

普通高等教育“十一五”规划教材

食品添加剂

李凤林 黄聪亮 余 蕾 主编

CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”规划教材

食品添加剂

李凤林 黄聪亮 余 蕾 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据我国高等院校食品专业的教学特点,结合我国目前食品添加剂发展的实际情况进行编写的。全书共分13章,系统阐述了食品添加剂的定义、分类及发展状况、选用原则及各种食品添加剂的使用原理、性状、性能、安全性、制法、质量指标和用途,参照《中华人民共和国食品添加剂使用卫生标准》(GB 2760—1996)的分类方法,主要包括食品乳化剂、食品增稠剂、食品防腐剂、食品抗氧化剂、食品着色剂、食用香料香精、食品调味剂、食品护色剂和漂白剂、营养强化剂、食品用酶制剂及其他食品添加剂。本书内容丰富、通俗易懂、可读性强,适合作为各大专院校、高等职业院校食品相关专业的教材,亦可作为食品生产企业、食品科研机构有关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

食品添加剂/李凤林,黄聪亮,余蕾主编.—北京:化学工业出版社,2008.4
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-02364-3

I. 食… II. ①李…②黄…③余… III. 食品添加剂-高等学校-教材 IV. TS202.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第034802号

责任编辑:赵玉清

文字编辑:杨欣欣

责任校对:周梦华

装帧设计:张辉

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)

印刷:北京市彩桥印刷有限责任公司

装订:北京市顺板装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数374千字 2008年5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:28.00元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编：李凤林 吉林农业科技学院
黄聪亮 漳州职业技术学院
余 蕾 厦门海洋职业技术学院

副主编：乔桂英 燕山大学
满丽莉 黑龙江农业经济职业学院
巩发永 西昌学院
项雷文 福建师范大学福清分校
王良玉 福建师范大学福清分校
余奇飞 漳州职业技术学院
谢绿珠 漳州市农业学校

参 编：史碧波 西昌学院
何明祥 福清市质量技术监督局
刘 波 吉林农业科技学院
李晓红 黑龙江农业经济职业学院
程维国 黑龙江农业经济职业学院
谢建华 漳州职业技术学院
韩阿火 漳州市农业学校
李应华 漯河职业技术学院

前言

我国改革开放以来，居民生活水平大幅提升，生活节奏的加快，食品消费结构的变化，使人们对各类食品的色、香、味、形等方面的要求也愈来愈高。为改进食品的质量及色、香、味、形，一般在加工制作过程中要添加食品添加剂。随着食品工业的发展，食品添加剂已经成为现代食品工业不可缺少的一部分。食品添加剂是食品生产中最活跃、最有创造力的因素，对推动食品工业的发展起着十分重要的作用。食品添加剂的迅速发展，离不开食品、医药、化工等部门参与大量的研究开发工作，离不开生产厂家的不懈努力，离不开国际市场带来的新技术和新品种。

食品工业的发展在于革新工艺，创造出风味独特、品种多样、物耗较低、货架期长的各类食品。食品添加剂能改善食品的外观、风味，改善食物原来的品质，增加营养、提高质量、便于加工和延长保存期。近年来我国食品添加剂工业有了较大的发展，生产的食品添加剂无论是在品种上，还是在产量上都有显著提高，但与发达国家相比仍有很大差距。食品添加剂与人们的身体健康密切相关。为了保证人们身体健康，同时适应食品工业和日益广泛发展的国际贸易、交往的需要，学习和掌握食品添加剂的知识十分必要，在此基础上还必须加快食品添加剂的研制、开发和生产，以满足飞速发展的食品工业的需求。

本书各章节分别由以下作者完成：前言、第一、六章，李凤林；第二、四章，满丽莉；第三章，巩发永；第五章，黄聪亮；第七章，乔桂英、黄聪亮；第八章，谢绿珠；第九章，韩阿火；第十章，余奇飞；第十一、十二章，余蕾；第十三章，余蕾、项雷文、王良玉、何明祥。另外，刘波、李晓红、谢建华、史碧波、李应华、程维国等同志也参与了本书部分编写工作。

