

# 食品添加剂化学

陈启荣 著

杭州市食品工业协会  
杭州市食品研究所

# 食品添加剂化学



杭州市食品工业协会  
杭州市食品研究所

## 内 容 提 要

本书共分十章，分门别类系统介绍食品添加剂的性质、用途及制造方面的化学原理，并收入国内外最新的有关应用及理论方面文献资料。可供从事食品、医药、农林、公安等科研和生产单位科技人员，高等院校有关系科师生以及管理、贸易方面人员阅读和参考。

---

食 品 添 加 剂 化 学

陈启荣 著

---

杭州市食品工业协会 联合出版  
杭州市食品研究所

(杭州市马市街方谷园4号，邮政编码310006)

北京绅士 (Suns) 学校电脑排印

787×1092 毫米 1/32 印张：7 字数：250 千字

1990年5月第一版第一次印刷

印数：1—2,500 定价：3.50 元

# 序

食物乃生命活动之本，人类从远古蒙昧的原始社会进展到现在高度发达的文明社会，其食物结构也经历了很大的变化。最初只是从自然环境中捕获或采集动植物以为食物，之后则进一步遵从自然界规律主动地种植或饲养动植物，以达到持续不断地获得食物的目的；而直到近代，则更致力于开发新食物源，终至达到能成功地以基因工程改变动植物品种，培育人们所需要的新品种的新阶段。不论食物的来源如何，为了人们能吃到卫生状况良好，色、香、味、质地俱佳，营养素齐全的食物，在食物的加工、贮存、运输过程中增添种种物质（人工合成的或天然存在的）以达到上述目的就成为食品科学、工业的重要内容。

自古代就用于防腐增味的盐、糖，以及各种改进食物色、香、味、营养素的添加剂等等开始，之后经过不断地开发，至今已发展为十多种食品添加剂，可达上百上千种。它们性质不同，功能各异，使用范围、剂量各不相同。在国际上，联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）对食品添加剂设有标准委员会。各发达国家不仅有国家规定的管理办法，卫生标准，而且有关这方面的书籍、专著较多，在一般食品科技工作者中这方面的知识也较为普及。在我国自六十年代起对食品添加剂陆续发布了通知、文件，公布了管理办法与国家标准，但有关食品添加剂的书刊还为数不多。本书就是作者在这种基本情况下，编写出版以应社会需要的。

食品添加剂的种类繁多，化学结构各异，或不同物质功能相同或同一物质多种功能。显然添加剂的功能与它们的化学结构有密切关系。本书分类介绍各种添加剂，不仅详细记述它们的来源、制法、性能、应用方法及质量标准、检验方法、毒理学资料等，并着重阐述各类添加剂的化学结构与生理生化效应之间的关系，以及添加剂与食物改性变化的关系等。这样，以化学为主线，以生理生化知识为辅，理论与陈述并重，不仅使人容易理解添加剂的作用机理，而且避免了简

单地罗列、平铺直述的方式，这是本书的一个特点、也是一个优点。此外，本书引用了较多的国内外近期文献，更显示了本书的实用和参考价值。

我们相信，本书的出版必将对我国食品添加剂的研究、开发与应用起到积极的推进作用。

杭州商学院食品系

曾士远  
那澍霖

1989年12月

# 前 言

我国食品工业突飞猛进发展，在当今形势下，食品添加剂如没有相应迅速开发利用，必然使食品工业产品落后于形势，不为人们所喜爱，同时产品也无法走向世界，与国际产品争比高低。科学技术发展迅速，新的优良的食品添加剂也日新月异。我国在这一方面专门书籍太少。食品添加剂，它的基础是化学，必须运用现代化学知识、化学技术去开发和利用，所以食品添加剂与化学联系至为重要。目前国内未见用化学贯穿于食品添加剂的专门书籍，有感形势迫切，作者不揣浅陋，收集国内外有关材料，编写《食品添加剂化学》一书。著者平生从事天然药物化学研究，兹本着我国传统“药食同源”，在现代科学中一定意义上仍然如此，食品与药物仍有许多相联系，如防腐剂、抗氧化剂、强化食品添加剂中的维生素等，它们和药物分清界限。此书献给食品工业界，希作为抛砖引玉，谬误之处盼广大读者批评指正。

