

GONGNENGXING GAOBEI TIANWEIJI

功能性高倍 甜味剂

胡国华 主编



化学工业出版社

GONGNENGXING GAOBEI TIANWEIJI

功能性高倍 甜味剂

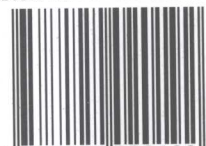


www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

销售分类建议: 轻工 / 食品



ISBN 978-7-122-02019-2



9 787122 020192 >

定价: 32.00元

GONGNENGXING GAOBEI TIANWEIJI

功能性高倍 甜味剂

胡国华 主编

方泉 马正智 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,广大民众更加关注食品的健康功能和特殊生理功能。功能性高倍甜味剂这种新型功能性食品添加剂因其具有无热量或低热量、安全性高、甜度高、使用量和摄入量极少、应用成本低等特点而备受国内外食品、医药、饲料和生物化工等行业科研和技术人员的关注。

全书从糖苷类高倍甜味剂、蛋白质类甜味剂、二肽高倍甜味剂、蔗糖衍生物高倍甜味剂、常见合成类高倍甜味剂、新型合成高倍甜味剂、高倍复合甜味剂等方面对功能性甜味剂的种类、制备、改性、加工特性及其在食品中的应用进行了较详细的介绍。

本书可作为从事食品添加剂、食品、医药、饲料、化学合成、生物技术等方面研究的科研和技术人员的参考读物,也可供高等院校食品、医药等相关专业的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

功能性高倍甜味剂/胡国华主编. —北京:化学工业出版社, 2008.2
ISBN 978-7-122-02019-2

I. 功… II. 胡… III. 甜味剂-研究 IV. TS264.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第013204号

责任编辑:张彦
责任校对:陈静

文字编辑:俞方远
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:化学工业出版社印刷厂
850mm×1168mm 1/32 印张12½ 字数346千字
2008年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00元

版权所有 违者必究

前 言

甜味剂是食品、医药、饲料等行业中的一项重要产品，在世界范围内，甜味剂的应用量在各类食品添加剂中一直排在前列，特别是无热量、非营养性高倍甜味剂或功能性高倍甜味剂，是各国科学家研究最多的一个领域。近二十年来，肥胖症、糖尿病和龋齿等人群高发病的产生都被认为与饮食习惯及膳食结构尤其是与蔗糖摄入过多有密切关系。因此，甜味剂发展重点之一就是安全性高，无营养价值、无热量或极低热量的功能性高倍甜味剂。功能性高倍甜味剂的特点是应用的安全性高，用量少，甜度高，使用成本一般都远低于蔗糖，这些也都是食品科学家不断开发新型高倍甜味剂的动力所在。到目前为止，世界各国已获批准的高倍甜味剂约 20 种，其中得到多数国家批准允许使用的品种主要有糖精钠、甜蜜素、AK 糖（安赛蜜）、阿斯巴甜、三氯蔗糖、阿力甜、纽甜、甘草甜素、甜菊苷、罗汉果甜苷和索马甜等。

笔者多年来一直从事食品添加剂的研究开发和教学工作，结合对甜味剂的研究方向及研究成果，另外作为中国食品添加剂协会甜味剂专业委员会秘书长，几年来笔者一直与安徽金禾实业股份有限公司等国内一些大型甜味剂生产企业保持着专业技术交流与协作，在收集参考了国内外较新的文献资料的基础上，编写了本书。

参与本书编写工作的还有笔者指导的上海师范大学工程食品研究所研究生吴彬、周伟、丁陈利、刘子文、钱玲花等。洪萍女士也参与了本书的部分工作。安徽金禾实业股份有限公司技术部的董家钦高工、孙庆元工程师和孙建文工程师等也提供了不少 AK 糖（安赛蜜）的文献资料。同时，郑建仙教授也给予了支持。另外，在此也向所参考的国内外文献的每一位作者表示诚挚的感谢。上海师范大学功能与复合食品添加剂研究室、科技处以及化学工业出版社也

为该书的出版提供了支持和帮助。没有以上这些，本书不可能完成，在此一并表示感谢。

由于高倍甜味剂尤其是新型高倍甜味剂的生产制备、应用技术和方法发展迅速，限于笔者的专业水平，加上时间相对仓促，书中不足之处和遗漏恐在所难免，恳请各位读者批评、指正(hgh114226@sina.com, blog.sina.com.cn/huguohua)，以便日后得到修改和完善。

