b>酒精饮料</b>    | 721 |
| 20.1      | 啤酒             | 722 |
| 20.2      | 葡萄酒            | 732 |
| 20.3      | 高酒精含量的酒        | 751 |
| 20.4      | 参考文献           | 757 |
| <b>21</b> | <b>咖啡、茶、可可</b> | 760 |
| 21.1      | 咖啡和咖啡替代物       | 760 |
| 21.2      | 茶及其类似产品        | 770 |
| 21.3      | 可可和巧克力         | 776 |

---

|           |                      |            |
|-----------|----------------------|------------|
| 21.4      | 参考文献                 | 783        |
| <b>22</b> | <b>香料、盐和醋</b>        | <b>784</b> |
| 22.1      | 香料                   | 784        |
| 22.2      | 盐(烹饪用盐)              | 793        |
| 22.3      | 醋                    | 794        |
| 22.4      | 参考文献                 | 795        |
| <b>23</b> | <b>饮用水、矿泉水和配制瓶装水</b> | <b>797</b> |
| 23.1      | 饮用水                  | 797        |
| 23.2      | 矿泉水                  | 798        |
| 23.3      | 配制瓶装水                | 798        |
| 23.4      | 参考文献                 | 799        |
|           | <b>索引</b>            | <b>800</b> |



# 0 水

## 0.1 前言

水是很多食品的最主要成分(见表 0-1),它是许多化学反应的介质,又是水解反应的反应物。因此,去除食品中的水分,或通过增加盐、糖的浓度限制水的移动性,可有效延缓食品体系中许多反应的发生、抑制微生物的生长,从而延长食品的货架期。水与蛋白质、多糖、脂质和盐的物理作用,对食品质构产生重大影响。

表 0-1 部分食品的水分含量

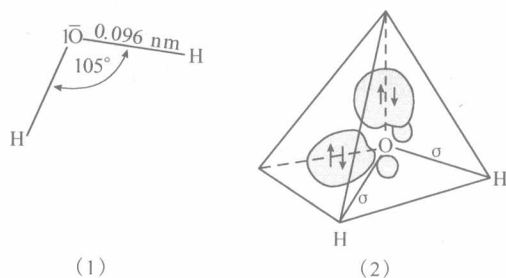
| 食品 | 水分含量/% | 食品      | 水分含量/% |
|----|--------|---------|--------|
| 肉  | 65~75  | 黄油,人造奶油 | 16~18  |
| 牛奶 | 87     | 谷物面粉    | 12~14  |
| 果蔬 | 70~90  | 焙炒咖啡豆   | 5      |
| 面包 | 35     | 奶粉      | 4      |
| 蜂蜜 | 20     | 食用油     | 0      |

如果能够弄清水在食品体系中的结构和状态,就能更好地理解水在其中所起的作用。单一食品组分(参见 1.4.3.3,3.5.2 节和 4.4.3 节)以及肉(参见 12.5 节)与水的特殊结合性质将在相关章节里讨论。

## 0.2 结 构

### 0.2.1 水分子

在一个水分子中氧原子的 6 个价电子参与杂化,形成 4 个  $sp^3$  杂化轨道,这些杂化轨道延伸至略有变形的虚拟四面体的角(见图 0-1)。两个杂化轨道形成 O—H 共价键,H—O—H 的键角为  $105^\circ$ ,而另外的两个轨道是孤对电子(n-电子)。由于氧原子具有很高的电负性,因而 O—H 共价键有部分(40%)的离子特性。



1. 水分子几何结构;2. 水分子轨道模型。

图 0-1 水

每个水分子同另外 4 个水分子通过氢键缔合。氧的两对未共用电子对(孤对电子或者  $sp^3$  杂化轨道)作为氢键受体部位,H—O 键轨道作为氢键供体部位(见图 0-2)。这种氢键的离解能大约为  $25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

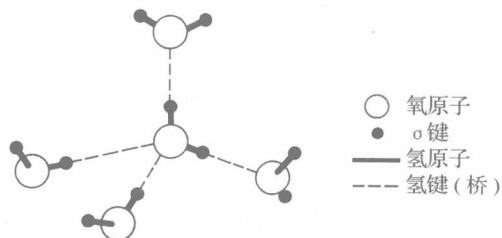


图 0-2 水分子的四面缔合

因水分子中同时存在两个氢键供体和两个氢键受体,故能够在三维空间形成氢桥网络结构。这种结构解释了水不同于其他小分子物质的特殊物理性质。例如,乙醇及诸如 HF、 $\text{NH}_3$  等带有等电偶极子(与水分子类似)的化合物,仅能形成直线型或者二维的缔合结构。

上述 H—O 键的极化作用可通过氢键转移,影响到几个键长范围。因此,某种复合物中水分子数量越多(多分子偶极),意味着更多的分子被缔合,则该复合物的偶极矩就越高,并且肯定比一个水分子的偶极矩大得多。因而,水的介电常数很高,会超过基于单分子偶极矩计算所得的数值。质子传输会沿着氢键发生,事实上,质子会从一个水分子