全书由李凤林修改、统稿。本书涉及的学科多、范围广，限于编写人员的水平和经验有限，书中难免有不当之处，蒙同行、专家和广大读者指正，我们将十分感谢。

作者
2007. 12

目 录

第一章 食品添加剂概论	1
第一节 食品添加剂的定义和分类	1
一、食品添加剂的定义	1
二、食品添加剂的分类	2
第二节 食品添加剂的作用及选用原则	4
一、食品添加剂在食品生产中的作用	4
二、食品添加剂的危害问题	5
三、食品添加剂的选用原则	5
第三节 食品添加剂的毒理学评价	7
一、食品添加剂毒理学评价的内容和方法	7
二、毒性试验的四个阶段和内容	7
三、食品添加剂毒理学评价程序	10
第四节 食品添加剂的使用标准	11
一、每日允许摄入量 (ADI)	11
二、食品中最高允许量	12
三、各种食品中的使用标准	12
四、苯甲酸计算简例	12
第五节 食品添加剂的发展历史、现状与趋势	13
一、食品添加剂的发展历史	13
二、食品添加剂的现状	14
三、食品添加剂的发展趋势	15
第六节 食品添加剂的名称、编码及缩略语	17
一、名称	17
二、编码	17
三、缩略语	17
第二章 食品乳化剂	19
第一节 概述	19
一、乳化剂的分类	19
二、乳化剂的作用机理	19
三、各种乳化剂在食品加工中的主要作用	20
四、使用乳化剂的注意事项	22
第二节 几种常用食品乳化剂	22
第三章 食品增稠剂	31
第一节 概述	31
一、增稠剂的特性与分类	31
二、增稠剂在食品加工中的作用	31
三、增稠剂的发展现状和趋势	34
第二节 动物来源的增稠剂	35
第三节 植物来源的增稠剂	38
第四节 微生物来源的增稠剂	44
第五节 其他来源的增稠剂	47
第四章 食品防腐剂	51
第一节 概述	51
一、食品防腐剂的分类	51
二、微生物引起的食品变质	51
三、防腐剂的抗菌原理	52
第二节 几种常用食品防腐剂	53
第三节 其他防腐剂简介	61
第四节 食品防腐剂的合理使用	62
一、食品防腐剂的使用范围及使用量	62
二、使用注意事项	63
第五章 食品抗氧化剂	65
第一节 概述	65
一、抗氧化剂的定义	65

二、抗氧化剂的分类	65	第二节 油溶性抗氧化剂	68
三、油脂酸败及脂肪的自动氧化	66	第三节 水溶性抗氧化剂	74
四、抗氧化剂的作用机理	66	第四节 兼溶性抗氧化剂	79
五、抗氧化剂使用注意事项	67		
第六章 食品着色剂	81		
第一节 概述	81	第三节 食用天然着色剂	91
一、色素的颜色与结构的关系	81	一、几种常用食用天然着色剂	91
二、食用着色剂的分类	82	二、其他食用天然着色剂简介	101
第二节 人工合成着色剂	83	三、食用天然着色剂的特点	102
一、几种常用人工合成着色剂	84	四、食用天然着色剂的毒理评价及使用 注意事项	103
二、人工合成着色剂的一般性质	88		
三、使用人工合成着色剂的注意事项	90		
第七章 食用香料、香精	104		
第一节 概述	104	二、天然香料	109
一、香气和香味的关系	104	三、合成香料	117
二、香料、香精的化学结构	104	第三节 食用香精	124
三、香料、香精的使用功效	106	一、食用香精的组成	124
四、香料、香精的使用原则	106	二、食用香精的分类	125
五、香料、香精的安全性评价	107	三、液体香精	126
第二节 食用香料	108	四、固体香精	129
一、食用香料的分类	108	五、食用香精的调香	129
第八章 食品调味剂	131		
第一节 概述	131	一、酸味与酸味剂分子结构的关系	145
一、味觉与嗅觉的关系	131	二、酸味剂在食品中的作用	145
二、食品调味剂的分类	132	三、常用酸味剂	146
第二节 甜味剂	133	四、其他酸味剂	150
一、甜味剂的味感与化学结构的关系	133	第四节 鲜味剂	151
二、化学合成甜味剂	133	一、氨基酸类鲜味剂	151
三、天然甜味剂	136	二、核苷酸类鲜味剂	153
四、天然物的衍生物甜味剂	141	三、其他鲜味剂	155
第三节 酸味剂	145		
第九章 食品护色剂和漂白剂	157		
第一节 护色剂	157	五、护色助剂	161
一、食品护色剂的作用机理	157	第二节 漂白剂	161
二、食品护色剂的安全问题	158	一、亚硫酸盐的作用	162
三、亚硝酸盐类护色剂	159	二、使用亚硫酸盐类漂白剂的注意事项	163
四、硝酸盐类护色剂	160	三、几种常见的还原型漂白剂	163
第十章 膨松剂	166		
第一节 碱性膨松剂	166	第二节 酸性膨松剂	168

第三节 复合膨松剂	170	三、复合膨松剂的配制	171
一、复合膨松剂的组成	170	第四节 生物膨松剂	171
二、复合膨松剂原料中的酸性物质	170		
第十一章 营养强化剂	173		
第一节 概述	173	一、钙盐类	184
一、食品营养强化剂的概念及种类	173	二、铁盐类	187
二、食品营养强化剂的作用	173	三、碘盐类	189
三、食品营养强化的基本原则	173	四、硒盐类	191
第二节 维生素类营养强化剂	174	五、锌盐类	192
第三节 氨基酸及含氮化合物类营养强化剂	181	六、铜盐类	193
第四节 无机盐类及脂肪酸类营养强化剂	184	七、脂肪酸类	194
第十二章 酶制剂	195		
第一节 概述	195	四、食品用酶制剂生产使用卫生规定	199
一、酶的组成及催化特性	195	第三节 淀粉酶	200
二、影响酶作用的因素	195	一、常用淀粉酶	200
三、食品酶制剂的研究进展	196	二、其他淀粉酶	201
第二节 食品酶制剂的安全性	198	第四节 蛋白酶	202
一、食品酶制剂的安全性问题	198	一、常用蛋白酶	202
二、食品酶制剂的安全性要求	198	二、其他蛋白酶	204
三、食品用酶制剂安全评价程序	199	第五节 其他酶制剂	205
第十三章 其他食品添加剂	208		
第一节 消泡剂	208	第五节 稳定和凝固剂	220
第二节 酸碱剂	210	第六节 抗结剂	224
第三节 被膜剂	213	第七节 胶姆糖基础剂	226
第四节 水分保持剂和面粉处理剂	216	第八节 助滤剂	228
一、水分保持剂	216	第九节 其他	230
二、面粉处理剂	218		
参考文献	233		

