

美国现代食品科技系列 17

食品化学

(第三版)

[美] Owen R. Fennema 著

王 璋 许时婴 江 波 杨瑞金 钟 芳 麻建国 译

FOOD CHEMISTRY

H₂O



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

美国现代食品科技系列 17

食 品 化 学

(第三版)

〔美〕 Owen R. Fennema 著

王 璋 许时婴 江 波 杨瑞金 钟 芳 麻建国 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品化学: 第三版/(美)菲尼马著;王璋等译.

北京: 中国轻工业出版社, 2003. 4

(美国现代食品科技系列 17)

ISBN 7-5019-3839-3

I. 食… II. ①菲… ②王… III. 食品化学
IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 093937 号

Food chemistry (Third edition)

Owen R. Fennema

Copyright© 1996 by Marcel Dekker, Inc. All Rights Reserved

270 Madison Avenue, New York, New York 10016

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云
版式设计: 丁 夕 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

发行电话: 010—65121390

印 刷: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 55.75

字 数: 1338 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3839-3/TS·2283

定 价: 98.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2000-0246

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

中国轻工业出版社读者服务部电话: 010—65241695 传真: 010—85111730

译 者 的 话

原无锡轻工业学院食品科学与工程系食品科学教研室曾翻译了由 Owen R. Fennema 主编的世界经典专著《食品化学》(第二版)(1985 年出版),该译本由中国轻工业出版社于 1991 年出版发行后,在国内引起了巨大的反响。很多高等学校的食品学科和相关学科都将它作为教材和教学参考书。从事食品加工和保藏的工程技术人员也将它作为一本能加强基础理论和拓宽专业知识的重要著作。在此期间编写国内的一些食品化学或相关的教材或专著都大量地引用了这个译本中的内容。限于该译本的发行量有限,不能满足广大读者的需求。

第一版和第二版的主编,世界著名的食品科学家 Owen R. Fennema 主编了《食品化学》(第三版),并在第二版出版 11 年后又问世了。Owen R. Fennema 在《食品化学》(第三版)的前言中评价新版时指出:在新版中,蛋白质、分散体系、酶、维生素、矿物质、动物组织、毒物和色素是由新的作者重新撰写,而其余的章节都由第二版的原作者重新改写。因此,与第二版相比较,第三版中超过 60% 的内容是新的。Owen R. Fennema 确信《食品化学》(第三版)是一部具有一流质量的食物化学著作。

《食品化学》(第三版)共有 17 章,它们是食品化学引言,水和冰,分散体系,基础概论,碳水化合物,脂类,氨基酸,肽和蛋白质,酶,维生素,矿物质,着色剂,风味,食品添加剂,有毒物质,牛乳的特性,可食性肌肉组织的特性,可食性植物组织的特性,食品化学综合方法。

江南大学(原无锡轻工大学)食品学院食品科学教研室认为将《食品化学》(第三版)(1996 年出版)译成中文介绍给我国各个方面的读者是非常必要的,广大读者一定能从这本世界著名的食品化学教材中了解在食品化学和相关领域中的最新发展和研究成果。本书可以作为高等院校的食品学科和相关学科的本科生、研究生和教师的教科书或参考书,对于在上述领域中工作的科技人员也极具参考价值。

参加本书翻译工作的人员为江南大学食品学院食品科学教研室,其分工如下:王璋(第 1 章、第 2 章、第 6 章、第 7 章、第 12 章)、许时婴(第 4 章、第 5 章、第 14 章)、江波(第 8 章、第 10 章、第 13 章)、杨瑞金(第 9 章、第 11 章、第 17 章)和钟芳(第 15 章、第 16 章)、麻建国(第 3 章)。全书由王璋负责总校阅。

限于译者水平,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

食品化学(第三版)中译本特序

显示一本书的价值最令人信服的标志是它被翻译成其它国家的语言。食品化学已被翻译成几种语言,最近的一次是被翻译成中文。由于世界人口中讲中文的比例是如此之大,且中国又是如此重要,因此食品化学中文版的出版是食品领域中的一个重要事件,并且对我本人来说也是一个非常特殊的荣誉。对于王璋教授(翻译小组负责人)、许时婴教授、江波教授、杨瑞金副教授、钟芳副教授和麻建国教授在完成此书翻译工作中所表现出的献身精神和翻译技能,我向他们表示诚挚的谢意。