胡国华

2008 年 1 月于上海

目 录

第一章 绪论	1
第一节 甜味剂概论	2
一、甜味产生的机理	2
二、甜味剂的应用技术	6
三、甜味剂的安全性	9
四、我国甜味剂的标准制订进展	10
五、甜味剂的发展趋势	11
第二节 功能性高倍甜味剂	13
一、功能性甜味剂	13
二、功能性高倍甜味剂的特点和应用	17
三、高倍甜味剂取代蔗糖的可能性	26
四、我国高倍甜味剂的发展趋势	27
第二章 糖苷类高倍甜味剂	31
第一节 甜菊糖苷	31
一、甜菊糖苷的甜味特性及性质	32
二、甜菊糖苷的生产制备	35
三、甜菊糖苷的改性	38
四、甜菊糖苷的功能性	39
五、甜菊糖苷的安全毒理分析	41
六、甜菊糖苷的应用	46
七、甜菊糖苷的使用方法	51
八、我国甜菊糖苷市场变化与发展现状	52
九、甜菊糖苷的发展前景	55
第二节 甜菊双糖苷	58
一、甜菊双糖苷的甜味特性及性质	58
二、甜菊双糖苷的制备	61

三、甜菊双糖苷的安全毒理分析	62
四、甜菊双糖苷的改性研究	63
五、甜菊双糖苷的发展前景	63
第三节 二氢查耳酮	63
一、二氢查耳酮的种类、来源与结构	64
二、二氢查耳酮的性质及甜味特性	69
三、二氢查耳酮的生产制备及改性	71
四、二氢查耳酮的功能性	80
五、二氢查耳酮的安全毒理研究	81
六、二氢查耳酮的应用	83
七、二氢查耳酮的发展现状及前景	84
第四节 甘草甜素	86
一、甘草甜素的甜味特性及性质	86
二、甘草甜素的功能性	89
三、甘草甜素的生产制备	93
四、甘草甜素的代谢	99
五、甘草甜素的应用	101
六、甘草甜素的发展现状及前景	108
第五节 罗汉果苷	109
一、罗汉果甜味成分和结构性质	110
二、罗汉果甜苷的生产制备	114
三、罗汉果甜苷的功能性	120
四、罗汉果甜苷的应用	123
五、罗汉果苷发展展望	125
第六节 甜茶苷	126
一、甜茶苷的甜味特性和性质	127
二、甜茶的繁殖与甜叶悬钩子苷的生产提取	129
三、甜茶苷的含量及变化规律	132
四、甜茶苷的药理保健作用	133
五、甜茶苷的安全毒理分析	135
六、甜茶苷的应用及开发前景	136
第七节 其他糖苷	138
一、甘茶甜素	138
二、白云参苷	139

三、甾族化合物皂角苷	140
四、二氢黄酮醇	141
五、Hernandulcin	142
第三章 蛋白质类甜味剂	143
第一节 索马甜	143
一、索马甜的化学结构和物化性质	143
二、索马甜的甜味特性	146
三、索马甜甜味特性改性研究	147
四、索马甜的风味增强特性	150
五、索马甜的生产制备	152
六、索马甜的安全毒理分析	154
七、索马甜的应用	156
八、索马甜的发展现状与前景	158
第二节 莫奈林	159
一、植物 <i>D. cumminsii</i> 简介	160
二、莫奈林的制备及其物化性质	160
三、莫奈林的研究开发价值	162
第三节 奇异果素	162
一、奇异果素的糖蛋白结构	163
二、奇异果素的商业化开发	165
第四节 其他甜蛋白	165
一、马槟榔甜蛋白	165
二、仙茅蛋白	166
三、Pentdin	167
四、Brazzein	167
第四章 二肽高倍甜味剂	169
第一节 阿斯巴甜	170
一、阿斯巴甜的甜味特性及性质	171
二、阿斯巴甜的生产制备	173
三、阿斯巴甜的功能性	178
四、阿斯巴甜的安全毒理分析	179
五、阿斯巴甜的应用	181