第一章 食品添加剂概论

食品是人们生活的必需要素,“民以食为天”这个道理是人所共知的。随着人民生活水平的提高和生活节奏的加快,人们对饮食提出了越来越高和越来越新的要求。一方面要求色、香、味、形俱佳,营养丰富;另一方面要求食用方便,清洁卫生,无毒无害,确保安全;此外,还要求适应快节奏和满足不同人群的消费需要。上述这些构成了促进食品工业发展的外部因素,而食品加工制造技术、食品原料和食品添加剂则构成了促进食品工业发展的内部因素。其中,食品添加剂是最活跃的因素,被誉为现代食品工业的灵魂。

第一节 食品添加剂的定义和分类

一、食品添加剂的定义

食品添加剂(food additives)通常是人们为了改善食品质量和保持或提高营养价值,在食品加工或贮藏过程中添加的少量天然或合成的物质。食品添加剂可以增强营养,改善色、香、味或质地,方便加工,延长货架期,使消费者更容易接受。它们具有某些特定的功能,既可以是单一成分,也可以是混合物。

有关食品添加剂的定义,由于各国及地区饮食习惯、加工方法、使用范围和种类的差异,因此在定义上有所不同。如日本在《食品卫生法》中对食品添加剂的规定是在生产食品的过程中,为生产食品或保存食品的需要,用混合、浸润等方法在食品里使用的物质统称为食品添加剂。美国的食品营养专家委员会规定,食品添加剂是用于生产、加工、贮存或包装且存在于食品中的物质或物质混合物,但并非属于食品的基本成分。欧盟规定,食品添加剂是指在食品制造、加工、准备、处理、包装、运输或贮藏过程中加入到食品中,直接或间接地成为食品的组成成分,其本身不构成食品的特性成分,并且本身不能被当作食品消费的物质。由于各国及地区对食品添加剂所做的解释或定义的出入,因此对食品添加剂所限制的范围、种类及其标准也有所差异。

联合国粮农组织(FAO)与世界卫生组织(WHO)联合组成的食品法规委员会(CAC)也曾于1983年对食品添加剂做过规定,认定食品添加剂本身通常不应作为食品消费,也不是食品中的典型成分,而无论其有无营养价值,它们在食品的制造、加工、调制、处理、装填、包装运输或保藏过程中,是出于技术方面的目的和要求,或者是为了改善食品的性质而有意加入食品中或者预期这些添加物质或其副产物会成为(直接或间接)食品的一部分物质。此定义既不包括污染物也不包括食品营养强化剂。

根据《中华人民共和国食品卫生法》附则中的规定,食品添加剂是指“为改善食品品质和色、香、味,以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质”。此规定突出了对食品质量的提高或对食品加工条件的改善为目的特性定义划分。在我国,食品营养强化剂

也属于食品添加剂。《食品卫生法》附则中规定，营养强化剂是指“为增强营养成分而加入食品中的天然的或者人工合成的属于天然营养素范围的食品添加剂”。此外，在食品加工和原料处理过程中，为使之能够顺利进行，还有可能应用某些辅助物质。这些物质本身与食品无关，如助滤、澄清、润滑、脱膜、脱色、脱皮、提取溶剂和发酵用营养物等，它们一般应在食品成品中除去而不应成为最终食品的成分，或仅有残留。对于这类物质特称之为食品加工助剂。

食品添加剂中不包括污染物。污染物是指在生产（包括谷物栽培、动物饲养和兽药使用）、制造、加工、调制、处理、充填、包装、运输和保藏等过程中，或是由于环境污染带入食品中的任何物质。但不包括昆虫碎体、动物毛发和其他外来物质，如残留农药和残留兽药等都属于污染物。

二、食品添加剂的分类

食品添加剂按其原料和生产方法可分为化学合成添加剂和天然食品添加剂。一般说除化学合成的添加剂外，其余的都可纳入天然食品添加剂，其来源有四条途径：取自于植物、取自于动物、利用酶法生产、利用微生物菌体生产。由于食品添加剂功能各异，有的一物多能，生产食品添加剂的有化工、医药、轻工等企业，使用食品添加剂的也不限于食品工业，所以食品添加剂按其用途的分类，世界各国至今也未有统一的标准。