对使用《食品化学》(第三版)中译本的中国学生和科学家,我希望此书能促进你们所接受的教育、加速你们专业能力的提高,并证明在你们努力为中国人民提供安全、营养、美味、稳定、方便和经济的食品时此书是有价值的。此外,我希望这个中译本以及涉及翻译工作的各项努力会产生深远的影响。如果食品化学的中译本能在西方和东方日益增长的交流、更广泛的合作以及发展新的友谊等方面起到一种强烈的催化作用,从而使具有不同文化背景的著名专家相互了解和正确评价,那么我是非常乐意的。



前言(第一版)

多年来急需一本能适合于食品科学学生的食品化学教科书,而这些学生已经学过有机化学和生物化学。本书的构思主要是为了满足上述需要;其次,也为从事食品研究、食品产品开发、质量管理、食品加工以及从事与食品工业有关的其他工作的人们提供一本参考书。

曾经仔细地考虑过挑选多少作者参加本书的编写,并且作出了这样的决定:大部分的章节由不同的作者编写。虽然让许多作者共同写一本书可能会产生一些问题——各章所包括的范围出现不平衡,不同的哲学观点,不可避免地重复以及因疏忽而造成重要材料的遗漏,但是我们认为还是有必要将食品化学的许多方面包括进去,并且对主要的读者应达到足够的深度。由于我们清楚地认识到上述隐藏的危险,因此,在编写本书过程中已设法将这些危险降低到最低的程度。考虑到这是第一版,我认为它确实是十分满意的,除了篇幅或许稍大以外。如果读者赞同我的评价,我将感到十分高兴,但是不会感到惊奇,这是因为由如此著名的学者编写的一本书几乎不可能失败,除非主编者不善于组织这些有才能的人一起工作。

本书的编排形式十分简明,我希望这样做是恰当的。食品的主要成分、食品的次要成分、食品分散体系、可食用的动物组织、可食用的动物来源的流体、可食用的植物组织和食品成分的相互作用按次序编排;作者的意图是从简单的体系逐步进展到较复杂的体系。当然,作者并没有企图将食品化学的所有方面都编入本书。然而,我们希望那些最重要的题目已在书中作了足够深入的论述。为了达到这个目标,本书的重点放在能适用于各种食品的主要的基本原理上。

本书中采用了大量的图和表格,作者深信这将有助于读者理解所提供的材料。为了使读者易于获取额外的资料,书中引用了大量的参考文献。

我衷心地希望所有的读者能指出那些我没有注意到的错误,并提出改进的建议,在编写本书新的版本时将充分考虑这些建议。

由于非本专业的读者对本书所作出的反应令人满意,因此,我最大的期望是读者能发现本书是具有启发作用的,并且它能达到编者预期的目标。

Owen R. Fennema

前言(第二版)

自从很受欢迎的本书第一版问世以来,相当长的时间又过去了,因此,适时地向读者提供一个新版本似乎是有必要的。新版的宗旨仍然是向具有良好的有机化学和生物化学背景的高年级本科生或低年级研究生提供一本教科书;对食品化学有兴趣的研究人员也能从本书获取有益的见解。本书最适用于两个半学年的食品化学课程,如果选读部分章节,那么也适用于半学年的课程。应该指出有几章的内容具有足够的广度和深度,它们是作为研究生专业课程重要的原始资料是有价值的。

第二版的编排方式和第一版相同,但是在其他方面却有着重大的变动。碳水化合物、脂类、蛋白质、风味和乳这几章以及作为总结的最后一章是由新的作者撰稿,因此,它们的内容是全新的。第二版删去了食品分散体系这一章,而有关的内容分散在各个章节的适当部位。对于其余各章都没有例外地作了重大的修改,索引部分也有很大的扩展,它增加了化学物质索引这一部分。与第一版相比,新版更侧重于食品化学所特有的那些内容,也就是说与标准生物化学课程所包括的内容较少地重复。因此,新版是经过重大的更新和提高的。我感谢各位作者对本书所做出的卓越的贡献,我也感谢他们对主编有时近乎苛刻的要求所表现出来的容忍态度。