本书承杭州商学院食品系曾士远教授和那树霖副教授全文审阅，提出许多宝贵的修改意见并代为序。杭州市食品工业协会蔡鸿飞会长大力支持本书出版，承担全部出版印刷事宜，在此著者深表谢忱。

陈启荣

1989年11月于西子湖畔

# 目 录

第一章 绪论.....	(1)
第二章 调味添加剂.....	(2)
第一节 味觉生理.....	(2)
第二节 酸味剂.....	(4)
酸的概念 (4)        酸味剂与味觉关系 (8)	
几种常用酸味剂 (9)	
1.柠檬酸 (9)    2.酒石酸 (9)	
3.乳酸 (10)    4.乙酸 (10)	
5.苹果酸 (11)    6.葡萄糖酸 (11)	
7.磷酸 (12)    8.抗坏血酸 (12)	
食品中酸味剂的检测方法 (14)	
第三节 甜味剂 .....	(16)
甜味物质与化学结构 (16)    糖的化学 (19)	
几种甜味剂 (25)	
1.天然甜味剂 (25)    蔗糖 葡萄糖 果糖 麦芽糖 乳糖 山梨醇 木糖醇 甘草酸 甜叶菊甙	
2.半合成甜味剂 (29)    木糖 转化糖和果葡糖 麦芽糖醇 1,4,6-三氯蔗糖 天门冬氨酸衍生物及其二肽类 二氢查耳酮甙类	
3.人工合成甜味剂 (33)    糖精 环己基氨基磷酸 食品中甜味剂的检测方法 (33)	
第四节 苦味剂 .....	(36)
第五节 咸味剂 .....	(39)
第六节 鲜味剂 .....	(40)
氨基酸的化学 (40)    核苷酸化学 (42)	
谷氨酸鲜味与化学关系 (46)	
常用核苷酸类鲜味剂 (50)	

1.肌苷酸 (50) 2.鸟苷酸 (51)

有机酸鲜味剂 (52)

食品中鲜味剂的检测方法 (53)

第三章 调色添加剂 ..... (54)

第一节 调色物质与光学基础 ..... (54)

第二节 天然色素 ..... (56)

黄色色素 (56) 1.核黄素 2.姜黄素 3.黄酮类色素

芦丁 栀子黄素 红花黄色素

橙黄色色素 (61)

1.复烯炔类 2.复烯醇类 3.复烯酮类

4.环氧复烯类 5.复烯酸类

(一) 胡萝卜素 (二) 玉米黄素 (三) 藏红花酯  
红色色素 (66)

甜菜花青素 玫瑰茄色素 红花红色素

紫草醌色素 番茄色素

动物来源红色素

(紫草茸色素、胭脂虫色素) (70)

微生物来源红色素 (72)

绿色色素 (72) 褐色色素 (74) 蓝色色素 (75)

1.鸭跖草 2.靛蓝 3.栀子蓝色素

第三节 人工合成色素 ..... (78)

1.苋菜红 2.胭脂红 3.柠檬黄 4.靛蓝

食品中调色添加剂的检测方法 (84)

第四章 调香添加剂 ..... (97)

第一节 嗅觉生理与气味 ..... (97)

第二节 天然食用香料 ..... (99)

1.天然原形或粉末食用香料 (99)

月桂叶 辣椒粉 胡椒粉 葫芦巴粉

番红花粉 芝麻粒 郁金粉

2.香料浸膏 (99)