根据美国联邦管理法规（CFR）的规定，美国对食品添加剂分类如表 1-1 所示。

表 1-1 美国对食品添加剂的分类

(1)直接添加剂(食品中直接添加的食品添加剂)
①保存料:脱氢醋酸、亚硝酸钠等
②涂料、软片和有关物质:吗啉、聚乙烯等
③特殊食品、营养添加剂:氨基酸、碘化钾、木糖醇等
④抗凝固剂:硅酸钙、二氧化硅等
⑤香料和有关物质:香料、肌苷酸二钠、奎宁等
⑥橡胶、口香糖基剂和有关物质:各种口香糖基剂
⑦特殊用途的添加剂:溴酸钾、氧化聚乙烯等
⑧多用添加剂:甘氨酸、聚山梨酸酯、二甲醚纤维素、石蜡油等
(2)第二次直接添加剂(在食品制造、加工等过程中,当助剂使用的食品添加物)
①食品处理用聚合物:离子交换树脂、聚乙烯吡咯烷酮等
②酵素、微生物:淀粉糖苷酶
③溶剂、润滑剂、脱模剂及有关物质:丙酮、异丙醇、己烷等
④特殊用途的添加剂:洗涤剂、各种防霉剂、硫酸甲基钠等
(3)间接添加剂(食品容器、包装剂的成分)
①黏结剂、涂层及其成分:各种黏结剂、丙烯酸酯聚合物涂料等
②纸、板纸及其成分:丙烯酰胺-丙烯酸树脂、各种螯合剂等
③聚合物:玻璃纸、丙烯酸塑料、聚氧乙烯等
④补助剂、制造助剂、杀菌剂:聚合物用抗氧化剂、增塑剂、保存剂、杀菌剂等
(4)用于食品的加工、制造等的放射线
①照射、照射源:处理食品用低 γ 射线,处理加工食品用紫外线等
②照射食品包装剂:照射包装食品用包装剂
(5)暂定认可添加剂(暂时规定认可或追加研究实施中的食品添加物)
①丙烯腈共聚物
②甘露糖醇
③溴化油
④糖精、糖精铵、糖精钙、糖精钠

日本在《食品卫生法规》(1985年)中,将食品添加剂分为30类。联合国粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)至今尚未正式对食品添加剂分类做出明确的规定。在1983年FAO/WHO的《食品添加剂》一书中,共分为20类,基本上均按用途分类,但其中乳化盐类(包括20种磷酸盐)、改性淀粉和磷酸盐类,则以产品分类,致使乳化盐类与磷酸盐类在品种上基本是重复的。在《FAO/WHO食品添加剂分类系统》(1984年)一书中,按用途分为95类,较突出的有螯合剂(33种)、溶剂(又分载体溶剂21种和萃取溶剂25种)和缓冲剂(46种)。这种分类过细,一方面使不少类别中仅有1~2个品种,另一方面又有某些类别中重复出现某一品种的情况。1994年,FAO/WHO又将食品添加剂分为40类。原欧洲经济共同体(EEC)对食品添加剂的分类较为简单,共分为9类,将许多属加工助剂性质的添加剂均列为第九类辅类中。这种分类法使按用途选择添加剂时有些困难。

我国在《食品添加剂使用卫生标准》(GB 2760—1996)中,将食品添加剂分为23类,分别为:酸度调节剂、抗结剂、消泡剂、抗氧化剂、漂白剂、膨松剂、胶姆糖基础剂、着色剂、护色剂、乳化剂、酶制剂、鲜味剂、面粉处理剂、被膜剂、水分保持剂、营养强化剂、防腐剂、稳定和凝固剂、甜味剂、增稠剂、其他、香料、加工助剂。每类添加剂中所包含的种类不同,少则几种(如抗结剂5种),多则达千种(如食用香料1027种),总数达1500多种。这一分类法更易于归纳食品添加剂,如它将酸味剂、碱性剂和盐类等归为一类,定名为酸度调节剂;将品质改良剂分为面粉处理剂和水分保持剂;将疏松剂和发色剂分别改名为膨松剂和护色剂,因而更合理。

另外,我国的《食品添加剂分类和代码》(GB 12493—1990)将食品添加剂分为21类,《食品添加剂使用卫生标准》(GB 2760—1996)的前21类即是根据此分类和代码来分的。但由于香料品种太多,该分类和代码明确规定不包括食用香精和香料在内。香料的分类与编码另有《食品香料分类与编码》(GB/T 14156—1993)。此外,在生产中,作为行业管理,还要考虑其规模和批量,有一定产量,并在食品行业中有一定地位才会列入管理的日程。从这个角度考虑,我国食品添加剂又分为7大类,即食用色素、食用香精、甜味剂、营养强化剂、防腐-抗氧-保鲜剂、增稠-乳化-品质改良剂、发酵制品(包括味精、柠檬酸、酶制剂、酵母、淀粉糖5大类)。

此外,食品添加剂还可按安全性评价来划分。联合国食品添加剂法规委员会(CCFA)曾在FAO/WHO食品添加剂联合专家委员会(JECFA)讨论的基础上将其分为A、B、C三类,每类再细分为两类。

① A类 JECFA已制定人体每日允许摄入量(ADI)和暂定ADI者,其中:

A₁类——经JECFA评价认为毒理学资料清楚,已制定出ADI值或者认为毒性有限无需规定ADI值者。

A₂类——JECFA已制定暂定ADI值,但毒理学资料不够完善,暂时许可用于食品者。

② B类 JECFA曾进行过安全性评价,但未建立ADI值,或者未进行过安全性评价者,其中:

B₁类——JECFA曾进行过评价,因毒理学资料不足未制定ADI者;