按照我的意见,本书的内容包括了食品化学的各个领域,并且各个部分具有相同的深度和透彻性,这是高水平的、导论性的有机化学和生物化学教材所具有的特征。我深信,这是一个重大的进展,它反映了食品化学领域的发展已达到了人们所期望的成熟程度。

Owen R. Fennema

前言(第三版)

自《食品化学》(第二版)出版至今,时间已过去 11 年,显然有必要出版一个新的版本。新版的目的是和前几版相同,首先它可以作为高年级本科生和低年级研究生的教科书使用,这些学生必须具备良好的有机化学和生物化学基础;其次,它也可以作为一本参考书使用。在新版中没有特意编入食品分析的内容,然而当在逻辑上能与所讨论的题目相配合时,也涉及食品分析的信息。作为本科生的教科书,它是依据两学期食品化学课程安排内容的,编者建议授课教师可选择性地指定学生阅读确实需要掌握的材料。在食品化学范围内还有一些具有研究生水平的专门课程,本书的各个章节可以作为这些课程的基础。

第三版在一些重要的方面不同于第二版。由首次参与编写的作者所编写的那些章在内容上完全是新的,这些章包括蛋白质、分散体系、酶、维生素、矿物质、动物组织、毒物和色素。其余章由第二版的作者作了彻底的改写。例如,在水和冰这一章中主要增加了分子流动性和玻璃化转变现象这方面的内容。因此,此版书有 60% 以上的内容是新的,它的图表也得到了很大的改进,并且能更好地聚焦在食品化学领域中最重要内容。

在新版中增加了分散体系和矿物质这两章。在第二版中,将有关分散体系的内容分插在脂类、蛋白质和碳水化合物等章中,而矿物质包含在维生素和矿物质这一章中。虽然在第二版中作这样的处理在编排上是有合理的一面,但是这也造成分散体系和矿物质在内容上的肤浅和粗略。在新版中这些论题有了专门的章节,使相关的内容具有足够的深度,并与本书的其余部分保持一致。由一位新的作者单独撰写的维生素这一章与这些变化相关。我确信,这一章能完整、深入和集中地论述食品化学领域中的维生素这个专题。

新版的所有作者工作非常努力,并且能容忍我在编辑上有时过分严厉的要求,为此我深表感激。他们编写了一本具有第一流质量的书。在出版了前面两版和 20 年之后,我能满意地说:所有主要的论题都能以合适的宽度和深度包括在新版中,并且新版能聚焦在与食品有关的反应上。这样的聚焦能成功地将食品化学与生物化学区分开来;在同样意义上,生物化学也区别于有机化学,当然前者仍然依赖后者。

虽然我曾非常仔细地策划和编辑,但是次要的错误是难免的,尤其是在第一次印刷的书中。如果读者发现这些错误,非常希望他们能告诉我,这将有助于改正这些错误。

Owen R. Fennema

目 录

1 食品化学引言	(1)
1.1 什么是食品	(1)
1.2 食品化学的历史	(1)
1.3 食品化学的研究方法	(5)
1.4 食品化学家的社会作用	(10)
2 水和冰	(14)
序言 水——易使人误解的生命和死亡的物质	(14)
2.1 引言	(14)
2.2 水和冰的物理性质	(15)
2.3 水分子	(16)
2.4 水分子的缔合	(17)
2.5 冰的结构	(18)
2.6 水的结构	(21)
2.7 水-溶质相互作用	(22)
2.8 水分活度和相对蒸汽压	(30)
2.9 水分吸着等温线	(36)
2.10 相对蒸汽压和食品稳定性	(40)
2.11 分子流动性和食品稳定性	(43)
2.12 结合方法处理食品稳定性	(67)
2.13 关于水的总结性论述	(68)
术语: 分子流动性和食品稳定性	(68)
3 分散体系: 基础概论	(79)
3.1 简介	(79)
3.2 表面现象	(84)
3.3 胶体相互作用	(94)
3.4 液态分散体系	(100)
3.5 凝胶	(103)
3.6 乳状液	(114)
3.7 泡沫体系	(124)
4 碳水化合物	(137)
4.1 单糖	(137)
4.2 低聚糖	(150)
4.3 多糖	(152)