辣椒浸膏 姜浸膏 香草浸膏 玫瑰浸膏



3.食用香料精油 (99)	
胡荽子精油 小茴香精油 时萝子精油和时萝草精油	
姜精油 薄荷精油 豆蔻精油 山艾精油 茵陈蒿精油	
百里香精油 八角茴香油 甜橙精油 桂皮油 芫荽油	
月桂油 柠檬油 桔皮油 玫瑰精油	
第三节 人工合成香料.....	(104)
一.香料化学概念 (104)	
1.烃类香料 2.醇类香料 3.醚类香料 4.酯类香料	
5.醛类香料 6.酮类香料 7.含氮化合物香料	
二.重要香料的人工合成 (118)	
芳樟醇 香茅醇 薄荷醇 肉桂酸肉桂酯	
羟基香茅醛 乙基香兰醛 樟脑	
甲基紫罗兰酮 紫罗兰酮 麝香酮	
第四节 具有天然风味的香料.....	(124)
第五章 食品防腐剂.....	(128)
第一节 防腐概念.....	(128)
第二节 防腐剂杀灭微生物的生化基础.....	(128)
1.对微生物细胞壁作用 (128)	
2.对微生物细胞膜作用 (129)	
3.渗入细胞内部作用 (129)	
第三节 防腐剂物理化学性质对防腐作用影响.....	(131)
1.亲水性和亲脂性 (131) 2.油水分配系数 (131)	
3.溶液饱和度 (131)	
4.防腐剂电离与防腐作用 (131)	
第四节 食品中实用防腐剂.....	(134)
1.苯甲酸及其盐类 (134)	
2.山梨酸及其盐类 (134)	
3.丙酸及其盐类 (135) 4.脱氢乙酸 (136)	
5.尼泊金酯类 (136) 6.天然防腐剂 (137)	
(1) 肉桂油 (2) 紫苏油 (3) 桉叶油	
食品中防腐剂的检测 (137)	

第六章 食品保鲜剂.....	(139)
第一节 食品保鲜涵义.....	(139)
第二节 抗氧化剂.....	(140)
常用的抗氧化剂 (142)	
一.酚类	
1.异丁基-羟基-茴香醚 (BHA)	
2.二丁基羟基甲苯 (BHT)	
3.没食子酸丙酯 4.愈创木树脂	
5.去甲二氢愈创木酸 6.维生素E	
二.含磷化合物	
三.烯醇类	
四.其它抗氧化剂	
第三节 避光剂.....	(148)
第四节 除臭和防褐变.....	(149)
1.除臭剂 2.防褐变剂	
第五节 抗老化剂.....	(150)
1.非离子型表面活性剂 (151)	
2.天然表面活性剂 (152)	
第六节 食品原料和果品保鲜.....	(153)
一.防护性保鲜 (153)	
1.涂层薄膜法 2.用还原性化合物抗氧保鲜	
二.抗菌性保鲜 (153)	
1.噻苯米唑 (TBZ) 2.邻-苯基酚钠 (SOPP)	
3.乙酰羟基喹啉 4.苯落莓	
5.抑霉则利 6.氨基丁烷 (SBA)	
第七章 改良品质添加剂.....	(157)
第一节 发色剂.....	(157)
1.肉类发色剂 (157) 2.绿色蔬菜发色剂 (158)	
第二节 漂白剂.....	(160)
一.还原性漂白剂 (160) 二.氧化性漂白 (161)	
第三节 增稠剂.....	(162)

	几种增稠剂 (162)	
	1.淀粉 2.羧甲基纤维素钠及其钙盐 (CMC-Na, CMC-Ca) 3.琼脂 4.海藻酸钠	
	5.丙二醇海藻酸酯 6.果胶 7.阿拉伯胶	
	8.环糊精 9.明胶 10.干酪素 11.黄原胶	
第四节	乳化剂.....	(170)
	乳化的化学基础 (170)	
	食品用的几种乳化剂 (172)	
	一.天然乳化剂	
	二.人工乳化剂 甘油单脂肪酸酯 司盘 蔗糖脂肪酸酯 丙二醇单脂肪酸酯 其它	
第五节	膨松剂.....	(175)
第六节	品质改良添加剂.....	(176)
	一.肉类品质改良添加剂 (176)	
	二.面粉品质改良添加剂 (177)	
	1.氧化性物质 2.有机酸盐 3.还原性物质	
第八章	强化食品添加剂.....	(179)
第一节	强化食品的生理意义.....	(179)
	一.地区性营养需要 (179)	
	二.食品加工中营养成分损失 (179)	
	三.婴幼儿及体弱病患者 (180)	
	四.军事环境特殊需要 (180)	
第二节	营养性添加剂.....	(181)
	一.蛋白质 (181)	
	1.大豆蛋白 2.葵花子蛋白	
	3.花生蛋白 4.油菜子蛋白 5.棉子蛋白	
	二.维生素类 (184)	
	1.脂溶性维生素 2.水溶性维生素	
第三节	保健添加剂.....	(194)
	一.保健甜味剂 (194)	
	二.保健油脂 (194)	