六、阿斯巴甜的使用方法	187
七、阿斯巴甜的发展现状及前景	188
第二节 阿力甜	190
一、阿力甜的甜味特性及性质	191
二、阿力甜的生产制备	194
三、阿力甜的安全毒理分析	195
四、阿力甜的应用	197
第三节 其他二肽甜味剂	198
一、二肽甜味剂的基础研究概况	199
二、天冬氨酰苯丙氨酸甲酯的双氧噁噻嗪盐	200
三、双甜	204
四、乐甜	206
第五章 蔗糖衍生物高倍甜味剂	207
第一节 三氯蔗糖	207
一、三氯蔗糖的甜味特性及性质	209
二、三氯蔗糖的合成制备	212
三、三氯蔗糖的分离提纯和测定	224
四、三氯蔗糖的安全毒理分析	227
五、三氯蔗糖的使用方法、范围与限量	228
六、三氯蔗糖的应用	233
七、三氯蔗糖复合甜味剂的研究开发	237
八、三氯蔗糖的发展现状及前景	242
第二节 其他蔗糖衍生物	248
一、蔗糖及其衍生物的甜味特性	248
二、蔗糖的酯化、醚化和脱氧化衍生物	250
三、蔗糖的氯化衍生物	251
第六章 常见合成类高倍甜味剂	254
第一节 糖精	254
一、糖精的甜味特性及性质	255
二、糖精的生产制备	257
三、糖精的代谢研究及其安全性	260
四、糖精的应用	263

五、糖精的发展现状与前景	267
第二节 甜蜜素	269
一、甜蜜素的甜味特性及性质	271
二、甜蜜素的生产制备	273
三、甜蜜素安全毒理研究	278
四、甜蜜素的应用	282
五、甜蜜素的发展现状与前景	284
第三节 安赛蜜	286
一、安赛蜜的甜味特性及性质	287
二、安赛蜜的安全性	290
三、安赛蜜的生产制备	292
四、生产安赛蜜时的环保措施	297
五、安赛蜜的应用	298
六、安赛蜜的发展现状及前景	306
第七章 新型合成高倍甜味剂	308
第一节 纽甜	308
一、纽甜的甜味特性及性质	308
二、纽甜的生产制备	313
三、纽甜的安全性	316
四、纽甜的应用	327
五、纽甜复合甜味剂的开发需要	334
六、纽甜的应用现状及前景	335
第二节 其他新型人工合成甜味剂	338
一、脲	338
二、脲衍生物	340
三、色氨酸衍生物	340
四、三卤代苯甲酰胺	341
五、苯胍基乙酸衍生物	341
第八章 高倍复合甜味剂	342
第一节 常用于复合的甜味剂	344
一、复合甜味剂甜度和风味评价	345
二、常用于复配的甜味剂	348

三、复合甜味剂的特点	351
第二节 复合甜味剂的开发及其在食品中的应用	354
一、复合甜味剂的优点	354
二、复合甜味剂的开发	357
三、阿斯巴甜复合甜味剂在食品中的应用	363
四、安赛蜜复合甜味剂在食品生产中的应用	368
五、寡糖类复合甜味剂的特点及应用	370
六、复合甜味剂在无糖饮料中的应用	372
七、复合甜味剂配方举例	373
参考文献	377

第一章 绪 论

甜味剂是指能使食品呈现甜味的食品添加剂。人们喜爱甜味，但有些食品原料在被制造或加工成食品后，因其本身不具有甜味，或者甜味不足，需添加一些甜味物质以满足消费者的需要。甜味剂在食品中主要有三方面的作用。①口感，甜度是许多食品的感官指标之一，为使食品、饮料具有适口的感觉，需要加入一定量的甜味剂。②风味的调节和增强，在糕点中一般都需要甜味；在饮料中，风味的调整就有“糖酸比”一项。甜味剂可使产品获得良好的风味，又可保留新鲜的味道。③风味的形成，甜味和许多食品的风味是相互补充的，许多产品的味道就是由风味物质和甜味剂的结合而产生的，所以许多食品都需要加入甜味剂。

理想的甜味剂应具备以下特点：很高的安全性、良好的味觉、较高的稳定性、较好的水溶性、较低的价格。我国食品添加剂使用卫生标准中规定，允许使用的甜味剂有两大类共九种。一大类为化学合成品，有糖精、甜蜜素（糖蜜素）、安赛蜜（AK糖）；另一大类为天然产物，如甜叶菊苷、甘草、麦芽糖醇等。属于化学合成品的合成甜味剂，根据国际上对该产品的安全性评价结果，按人体日允许摄入量值（ADI值）及加工工艺需要，在卫生标准中对使用范围、使用量上有一些限制。属于天然产物的甜味剂因属可食植物体天然成分，在使用范围上有所放宽，部分天然甜味剂使用量上无限量，是按良好生产工艺要求，按需要量加入。

甜味剂按其来源可分为天然甜味剂和人工合成甜味剂；按其营养价值可分为营养性甜味剂和非营养性甜味剂；按其化学结构和性质可分为糖类甜味剂和非糖类甜味剂；按其甜度又可分为一般甜味剂和强力甜味剂等。在这些甜味剂中，蔗糖、葡萄糖、果糖、麦芽糖、果葡糖浆、淀粉糖浆及异麦芽酮糖等习惯上统称为糖，通常视