4.4	淀粉	(161)
4.5	纤维素：改性与衍生	(172)
4.6	瓜尔胶与刺槐豆胶	(174)
4.7	黄原胶	(175)
4.8	卡拉胶	(176)
4.9	海藻胶	(179)
4.10	果胶	(180)
4.11	阿拉伯胶	(181)
4.12	膳食纤维和碳水化合物消化率	(182)
5	脂类	(188)
5.1	引言	(188)
5.2	命名	(188)
5.3	分类	(193)
5.4	物理性质	(195)
5.5	化学性质	(210)
5.6	油脂加工的化学	(248)
5.7	食品脂类在风味中的作用	(254)
5.8	脂类的生理作用	(256)
6	氨基酸、肽和蛋白质	(267)
6.1	引言	(267)
6.2	氨基酸的物理化学性质	(268)
6.3	蛋白质结构	(278)
6.4	蛋白质变性	(293)
6.5	蛋白质的功能性	(302)
6.6	蛋白质的营养价值	(328)
6.7	在食品加工中蛋白质的物理、化学和营养变化	(333)
6.8	蛋白质的化学和酶法改性	(346)
7	酶	(359)
7.1	引言	(359)
7.2	酶的命名	(363)
7.3	生物体中的酶	(367)
7.4	酶催化反应的速度	(371)
7.5	影响酶反应的因素	(376)
7.6	酶的辅助因子	(392)
7.7	酶的失活和控制	(396)
7.8	食品的酶法改性	(407)
7.9	食品加工中的固定化酶	(418)
7.10	溶剂-分配酶系	(421)
7.11	废料处理中的酶	(423)

7.12 食品分析中的酶·····	(425)
7.13 重组 DNA 技术和基因工程·····	(429)
7.14 酶和健康/营养/食品问题·····	(433)
8 维生素·····	(442)
8.1 引言·····	(442)
8.2 食品中营养素的添加·····	(444)
8.3 膳食推荐量·····	(446)
8.4 分析方法及数据来源·····	(448)
8.5 维生素的生物利用率·····	(449)
8.6 食品中维生素变化/损失的常见原因·····	(449)
8.7 脂溶性维生素·····	(454)
8.8 水溶性维生素·····	(466)
8.9 必需维生素类似物·····	(506)
8.10 维生素保留的优化控制·····	(507)
8.11 小结·····	(508)
9 矿物质·····	(517)
9.1 引言·····	(517)
9.2 矿物质化学的基本原理·····	(517)
9.3 矿物质的营养作用·····	(523)
9.4 食品的矿物质成分·····	(529)
9.5 食品中矿物质的化学与功能性质·····	(535)
9.6 总结·····	(540)
10 着色剂·····	(544)
10.1 引言·····	(544)
10.2 动物和植物组织中的色素·····	(545)
10.3 食品着色剂·····	(586)
11 风味·····	(603)
11.1 引言·····	(603)
11.2 味以及与味有关的非味感觉·····	(605)
11.3 蔬菜、水果和香料的风味·····	(614)
11.4 乳酸—乙醇发酵产生的风味·····	(624)
11.5 由油脂产生的风味挥发物·····	(625)
11.6 肌肉类食品的挥发性风味物质·····	(626)
11.7 由加工或反应产生的挥发性风味·····	(629)
11.8 风味化学与工艺的发展方向·····	(633)
12 食品添加剂·····	(639)
12.1 引言·····	(639)
12.2 酸类·····	(639)
12.3 碱类·····	(644)