B₂类——JECFA未进行过评价者。

③ C类 JECFA认为在食品中使用不安全或应该严格限制作为某些食品的特殊用途者,其中:

C₁ 类——JECFA 根据毒理学资料认为在食品中使用不安全者；

C₂ 类——JECFA 认为应严格限制在某些食品中作特殊应用者。

由于食品添加剂的安全性随着毒理学及分析技术等的发展有可能发生变化，因此其所在的安全性评价类别也可能发生变化。例如糖精，原曾属 A₁ 类，后因报告可使大鼠致癌，经 JECFA 评价，暂定 ADI 为 1~2.5mg/kg 体重，而归为 A₂ 类。直到 1993 年再次对其进行评价时，认为对人类无生理危害，制定 ADI 为 1~5mg/kg 体重，又转为 A₁ 类。因此，关于食品添加剂安全性评价分类的情况，应随时注意新的变化。

第二节 食品添加剂的作用及选用原则

一、食品添加剂在食品生产中的作用

食品添加剂大大促进了食品工业的发展，并被誉为现代食品工业的灵魂，这主要是它给食品工业带来许多好处，其主要作用大致如下。

1. 有利于食品的保藏，防止食品败坏变质

食品除少数物品（如食盐等）以外，几乎全部来自动植物。各种生鲜食品，在植物采收或动物屠宰后，若不能及时加工或加工不当，往往造成腐败变质，带来很大损失。防腐剂可以防止由微生物引起的食品腐败变质，延长食品的保存期，同时它还具有防止由微生物污染引起的食物中毒的作用。抗氧化剂则可阻止或推迟食品的氧化变质，以提高食品的稳定性和耐藏性，同时也可防止可能有害的油脂自动氧化产物的形成。此外，抗氧化剂还可用来防止食品，特别是水果、蔬菜的酶促褐变与非酶褐变，这同样对食品的保藏具有一定意义。

2. 改善食品的感官性状

食品的色、香、味、形态和质地等是衡量食品质量的重要指标。食品加工后有的退色、有的变色，风味和质地等也可有所改变。适当使用着色剂、护色剂、漂白剂、食用香料以及乳化剂、增稠剂等食品添加剂，可明显提高食品的感官质量，满足人们的不同需要。

3. 保持或提高食品的营养价值

食品应富有营养。食品防腐剂和抗氧化剂的应用，在防止食品腐败变质的同时，对保持食品的营养价值具有一定意义。食品加工往往还可能造成一定的营养素损失。在食品加工时适当地添加某些属于天然营养素范围的食品营养强化剂，可以大大提高食品的营养价值，这对防止营养不良和营养缺乏、促进营养平衡、提高人们健康水平具有重要意义。

4. 增加食品的品种和方便性

现在，不少超级市场有上万种以上的食品可供消费者选择。尽管这些食品的生产大多通过一定的包装及不同加工方法处理，但它们大都是防腐、抗氧、乳化、增稠，以及不同的着色、增香、调味乃至其他各种食品添加剂配合使用的结果。正是这些食品，尤其是方便食品的供应，给人们的生活和工作带来极大的方便。

5. 有利食品加工操作，适应工业生产的机械化和自动化

在食品加工中使用消泡剂、助滤剂、稳定剂和凝固剂等，可有利于食品的加工操作。例

如，当使用葡萄糖酸- δ -内酯作为豆腐凝固剂时，可有利于豆腐生产的机械化和自动化。

6. 满足其他特殊需要

食品应尽可能满足人们的不同需求。例如，糖尿病患者不能吃糖，则可用无营养甜味剂或低热能甜味剂，如糖精或天冬酰苯丙氨酸甲酯，制成无糖食品供应。对于缺碘地区供给碘强化食盐，可防治当地居民的缺碘性甲状腺肿。

二、食品添加剂的危害问题

食品添加剂除上述有益作用外，也有一定的危害性，特别是有些品种本身尚有一定毒性。尽管早期人们没有足够的科学证据表明使用某些食品添加剂是否安全，但是在目前，除了某些偶发的事件外，几乎不再有引起急性或直接毒性作用的食物添加剂的应用。不过，人们仍一直关注食品添加剂可能给人体带来的种种危害。

1. 食品添加剂本身的危害

在 20 世纪 50~60 年代，陆续发现不少食用合成色素具有致癌、致畸作用。肉类腌制时常用的护色剂亚硝酸盐可与胺类物质生成强致癌物亚硝胺，据报告，亚硝酸盐在饮水中按 50~100mg/kg 体重剂量喂养动物，160~200 天后全部动物致癌。

2. 掺杂作假

尽管掺杂作假并非都是由食品添加剂所引起，然而某些食品制造者为达到欺骗顾客、推销产品、谋取经济利益的目的，采取如用色素对质量低劣或腐败的食品着色的手段，以次充好。针对这种情况，我国《食品添加剂卫生管理办法》规定“禁止以掩盖食品腐败或以掺杂掺假、伪造为目的而使用食品添加剂。”

例如，1955 年日本森永乳业公司把含有砷 (As) 的磷酸氢钠作为“乳质稳定剂”加入制作奶粉的牛奶中，使 12344 名婴儿中毒，其中 130 名婴儿因脑麻痹症而死亡。原因就是这种含有砷的磷酸氢钠与食品添加剂的磷酸氢钠在外观无差异。这是一个典型的工业品滥用食品添加剂的实例。