为食品原料，在我国不列入食品添加剂的范畴。糖醇类的甜度与蔗糖差不多，但因其热值低，或其与葡萄糖有不同的代谢过程而具有某些特殊的用途，一般列为食品添加剂。其他类甜味剂主要是高倍甜味剂，它们的甜度很高，热值很低，有些又不参加代谢，常称为非营养性、低热值或功能性甜味剂，是甜味剂中的重要组成部分，也是当前包括我国在内的世界食品市场中最为常用的一类甜味剂。

第一节 甜味剂概论

一、甜味产生的机理

甜味是幼龄动物最喜爱的味觉刺激之一，是四大味觉中的主要味觉，是甜味化合物与甜受体之间以一种特殊方式相互作用的结果。在生物的进化过程中，味觉成为动物择食的主要手段之一，它是通过舌味蕾接触到某种水溶性化合物的感知，因此，唾液与味觉关系很大。如把一块十分干燥的糖块放在用滤纸擦干的舌表面是感觉不到任何甜味的。唾液是食物（饲料）的天然溶剂，它是由三对大唾液腺（腮腺、颌下腺和舌下腺）和无数小唾液腺注入口腔中的。大唾液腺在分泌唾液时起着主要的作用。巴甫洛夫的试验证明，唾液分泌腺的活动在很大程度上与食物（饲料）种类相适应，唾液不仅能湿润和溶解食物（饲料），而且还有洗涤口腔的作用。洗涤口腔可使味蕾不再受其他物质的干扰，以达到更精确地辨认某种味觉。

不同的动物种类具有不同数目的味蕾和味觉感应器官，对味道的感觉不尽相同。动物的味觉主要是由舌头感知的，动物舌面上长有众多的凸起物，称之为乳头。舌的不同部位对味觉敏感性不同。一般舌尖对甜味最敏感，舌根对苦味最敏感，舌周围边沿对咸味最敏感，舌的两侧中部对酸最敏感，当然这不是绝对的。舌面上约有五十万个香蕉形味细胞，每40~60个味细胞组成一个味蕾，味细胞顶端有微绒毛，味受体即位于舌表面味蕾尖端的小孔道内，由手指形的微绒毛（ $0.2\mu\text{m} \times 2.0\mu\text{m}$ ）组成。味细胞的其余表面全为扁平而不与外界通透的沟状细胞包裹，故受体的微绒毛只有通过味蕾

尖端小孔道才能与口中唾液接触。味刺激分子必须具有一定的水溶性，才能随唾液流入味蕾孔穴中，吸附于受体膜表面上而产生味觉。

味细胞膜的主要成分是脂质、蛋白质、无机盐和少量的核酸，在膜不同的磷脂区上各有不同的“味觉”感应，但人们对其了解还不是很深入。甜受体的物质基础是蛋白质，苦受体可能与蛋白质也有关联。试验证明，味觉从刺激味受体开始感觉到味，仅需 1.5~4.0ms，较视觉（13~45ms）快一个数量级，接近于直接由神经传导。其中咸味的感觉最快，苦味的感觉最慢，甜味的感觉居中。对麻醉剂的反应是苦味消失最快，恢复最慢；酸味消失很慢，恢复最快；而甜味的反应仍居中。用乙酰胆碱酶抑制剂处理舌头能增强酸味和咸味，但对甜味和苦味的影响不大。此外，各种味道同时存在时有彼此削弱的作用，服用硫醇或青霉胺排除金属中毒时将降低或丧失味觉，服用铜锌或镍盐能增强或恢复味觉。舌对四种原味感觉的最低浓度（即呈味阈值）也不同。四种基本味的呈味阈值见表 1-1。

表 1-1 四种基本味的呈味阈值

味 物 质	滋 味	阈值/(mol/L)
蔗糖	甜	0.03
食盐	咸	0.01
盐酸	酸	0.09
硫酸奎宁	苦	0.00008

温度在 10~40℃对味觉均能产生影响，其中以 30℃最为敏感。低于或高于此温度时，味觉都会减弱。50℃以上时甜味显著迟钝，4%~24%乙醇能增强甜味。各种味觉同时存在时，彼此间会相互影响。不同温度对味觉的影响见表 1-2。

甜味是通过刺激动物的味觉而感知的，是化合物与甜受体之间相互作用的结果，符合巴甫洛夫的反射性原理：即甜味通过人或动物的味觉产生强烈的食欲刺激，通过大脑皮层的反射给消化系统，引起消化道内的唾液、肠液、胰液及胆汁大量分泌消化酶（如蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等），相对量也加大，加快胃的蠕动，使食物