三.肉制品保健添加剂 (195)

营养性添加剂 非营养性添加剂

四.无机盐及微量元素 (196)

(1) 钙 (2) 铁 (3) 磷 (4) 微量元素

第九章 复合食品添加剂..... (198)

一.酸味剂 二.甜味剂 三.鲜味剂 四.防腐剂

五.抗氧化剂 六.改良品质添加剂 七.发色剂

八.防褐变剂 九.漂白剂 十.增稠剂

十一.乳化剂 十二.膨松剂 十三.强化添加剂

第十章 其它添加剂..... (203)

第一节 啤酒改善泡沫添加剂..... (203)

第二节 饮料强化蛋白添加剂..... (204)

1.酰化蛋白质 (204) 2.磷酸蛋白质 (204)

第三节 亚硝酸抑制剂..... (205)

第四节 乳酸杆菌促进剂..... (206)

参考文献 ..... (207)

# 第一章 绪论

随着我国城乡工业日益发展，人们从事繁忙而紧张的劳动，家庭的烹饪已扩大社会化，食品工业应运而迅速发展，反过来食品工业产品越来越多进入千家万户。由于生活水平逐步提高，人们要求有更多美味适口的多样化食品，这些食品又要求有更好色、香、味、清洁、卫生、贮藏运输方便等等，就必须在保存、制作时加入一定的添加剂，才能达到这样目的，随着科学技术日益发展，食品添加剂也越来越多，但是人们对食品有益健康也有更高要求，所以对食品添加剂持非常谨慎态度，各国政府对食品添加剂都有不同的严格审查规定，特别是人工合成的添加剂更加谨慎。一般都要经过动物急性慢性毒性试验，积蓄性毒性、致畸、致诱变等试验，认为安全、无毒方可投入食用。

食品添加剂包含内容极其广泛，如原料鱼、肉、水果、蔬菜保鲜、防腐，食品制作中改良色、香、味，增强营养的强化添加剂，制作改善外观的增稠剂、乳化剂、膨松剂，烘烤食品的抗氧化剂、油脂防耗变剂、制成品防老化剂等等品种繁多，据不完全统计，美国和日本是使用食品添加剂最多的国家，美国已达 2000 余种。我国的食品工业方兴未艾，对食品添加剂的使用一方面需持谨慎态度，另一方面应大力提倡使用对健康无害，而能改善食品品质的添加剂。我国自然资源丰富，那些来自天然的食品色素、香料、保鲜剂等，应大力开发利用。

食品中食品添加剂的检测，是保障人民身体健康，保证食品质量的重要课题，我国卫生部门没有对此有专门详细的规定。日本厚生省颁布《食品中の食品添加物分析法》一书可作借鉴。本书在许多章末尾所列检测方法，除常规分析方法外，也摘录一些日本厚生省所规定的方法。

## 第二章 调味添加剂

### 第一节 味觉生理

味觉是由于口腔内存在着许多味觉化学受体，它由两部分组成：味蕾和游离神经末梢，味蕾是由40~60个味细胞组成如花蕊状，有味觉细胞和支持细胞，味觉细胞末端有纤毛称味毛，大小约为 $0.2 \times 2.0$ 微米，从味蕾中孔伸出于口腔和舌的表面，味觉细胞周围有味蕾的感觉神经末梢。味蕾主要分布于舌的表面，特别是舌尖和舌的侧面，也分布于会厌、咽后壁和软腭等处。它在舌前部 $2/3$ 是固定在背侧犁状乳头上，后侧则在叶状乳头和轮状乳头上。游离神经末梢则分布于口腔全部表面，口腔后部化学感觉综合体除味蕾、游离神经末梢外，还包括特殊腺体。口腔内化学受体的味觉兴奋供应给外周感觉神经，经由膝状神经节、岩神经节、多节神经节和三叉神经节（游离神经末梢的传递通道），这四种神经节传递的味觉兴奋，经由三条通道进入脑干，舌的前部 $2/3$ 是经面神经传入，后 $1/3$ 经咽神经传入，咽部由迷走神经传入，最后在丘脑将这些传入纤维变换神经元之后，到达大脑皮层感觉区，从而产生味觉。大脑皮层并没有味觉特殊感受区，而是和来自躯干、面部的感觉在一起。