目前，经过 JECFA、CCFA 和各国政府的努力，在做了大量的工作后形成共识：一方面禁止使用那些对人体有害、对动物致癌和致畸，并有可能危害人类健康的添加剂品种；另一方面对那些有怀疑的品种，则继续进行更严格的毒理学检验以确定其是否可用、许可使用时的使用范围、最大使用量与残留量，以及建立更高标准的质量规格、分析检验方法等。

现有大多数食品添加剂已经过严格的毒理学试验和一定的安全性评价，所有新申报的食品添加剂必须经过严格的毒理学试验和一定的安全性评价才得以许可使用，因此可以认为，现已将食品添加剂的危害降到了最低水平。目前，国际上认为由食品产生的危害大多与食品添加剂无关。

三、食品添加剂的选用原则

随着食品工业的发展，人们食用的食品品种越来越多，追求的色、香、形、营养等质量越来越高，随食品进入人体的食品添加剂数量和种类也越来越多。日常生活中，普通人每天常摄入几十种食品添加剂（表 1-2），因此食品添加剂的安全使用极为重要。

毒性较高的化学物质，在较小剂量时即能导致机体的损伤。但是毒物与非毒物之间并不存在着绝对的界限，毒性的高低只是相对的。所以，几乎所有的物质都具有毒性，只是在一

表 1-2 各种食品中使用的食品添加剂

食 品	添加剂类型	添 加 剂 品 种
主食	品质改良剂	过氧化苯甲酰、过硫酸铵、溴酸钾、酶制剂、半胱氨酸、羧甲基纤维素钠
	乳化剂	硬脂酰乳酸钙、脂肪酸甘油酯、蔗糖脂肪酸酯、山梨糖醇酐脂肪酸酯
	抗氧化剂	二丁基羟甲苯(BHT)、丁基羟基茴香醚(BHA)
	膨松剂	碳酸氢钠、碳酸氢铵
	着色剂	合成着色剂、天然着色剂
	香料	茴香
	防腐剂	丙酸钙、丙酸钠
	营养强化剂	维生素 A、维生素 B ₁ 、维生素 B ₂
豆腐	凝固剂	氯化钙、氯化镁、硫酸钙、葡萄糖酸- δ -内酯
	品质改良剂	聚磷酸钠、甘油脂肪酸酯、蔗糖脂肪酸酯
	消泡剂	聚二甲基硅氧烷
火腿	护色剂	亚硝酸钠、硝酸钠
香肠	护色助剂	烟酰胺、抗坏血酸钠、赤藻糖酸钠
	鲜味剂	L-谷氨酸钠、5'-肌苷酸钠、5'-鸟苷酸钠、琥珀酸钠
	防腐剂	山梨酸及其盐类
	营养强化剂	维生素 A、维生素 B ₁ 、维生素 B ₂
酱油	调味剂	氨基酸类、酵母抽提物
	防腐剂	对羟基苯甲酸乙酯、苯甲酸及其盐类
方便面	抗氧化剂	BHA、BHT
	营养强化剂	无机盐
	糊料	酪蛋白酸钠、聚丙烯酸钠
冰淇淋	乳化剂	脂肪酸甘油酯、蔗糖脂肪酸酯、山梨糖醇酐脂肪酸酯
	稳定剂	明胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠
	香料	合成香料、天然香料、植物浸膏
	着色剂	β -胡萝卜素
	甜味剂	糖醇类、罗汉果甜味剂

定条件下，才引起人体的损伤。所谓条件，除化学物质本身的毒性外，还与机体的生化代谢，机能状态，物质进入身体的方式（经消化道、呼吸道、皮肤、黏膜）、时间、分布（一次食入或多次重复）等有关，其中剂量是一个重要条件。因此，化学物质毒性大小是以剂量大小相对地加以区别。

理想的食品添加剂应该是对人体有益无害的，但目前大多数食品添加剂系化学合成物质，故必然具有一定的毒性。因此，在使用食品添加剂时，除要了解政府制定的有关食品添加剂的卫生法规外，还要注意以下几点：

① 各种食品添加剂都必须经过一定的安全性毒理学评价。

② 鉴于有些食品添加剂具有一定毒性，应尽可能不用或少用，必须使用时应严格控制使用范围及使用量。

③ 使用添加剂应该保持和改进食品营养质量，而不能降低或破坏食品营养质量。

④ 使用添加剂不得用于掩盖食品变质、腐败等缺点或为了粗制滥造而降低应有良好的加工措施和卫生要求。

⑤ 食品添加剂应符合质量标准，不得含有有害杂质，不能超过允许限量。加入食品后应能被分析鉴定出来。

⑥ 选用食品添加剂时还要考虑价格低廉，使用方便、安全，易于贮存、运输和处理等因素。

第三节 食品添加剂的毒理学评价

食品添加剂的毒性是指其对机体造成损害的能力。毒性除与物质本身的化学结构和理化性质有关外，还与其有效浓度、作用时间、接触途径和部位、物质的相互作用与机体的机能状态等条件有关。因此，不论食品添加剂的毒性强弱、剂量大小，对人体均有一个剂量与效应关系的问题，即物质达到一定浓度或剂量水平，才显现毒害作用。通过毒理学评价要对食品添加剂进行安全性或毒性鉴定，对准用的食品添加剂确定在食品中无害的最大限量，对有害的物质提出禁用或放弃的理由，为制定食品添加剂使用卫生标准及有关法规提供毒理学依据。