12.4	缓冲系统和盐类·····	(645)
12.5	螯合剂·····	(647)
12.6	抗氧化剂·····	(649)
12.7	抗微生物剂·····	(650)
12.8	无营养甜味剂和低热量甜味剂·····	(659)
12.9	多羟基醇调质剂和低热甜味剂·····	(664)
12.10	稳定剂和增稠剂·····	(667)
12.11	脂肪代用品·····	(667)
12.12	咀嚼物质·····	(670)
12.13	组织硬化剂·····	(671)
12.14	外观控制—澄清剂·····	(671)
12.15	面粉漂白剂和面包改良剂·····	(673)
12.16	抗结剂·····	(674)
12.17	气体和气体推进剂·····	(675)
12.18	示踪剂·····	(676)
12.19	小结·····	(676)
13	有毒物质·····	(689)
13.1	引言·····	(689)
13.2	食品毒理学与法规·····	(690)
13.3	食品毒理学中的术语·····	(691)
13.4	安全性评估：传统方法·····	(691)
13.5	安全性评估：新方法·····	(692)
13.6	比较毒理学与内源有毒物质·····	(693)
13.7	污染物·····	(697)
13.8	食品毒理学与公共卫生：建立优选权·····	(700)
14	牛乳的特性·····	(703)
14.1	引言·····	(703)
14.2	牛乳生物合成·····	(704)
14.3	化学组成·····	(705)
14.4	牛乳组分的结构·····	(713)
14.5	用作食品配料的牛乳组分·····	(720)
14.6	牛乳的营养价值·····	(726)
15	可食性肌肉组织的特征·····	(734)
15.1	引言·····	(734)
15.2	各种动物肌肉之间的异同·····	(735)
15.3	营养价值·····	(735)
15.4	肌肉的结构和组成·····	(738)
15.5	宰后肌肉的生物化学变化·····	(757)
15.6	宰后自然或诱发的生化变化对肉质量的影响·····	(764)

15.7	肉类稳定的化学问题·····	(773)
15.8	加工肉的化学·····	(779)
16	可食性植物组织的特征·····	(790)
16.1	引言·····	(790)
16.2	化学组成·····	(792)
16.3	生物结构·····	(809)
16.4	生理学和新陈代谢·····	(815)
16.5	控制机制·····	(830)
16.6	加工和储藏·····	(834)
16.7	加工过程对果蔬的影响·····	(840)
16.8	结论·····	(842)
17	食品化学的综合方法·····	(849)
17.1	引言·····	(849)
17.2	加工和贮存期间的化学变化·····	(849)
17.3	应用动力学模型预测货架寿命·····	(852)
17.4	货架寿命研究的实例·····	(863)
17.5	配送、销售的影响：时间－温度指示器·····	(870)

1 食品化学引言

Owen R. Fennema

(威斯康星州麦迪逊威斯康星-麦迪逊大学)

Steven R. Tannenbaum

(马萨诸塞州剑桥马萨诸塞理工学院)

1.1 什么是食品

全世界都关注食品,然而所关注的方面随地区而异。在世界的欠发达地区,人群的主体参与食品生产,而且使人们的基本营养成分的数量和种类达到足够的水平仍然是一个有待解决的问题。在世界的发达地区,食品的生产是高度机械化的,仅人群的一小部分从事食品生产。那些地区能提供丰富的食品,其中多数是加工食品,而且化学添加剂的使用是普遍的。在这些幸运的地区,对食品的关注主要是成本、质量、品种、方便以及加工和使用化学物质对卫生和营养价值的影响。所有这些关注都落在食品科学领域——这是一门论述食品的物理、化学和生物性质的科学,而这些性质关系到食品的稳定性和成本、质量、加工、安全、营养价值、卫生和方便。

食品科学是一门交叉学科,它主要论述微生物学、化学、生物学和工程。食品化学是食品科学的一个主要方面,它论述食品的成分和性质以及食品在处理、加工和贮藏中经受的化学变化。食品化学与化学、生物化学、物理化学、植物学、动物学和分子生物学密切相关。食品化学家主要依靠上述科学的知识以有效地研究和控制作为人类食品来源的生物物质。有关生物物质固有性质和处理这些物质的方法的控制知识是食品化学家和生物学家共同的兴趣。生物科学家的主要兴趣包括生物物质的繁殖、生长和它们在环境条件下的变化,这些条件与生命相容或勉强相容。与此相对照,食品化学家主要关心已经死去或正在死去(植物的采后生理学和肌肉的宰后生理学)的生物物质和它们在很广泛范围的环境条件下经受的变化。例如,食品化学家关注在销售新鲜水果和蔬菜期间能维持残余生命的合适条件,当企图长期保藏食品时,主要关注的是与生命过程不相容的条件。此外,食品化学家关注破碎食品组织(面粉、水果和蔬菜汁、分离和改性组分以及制造食品)、单细胞食品(蛋和微生物)和一种主要的生物流体乳的化学性质。总之,食品化学家除了与生物科学家具有很多共同的兴趣外,他们还有着一些显著不同的并且对人类更重要的兴趣。