味觉影响因素有温度、水分和物质水溶度。一般最能刺激味觉温度是在 $10 \sim 40^\circ\text{C}$ ，尤以 $30^\circ\text{C}$ 最敏锐，低于或高于此温度都逐渐减弱。水分的影响因素也即唾液的分泌至关重要，例如把糖放在用棉花或滤纸擦干的舌表面，却毫无甜味感觉。因此唾液是食品天然溶剂，也是味觉的介质。唾液的分泌随食物不同而含酶多少相异，唾液厚稀也不相同，一般情况含酸物质唾液最稀，因此古语“望梅止渴”有其科学道理。根本不溶于水的物质，在舌上感觉不出味，如将熟猪油放在舌上，只有油腻感而无味感。

味觉的性质在生理学只分酸甜苦辣咸，我国古代称五味即酸甜苦辣咸。实际上辣不是味觉而是感觉，将辣椒涂抹舌部和擦皮肤感觉实际相同，其它四味则不然。酸甜苦辣咸四味在舌部分布区各不相同（如图

1). 四味对舌敏感度相互也有差异, 衡量味的敏感度用阈值表示, 即感受到的物质最低浓度, 表1列举四味对舌部敏感区的近似阈值, 可见人类对苦味最敏感, 对甜味感最差。

味觉阈值还受其它生理因素和病理因素影响, 例如人在饥饿时味蕾处于兴奋状态, 进食都觉得美味可口, 而当饱食之后, 味蕾则完全乏兴奋, 吃任何东西, 都觉得味道不佳。另外大脑正在思考重要事情或有很大烦恼、哀伤等情况, 味蕾感觉也迟钝, 所谓“食而无味”, 即是这种情况。

此外病理因素也影响味觉, 如舌上布满舌苔, 它阻塞味蕾孔中的味毛, 因而味觉不灵敏。肾上腺皮质功能低下的病人, 由于氯化钠排出量增加, 血中钠离子减少, 所以主动喜食咸味, 亦即对咸味阈值降低, 动物试验表明正常鼠辨食盐溶液浓度为 1:2,000, 而切除肾上腺的鼠辨食盐溶液浓度为 1:33,000, 敏感度显著提高。

味觉还有对比现象 (Contrast) 和增味现象 (Enhancement)。例如在 15% 蔗糖溶液中加入 0.017% 食盐, 立即觉得甜度增加。味精中掺入食盐也觉得鲜味增加。西方国家甜点心制作普遍太甜, 最近有种制作法, 即在其中掺入 2~75PPM 奎宁 (Quininc, 含于金鸡纳树皮中主要生物碱, 味道极苦的一种治疟疾药物), 甜味食品中由于加入少许苦味物质, 立即降低甜度。增味现象的利用, 又如市售“超鲜味精”是加入同具鲜味的核苷酸, 鲜味即得到增强。