一、食品添加剂毒理学评价的内容和方法

1. 毒理学评价的主要内容

① 食品添加剂的化学结构、理化性质和纯度，在食品中存在形式以及降解过程和降解产物。

② 食品添加剂随同食品被机体吸收后，在组织器官内的贮留分布、代谢转变及排泄状况。

③ 食品添加剂及其代谢产物在机体内引起的生物学变化，亦即对机体可能造成的毒害及其机理。包括急性毒性、慢性毒性、对生育繁殖的影响、胚胎毒性、致畸性、致突变性，致癌性、致敏性等方面。

2. 毒理学评价的方法

毒理学评价的主要方法包括人体观察及实验研究两方面。

(1) 人体观察 人体观察固然可获得直接有效的数据；但基于人道的原因，原则上不应该有意识地对人体进行试验。如果由于治疗、嗜好、操作或偶发事件等原因，已有人体摄取该物质的情况，则应尽可能地收集来自人体的观察资料，通过流行病学调查方法，了解一般健康状况、发病率、症状或其他异常现象，或取得该物质对人体无害的数据资料。

(2) 实验研究 实验研究除采用理化、生理或生化等方法进行必要的分析检验外，通常要通过动物毒性试验取得资料。动物毒性试验是迄今为止取得毒理学评价资料的最重要的手段。动物毒性试验在我国通常分为以下四个阶段的不同试验：①急性毒性试验；②遗传毒性试验、传统致畸试验、短期喂养试验；③亚慢性毒性试验——90天喂养试验、繁殖试验、代谢试验；④慢性毒性试验（包括致癌试验）。

急性中毒的危害是很明显的，急性毒性试验可在短时期内粗略地判断物质的毒性，但急性毒性试验有其意义也有其局限性，它不能作为安全评价的依据。因为有些物质，虽然急性毒性很低，但由于在人体中有蓄积作用，以至于可引起慢性中毒，甚至影响生育，引起怪胎或癌变等问题，对人体健康和后代的潜在威胁很大，应该予以高度重视。所以除了急性毒性试验之外，还需要进行慢性毒性试验及一系列特殊试验。在多数情况下只做急性、亚慢性等一般毒性试验，只当发生可疑情况时，才进行特殊试验。

二、毒性试验的四个阶段和内容

我国对食品添加剂的毒理学评价通常可划分为以下四个阶段的实验研究，并结合人群资

料进行。

1. 第一阶段：急性毒性试验

急性毒性试验是指授予一次较大剂量后，对其产生的作用所作的研究。通过急性毒性试验可考查摄入该物质后在短时间内所呈现的毒性，从而判定对动物的致死量（LD），常用的是半数致死量（LD₅₀），并可能指出动物的种间差异，而且可得到某些关于中毒症状和病理作用的资料。也就是说通过急性毒性试验，可初步了解受试物质的毒性强度和性质，并为蓄积性和亚慢性试验的剂量选择提供依据。

急性毒性试验观察期一般为1星期，重点是观察24~48h内的反应症状。如有迟发性中毒效应者，则要延长观察期至2~4星期。

半数致死量是通常用来粗略地衡量急性毒性高低的一个指标，是指能使一群试验动物中毒死亡一半所需的最低剂量，其单位是mg/kg体重。同一受试物质对各种动物的半数致死量是不一样的，给予方式不同其半数致死量也不一样，对食品添加剂来说，主要是需要经口LD₅₀。动物的种系、性别、年龄和实验条件的差异也会影响半数致死量。但相对地说半数致死量受动物的个体差异的影响最小，其数值比较稳定，比较有代表性；在不同条件下，同一受试物质的半数致死量仍有其一定的相似趋势，所以仍然可以相对地参照比较。

虽然人与动物不同，但是通过做多种动物的试验，一般地说，对多种动物毒性很低的物质，对人的毒性往往亦很低；而对多种动物的半数致死量都小的物质，则可认为将对人表现有很大的毒性。通常按经口LD₅₀的大小，将受试物质的急性毒性粗略地分级，见表1-3。若剂量大于5000mg/kg体重，而试验动物没有死亡时，说明急性毒性极低，可认为是相对无毒，就没有必要继续做致死量的精确测定。

表 1-3 经口 LD₅₀与毒性分级

毒性级别	大白鼠 LD ₅₀ /(mg/kg 体重)	毒性级别	大白鼠 LD ₅₀ /(mg/kg 体重)
极毒	<1	低毒	501~5000
剧毒	1~50	相对无毒	5001~15000
中等毒	51~500	无毒	>15000

2. 第二阶段：遗传毒性试验、传统致畸试验、短期喂养试验

(1) 遗传毒性试验 遗传毒性试验主要是指对致突变作用进行测试的试验。以致突变试验来定性表明受试物质是否有突变作用或潜在的致癌作用，进行筛选，可为代谢研究提供方法。遗传毒性试验的组合必须考虑原核细胞和真核细胞、生殖细胞与体细胞、体内和体外试验相结合的原则。