表 1-2 不同温度对味觉的影响

味 物 质	滋 味	阈值/(mol/L)	
		常 温	0℃
盐酸奎宁	苦	0.0001	0.0003
食盐	咸	0.05	0.25
柠檬酸	酸	0.0025	0.03
蔗糖	甜	0.1	0.4

或饲料的分解消化加快，养分得以充分吸收，从而提高食物的消化率。

味刺激分子必须具有一定的水溶性。甜味剂甜味的强度也与水溶性有关，完全不溶于水的物质实际上是没有甜味的（Tseng Kuangchih, 1987）。甜味剂随唾液流入味蕾孔穴中，吸附于受体膜表面上而产生味感，甜味剂具有很好的水溶性，为动物感知甜味提供了必要条件。甜味剂与舌表面接触时，只有溶解于水中才能刺激味觉神经，并必须在舌表面溶解后才能产生甜味。而且产生甜味的时间有快有慢，而且味觉持续的时间也有长有短。蔗糖比较容易溶解，甜味觉的产生较快，消失也较快；糖精较难溶解，味觉产生较慢，而味觉持续时间却较长。

1898 年，Sternberg 首先报道了化学结构与甜味的关系，他推测，甜味和苦味都与羟基和氨基的作用有关。甜味分子和苦味分子大体上没有什么不同，而且不受立体几何构型（双键位置）的影响。1914 年，Cohn 的《有机呈味物》一书中列举了上千种有机化合物的结构及它们的味道。他发现多羟基化合物和 D 型氨基酸经常是甜的，而高度硝化的化合物通常是苦的；在一个分子中引入氯原子常会诱导产生甜味。他认为要激发产生一定的甜味，分子中必须引入生味基。Cohn 还发现，在同系物中，甜度和分子量之间成反比关系，对此他提出两点解释：一是随分子量增加，水溶性下降至不溶，以致甜味消失；二是生味基在只含少量化合物的系列中很重要，而在含大量化合物的系列中却不怎么重要。1919 年，Oertly 和 Myer 根据 Witt 的染色理论提出一个甜味物质分子必须包括两个部分，即一个生甜基和一个助甜基。其中生甜基必须是一组能与

助甜基结合产生甜味化合物的原子，否则该化合物不具有甜味。曾广植等（1982）提出了六个生甜基和九个助甜基，这为 AH-B 生甜基学说的提出奠定了基础。通过 Ellis 等人对糖和糖醇的受体作用机理的研究得出在甜味剂浓度与其甜味响应的关系上，糖和糖醇表现出线性函数关系，而高强度甜味剂则表现出双曲线函数关系。通过甜味剂构味关系的研究，曾广植（1990）提出开发一种卓越的、低热量的，又具有类似蔗糖性质的甜味剂是甜味剂未来发展的目标。

当前有关甜味的理论以夏伦贝格尔（R S Shallenberger）提出的 AH-B 理论（图 1-1）为主。根据这一理论，所有具有甜味的物质都有一电负性较大的原子，其上有有一个质子以共价键相连，以基团的质子为中心的 $2.5 \sim 4\text{\AA}$ ^① 的距离内有一电负性较大的原子及味受体这样一对相应基团。二者结合形成有一双氢键螯合成的“底物-受体”复合体而产生甜感，甜味的强弱与氢键的强度有关。

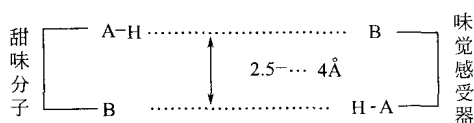


图 1-1 AH-B 理论

1963 年，R S Shallenberger 提出可根据糖分子内羟基间的氢键结合来对其甜味进行解释，之后他又提出了甜味的基本单元 AH、B 系统。在 AH、B 系统中，A 和 B 是空间几何适当接近的带负电原子，A 含有一带正电质子因而可认为是酸，B 为质子受体因而可认为是碱。一个甜味分子中的 AH、B 系统可和位于味蕾蛋白受体上的另一合适的 AH、B 系统进行氢键结合形成双氢键复合物而产生甜味刺激。这种复合物的复合强度决定了甜味刺激的响应强度。Shallenberger 和 Acree 根据各种甜分子中极酸质子情况指出了它们各自可能的 AH、B 系统。第一次提出了一种简单的基本

① $1\text{\AA} = 0.1\text{nm}$ 。