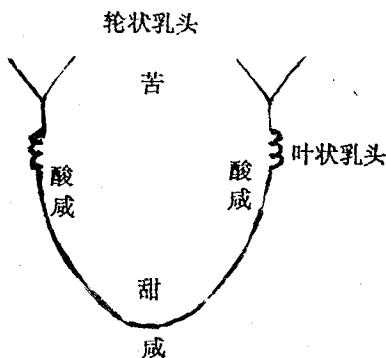


图 1

表 1 四味味感阈值

名称	味	阈值 (摩尔/升)
蔗糖	甜	0.03
食盐	咸	0.01
盐酸	酸	0.009
硫酸奎宁	苦	0.00008

## 第二节 酸味剂

### 酸的概念

化学科学发展到今天，对酸和碱仍然没有准确的定义，对它们不断深入认识，现有理论尚不能圆满的解答，这些理论可概括为四点：

#### 一. 离子理论

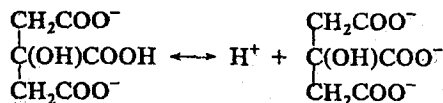
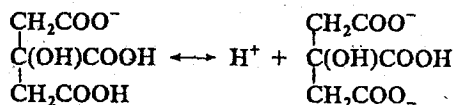
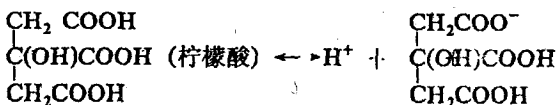
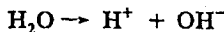
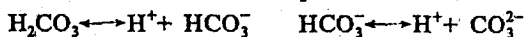
认为物质酸性应根据溶解于水中所表现电离性质决定，在水中能电离产生氢离子 ( $H^+$ ) 称为酸。如  $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$ 。

在此基础上建立水溶液酸度衡量值即 PH 值。但是这个概念在不是水的溶剂中就不能适用，如氯化氢在无水乙醇、苯中仍然具有酸性，它能和碱起中和作用，且不一定有  $H^+$  产生。

#### 二. 质子转移理论 (Brønsted 学说)

酸是能给出质子的物质，相对碱则是接受质子的物质。

酸  $\rightleftharpoons$  质子 + 碱，用符号表示则是  $HA \rightleftharpoons H^+ + B$ 。下面一些酸给出质子和碱接受质子

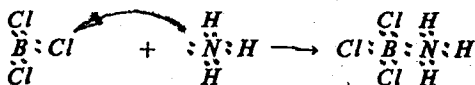


这些例子酸碱之间只差一质子，合在一起称为共轭酸碱系统，对应酸称共轭酸，碱则称共轭碱。



### 三. 电子理论 (Lewis, Lowry 学说)

酸是电子对接受体, 碱则是电子对给予体, 两者结合通过电子转移形成共价或配位键成为稳定产物。这样前述理论所无法解释的酸性物质, 就可理解了。例如三氯化硼和氨中和, 它们则是电子对的转移形成配位键。



三氯化硼 (酸)      氨 (碱)

### 四. 乌沙诺维奇 (Usanovich) 理论

配位键的形成和某些氧化还原之间电子转移认为是酸碱行为, 如  $\text{CH}_3\text{I} + \text{N}(\text{CH}_3)_3 \longrightarrow \text{N}(\text{CH}_3)_3 \text{I}^+ \text{T}^-$  这个反应和有质子转移的 HI 反 (酸)

应是何等相似,  $\text{HI} + \text{N}(\text{CH}_3)_3 \longrightarrow [\text{N}(\text{CH}_3)_3 \text{H}]^+ \text{T}^-$ , 再如下式的氧化还 (酸)

原反应, 也是酸和碱的关系:  $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl}$ 。总之乌沙诺维奇 (碱) (酸)

理论认为酸可以是不含质子物质, 能给出阳离子 (包括质子) 或获得阴离子的化合物视为酸。另外认为酸和碱是取决于化学组成中原子或离子配位不饱和程度, 化合物中心原子的配位数为配位倾向确定了极限, 酸是有配位不饱和正电性原子存在于其中的化合物, 这样  $\text{CO}_2$  便是酸, 因其中 C 和 O 配位上都未饱和, 当  $\text{CO}_2$  得到氧变为  $\text{CO}_3^{2-}$  时, 其 C 配位上尚不饱和, 它还是一个酸, 但它在质子转移理论却十足是一个碱。

当我们讨论食品酸性时, 这些理论中只需离子理论和质子转移理论就够了, 因为食品必是经口而入, 必经唾液参与这一关, 它实质上就与水有关了, 但是质子转移理论更切合实际些, 也就是说酸味食品都是质子给予体, 在这个理论基础上, 我们讨论酸味食品添加剂, 酸的强弱是基于质子转移于水的强弱, 酸在水中存在下式平衡:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$ , 也即:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$ , 反应平衡常数 K 为