1.2 食品化学的历史

食品化学的起源是不清楚的,并且有关它历史的详情还没有被认真地研究和纪录。这是不足为奇的,因为直到 20 世纪食品化学还没有取得一个明确的身份,而且它的历史深深地与农业化学卷在一起,为此可以认为有关食品化学的文件是不完整的^[5,14]。于是,下面

有关食品化学历史的讨论是不完全的和有选择的。然而,已有的信息足以指明自 1800 年以来何时、何地 and 为什么食品化学中关键性事件发生,以及将这些事件中的某些与食品供应的卫生安全方面的变化联系起来。

虽然在某种意义上食品化学的起源可以追溯到中世纪前,但是正如我们现在所判断的最重要的发现起自于 18 世纪后期。在此期间,有关食品化学发展的最好描述是由 Filby^[12] 和 Browne^[5] 完成的,他们所提供的资料已成为本节中许多信息的基础。

在 1780—1850 年期间,许多著名的化学家作出了重要的发现,其中许多直接或间接地关系到食品化学。Scheele, Lavoisier, de Sanssure, Gay - Lussac, Thenard, Davy, Berzelius, Thomson, Beaumont 和 Liebig 的工作包含着现代食品化学的起源。一些人可能会有疑问:这些科学家的最著名的发现与食品化学有什么关系,是否应该承认他们在现代食品化学起源中的重要地位。虽然普遍认为将早期的科学家分为化学家、微生物学家或食品化学家是困难的,但是确定某一个科学家在某一科学领域作出实质性贡献是较容易的。

瑞典药物学家 Carl Wilhelm Scheele (1742—1786) 是整个时代的伟大的化学家之一。他除了发现氯、甘油和氧(比 Priestly 早 3 年,但没有发表)较著名外,还分离和研究了乳糖的性质(1780 年),通过乳酸的氧化制备黏酸(1780 年),发明一种用加热保藏醋的方法(1782 年,领先于 Appert 的发现),从柠檬汁(1784 年)和醋栗(1785 年)分离柠檬酸,从苹果分离苹果酸(1785 年)以及在 20 种普通水果中检测柠檬酸、苹果酸和酒石酸(1785 年)。他从植物和动物物质分离各种新化学物质被认为是农业和食品化学中精确分析研究的开端。

法国化学家 Antoine Laurent Lavoisier (1743—1794) 在最终摒弃燃素理论和形成现代化学原理中起着作用。在食品化学方面,他建立了燃烧有机分析的基本原理,他首先用一个平衡反应式表示发酵过程,他首次企图测定乙醇的元素成分(1784 年),在首批研究各种水果和有机酸的论文中他也提供了一篇(1786 年)。

法国化学家 Nicolas Theodore de Sanssure (1767—1845) 做了许多工作,将 Lavoisier 提出的农业和食品化学原理定形和澄清。他也研究了植物呼吸期间 CO_2 和 O_2 的变化(1804 年),通过灰化方法研究植物的矿物质含量和完成了首次精确的乙醇的元素分析(1807 年)。

Joseph Louis Gay - Lussac (1778—1850) 和 Louis - Jacques Thenard (1777—1857) 在 1811 年发明了测定干蔬菜物质中碳、氢和氮百分含量的第一个方法。

美国化学家 Sir Humphrey Davy (1778—1829) 在 1807 年和 1808 年分离了元素 K、Na、Ba、Sr、Ca 和 Mg。他对农业和食品化学的贡献主要来自他的农业化学著作,其中的第一部(1813 年)是农业化学原理,这是为农业局开设的一门课程^[8]。他的著作使当时已有的知识更有条理和更加清晰。在第一版中他是这样叙述的:植物的所有不同部分可被分解成少数元素,他们被用作食品或用于艺术取决于这些元素的组合排列,这些元素或者产自于植物的构成部分或者产自于植物所含的汁液中;研究这些物质的性质是农业化学的一个基本部分。