试验项目包括：①细菌致突变试验；鼠伤寒沙门菌/哺乳动物微粒体酶试验（Ames试验）为首选项目，必要时可另选和加选其他试验；②小鼠骨髓微核率测定和骨髓细胞染色体畸变分析；③小鼠精子畸形分析和睾丸染色体畸变分析；④其他备选遗传毒性试验。

(2) 传统致畸试验 致畸试验是检查受试物质能否使动物仔代胎儿发生畸形的试验。有致畸作用的物质在胚胎发育期器官分化过程中影响了动物胚胎的正常发育而导致畸形。广义的畸形还包括不孕、胚胎发育迟缓和胚胎死亡等现象。但是一般来说这种致畸作用是无遗传性的。

通过致畸试验可取得畸胎发生率等数据。动物致畸试验结果推论于人要十分慎重。因动物种属、谱系与个体间均有较大差异。对动物有致畸作用者，并非对人一定也有致畸作用。

还要考虑实验剂量与人体实际摄入量之间的差异，因为有许多物质，使用大剂量时，几乎都可致畸，例如大剂量的维生素 A 和维生素 D 就有致畸作用。受试物质若对一种动物有致畸性，就应该警惕对人也可能存在致畸的危险。

(3) 短期喂养试验 是对只需进行一、二阶段毒性试验的受试物质，在急性毒性试验的基础上，通过 30 天喂养试验，进一步了解其毒性作用，并可初步估计最大无作用剂量。如受试物需进行第三、四阶段毒性试验，可不进行此试验。

3. 第三阶段：亚慢性毒性试验、代谢试验

(1) 亚慢性毒性试验 观察受试物质以不同剂量水平经较长期喂养后对动物的毒性作用性质和靶器官，并初步确定最大无作用剂量；了解受试物质对动物繁殖及对仔代的致畸作用，为慢性毒性和致癌试验的剂量选择提供依据。包括 90 天亚慢性毒性试验和繁殖试验，可采用同批染毒分批观察，也可根据受试化合物的性质，进行其中某一项试验。

90 天亚慢性毒性试验的观察指标因受试物及研究目的而有差异，一般可包括临床检查、血液学检查、生化学检查、脏器重量及病理学检查。

繁殖试验是检查受试物质对动物繁殖生育能力的影响的试验。可通过测定动物的受孕率、活产率、出生存活率、哺育成活率等指标，观察动物生育能力、妊娠过程、产后情况、母体及仔代发育状况等内容。繁殖试验除开始交配的亲代 (F_0) 外，一般需观察三代 (F_1 、 F_2 、 F_3)，即所谓三代繁殖试验。

(2) 代谢试验 (毒物动力学实验) 受试物质在体内可发生一系列复杂的生化变化。受试物质经胃肠道吸收后通过血液转运到全身各组织器官，再经过生物转化，由各种途径排出体外。因此，受试物质原形物在体内逐渐被代谢降解，而其代谢产物不断生成。测定灌胃后不同时间内受试物质原形物或其代谢物在血液、组织或排泄物中的含量，以了解该受试物质在动物体内的毒物动力学特征，包括吸收、分布、消除的特点，组织蓄积及可能作用的靶器官等；根据数学模型，求出各项毒物动力学参数。同时采用分离纯化方法确定主要代谢产物的化学结构，测试其毒性并推测受试物质在体内的具体代谢途径。通过实验的观察，对受试物质在体内的过程可做出正确评价，为阐明该受试物质的毒作用性质与程度提供科学依据。

我国提出的“食品安全毒理学评价程序”中要求，对于我国创制的化学物质，在进行最终评价时，至少应进行胃肠道吸收；测定血浓度，计算生物半衰期（进入机体的外来化学物质由体内消除一半所需的时间）和其他动力学指标；主要器官和组织中的分布；排泄（尿、粪、胆汁）等几项代谢方面的试验。有条件时，可进一步进行代谢产物的分离、鉴定。对于国际上许多国家已批准使用和毒性评价资料比较齐全的化学物质，可暂不要求进行代谢试验。对于属于人体正常成分的物质可不进行代谢研究。

4. 第四阶段：慢性毒性试验（包括致癌试验）

(1) 慢性毒性试验 慢性毒性试验是研究在少量受试物质长期慢性作用下所呈现的毒性，从而可确定受试物质的最大无作用量和中毒阈剂量。慢性毒性试验在毒理研究中占有十分重要的地位，对于确定受试物质能否作为食品添加剂使用具有决定性的作用。所谓长期是指试验动物整个生命期的大部分或终生，有时可包括几代的试验。

最大无作用量 (MNL)，又称最大无效量、最大耐受量或最大安全量，是指长期摄入该受试物质仍无任何中毒表现的每日最大摄入剂量，其单位是 mg/kg 体重。它是提供食品添加剂长期（终生）摄入对本代健康无害，并对下代生长无影响的重要指标。中毒阈剂量就是最低中毒量，是指能引起机体某种最轻微中毒的最低剂量。慢性毒性试验的观察指标与亚慢