他在第五版中指出,植物通常仅由 7 种或 8 种元素组成,而最基本的植物物质由氢、碳和氧按不同比例组成,它们一般单独存在,然而在某些情况下与氮相结合^[9](P121)。

瑞典化学家 Jons Jacob Berzelius (1779—1848) 和苏格兰化学家 Thmoas Thomson (1773—1852) 的工作导致有机化学式的开端,没有有机化学式有机分析或许是一个荒无人迹的沙漠,而食品分析或许是一项无边无际的任务^[12]。Berzelius 测定了约 2000 种化合物的元素组成,从而证实了定比定律。他也发明了一种精确地测定有机物水含量的方法,而

Gay-Lussac 和 Thenard 方法存在着缺陷。然而, Thomson 证实确定无机物质组成的定律也同样适用于有机物, 这一点非常重要。

在《有机分析及其应用的概论》^[6]中, 法国化学家 Michel Eugene Chevreul (1786—1889) 列出了当时已知存在于有机物质中的元素(O、Cl、I、N、S、P、C、Si、H、Al、Mg、Ca、Na、K、Mn、Fe), 并引用了可用于有机分析的方法: ①采用中性溶剂提取, 如水、乙醇或含水乙醚; ②缓慢蒸馏或分馏; ③蒸汽蒸馏; ④将此物质通过 1 根加热至白炽的管子; ⑤用氧分析。Chevreul 是有机物质分析的先驱者, 他在动物脂肪方面的经典研究导致硬脂酸和油酸的发现和命名。

驻扎在 Fort Mackinac, Mich 的美国军队中的外科医生 William Beaumont (1785—1853) 执行了经典的胃消化实验, 该实验否定了 Hippocrates 时代的概念, 即食品只含有一种营养成分。在 1825—1833 年, 他在一位加拿大人 Alexis St. Martin 身上执行他的实验, 这位加拿大人因受枪伤而形成了一个能直接进入胃内部的通路, 因此可将食物引入胃和检查随后的消化变化^[4]。

Justus von Liebig (1803—1873) 取得许多值得注意的成果, 他在 1837 年证实在醋发酵过程中, 乙醛是乙醇和乙酸之间的中间物。1842 年他将食品分类为含氮的(植物血纤维蛋白、清蛋白、酪蛋白以及动物肉和血)和不含氮的(脂肪、碳水化合物和含酒精饮料)。虽然他的分类在某些方面是不正确的, 但是可以识别各种食品间的重要差别。他也优化了定量分析有机物质的方法, 尤其是采用燃烧的方法, 他在 1847 年出版了《食品化学研究》, 这显然是第一本食品化学方面的著作^[18]。该书包括了他在肌肉水溶性组分(肌酸、肌酸酐、肌氨酸、次黄嘌呤核苷酸和乳酸等)方面的研究工作。

有趣的是刚才评述的进展与严重而普遍的食品掺假的起源相平行, 可以毫不夸张地说, 对检测食品中杂质的需求是发展分析化学(特别是分析食品化学)的一个主要推动力。不幸, 化学的进展也确实或多或少地贡献于食品的掺假, 这是因为不讲道德的食品供应商能得益于现成的化学文献, 其中包括掺假食品的配方, 他们能用那些基于科学原理的更有效的方法取代那些陈旧而低效的经验方法搞食品掺假。于是, 食品化学的历史通过几条因果关系的线索与食品掺假的历史紧密地交织在一起, 因此, 从一个历史的观点来考虑食品的掺假是适宜的^[12]。

在当前世界上, 发达国家中食品掺假的历史可被分为三个不同的阶段。从古代至 1820 年左右, 食品掺假不是一个严重问题, 也没有什么必要采用检测的方法。对这种情况最清楚的解释如下: 当时食品是从小商店或个人获得, 交易涉及大量私人间的往来。第二阶段开始于 19 世纪早期, 当时有意的食品掺假在出现的频率和严重性两方面都显著地增加。可以将此种发展主要归之于在食品的加工和销售日益集中的同时私人间的交往相应减少, 也部分地归结于前面已提及的现代化学的发展。直至 1920 年左右, 有意的食品掺假仍然是一个严重的问题, 然后第二阶段结束而第三阶段开始。此时, 法规的压力和有效的检测方法将有意的食品掺假出现的频率和严重性减少至可以接受的水平, 并且此种情况逐渐改进, 始终没有停止。

一些人或许会主张食品掺假的第四阶段开始于 1950 年左右, 当时含有合法化学添加剂的食品逐渐占优势, 在大多数工业化国家中, 高度加工的食品增加到占人们膳食的一个主要部分, 食品被不期望的工业化副产品(如汞、铅和农药)污染已被公众和法规关注。有关此论

点的正确性被热烈地争论,而分歧依然存在。然而,在随后几年的行动进程似乎是清晰的。公众对食品供应的安全与营养充分的关注已导致食品生产、处理和加工方式中出现了一些自愿和不自愿的变化。由于我们愈来愈多地了解如何合适地处理食品和对不期望的组分的最高容许摄入量的估计变得更为精确,因此,更多的此类行动是不可避免的。

19世纪80年代的早期是公众对食品供应的质量和安​​全特别关注的时期。此类关注,或者更恰当地应该是愤慨,是由美国 Frederick Accum 出版的一篇食品掺假论文^[1]和一篇题为锅中的死亡的匿名文章^[3]所激起的。Accum 声称:“确实难以在一个掺假的国家中找到一种不掺假的食物,有些物质很少是以诚实的方式制造出来的”(p14)。他进一步指出:“可悲的是,化学被广泛地应用于生活的目的使它走入邪路,成为极坏的交易[掺假]的助手”(p20)。

虽然 Filby^[12]断言 Accum 的谴责有些过分,但是 Accum 和 Filby 所引用的下述常见的掺假物清楚地证实了在 19 世纪早期风行的食物的有意掺假的严重性:

胭脂树籽红: 掺假物包括姜黄、燕麦、黑麦、小麦面粉、硫酸钙和碳酸钙、盐和铁红(氧化铁,它有时被红铅和铜掺假)。

黑胡椒: 此重要产品常被砂砾、叶子、果梗、茎、胡椒末、亚麻子肉和胡椒以外的其他植物粉末掺假。

尖辣椒: 常加入银珠(α -硫化汞)、赭石(金属氧化物和黏土的天然土混合物)和姜黄以克服因暴露在阳光下而产生的退色现象。

精油: 用松节油、其他油和醇掺假。

醋: 用硫酸掺假。

柠檬汁: 用硫酸和其他酸掺假。

咖啡: 用焙烤谷物、偶尔用焙烤胡萝卜或烤焦刀豆和豌豆掺假;也用焙烤马肝掺假。

茶叶: 用下脚料、重复干燥茶叶和许多其他植物的叶子掺假。

牛乳: 水是主要的掺假物;也常加入白垩、淀粉、姜黄(颜色)、胶和苏打。偶尔也用明胶、糊精、葡萄糖、防腐剂(硼砂、硼酸、水杨酸、水杨酸钠、硝酸钾、氯化钠和苯甲酸盐)以及着色剂如胭脂树籽红、藏红花、焦糖色素和一些磺酸染料掺假。

啤酒: 在沸水中煮有毒的浆果 *Cocculus indicus* 并浓缩此液体获得“黑色提取物”,后者是一种普通的添加剂。此提取物能影响啤酒的风味、麻醉性质、额外的令人陶醉的质量和毒性。

葡萄酒: 采用的着色剂有明矾、接骨木浆果壳、巴西木、焦糖及其他。采用的风味剂有苦杏仁、葡萄干籽染料、甜欧石南、菖蒲根和其他。采用的熟化剂有酒石酸氢钾、庚醚和铅盐。采用的防腐剂有水杨酸、苯甲酸、氟硼酸和铅盐。采用的抗酸剂有石灰、白垩、石膏和铅盐。

糖: 采用砂、粉剂、石灰果肉和着色物质掺假。

缓冲剂: 采用过量的盐和水、马铃薯粉和凝结物掺假。

巧克力: 采用淀粉、硬饼干粉、动物油脂、砖粉、铁红(氧化铁)和马铃薯粉掺假。

面包: 采用明矾和小麦以外的产品制得的粉掺假。

糖果产品: 采用含铅和砷的着色剂掺假。

在 19 世纪早期,食品掺假的严重性已被公众所认识,纠正的力度也逐渐增加。新的法