

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

天然食品添加剂/曾名湧, 董士远主编. --北京:
化学工业出版社, 2005.3
ISBN 7-5025-6756-9

I. 天… II. ①曾…②董… III. 食品添加剂
IV. TS202.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 018985 号

天然食品添加剂

曾名湧 董士远 主编
责任编辑: 梁 屹 张 彦
文字编辑: 靳星瑞
责任校对: 王素芹
封面设计: 郑小红

化学工业出版社 出版发行
化学与应用化学出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话 (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 231 千字
2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6756-9/TS·260
定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

受益于食品工业的稳定持续发展,食品添加剂工业也处于稳定快速发展之中。目前,全世界实际使用的食品添加剂已超过了5000种,年贸易额超过200亿美元,并且以较快速度递增,已成为食品工业中颇具生机和活力的领域之一。

在目前使用的数千种食品添加剂中,80%以上是化学合成的。随着食品安全问题日益成为全球性关注的焦点,化学合成的食品添加剂因存在种种安全性问题,正面临着十分严峻的困境。如何走出困境,已成为所有从事与食品添加剂有关的教学、研发、管理、生产及流通等工作的人们亟待解决的难题。实践证明,大力开展天然食品添加剂的研发是食品添加剂行业走出安全性困境的有效途径之一。事实上,从20世纪八九十年代开始,天然食品添加剂的研发工作就受到了前所未有的重视,各种来源的天然食品添加剂也不断问世,形成了一种快速发展的良好态势。

然而,与天然食品添加剂的研发工作蓬勃发展的局面不太相称的是,迄今为止国内介绍天然食品添加剂的书籍较少。本书作者在广泛收集国内外的相关文献资料的基础上,总结近十年的教学和科研实践经验,编著出版此书,意为抛砖引玉。

全书共分六章,分别论述天然食品防腐剂、天然食品抗氧化剂、功能性增味剂、天然食品乳化剂、天然食品增稠剂以及食品酶制剂等的特性、研发原理及研发方法等内容。笔者无意对天然食品添加剂的所有方面作面面俱到的阐述,那将是笔者力所不及的鸿篇巨制。笔者只想以短小的篇幅简明扼要地阐明与食品加工关系密切的几种天然食品添加剂的研发原理及方法。本书可作为从事食品添加剂研发的科技人员的参考书,也可作为轻工、水产、粮食、商业及综合大学食品专业的教材。

本书在编写过程中,承蒙郑州工程大学刘钟栋教授拨冗审阅,

并提出了许多宝贵的意见和建议，在此谨表谢忱！

由于笔者学识浅薄，加之天然食品添加剂方面又无前人的专著可资借鉴，因此，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2004 年 8 月

内 容 提 要

本书介绍了天然食品防腐剂、天然食品抗氧化剂、天然食品增味剂、天然食品乳化剂、天然食品增稠剂的化学结构、作用机理及其研究进展。另外，本书还介绍了水生生物酶、甲壳质酶、褐藻胶酶等天然酶制剂的研究进展和在食品中的应用前景。内容新颖，资料翔实，有较强的实用价值和指导意义。

本书可供食品工业、食品添加剂行业从事科研开发的工程技术人员使用。也可作为农林、轻工、水产、商业及综合院校食品科学与工程专业本科生、研究生的教材或参考用书。

绪 论

一、食品添加剂的现状及其发展方向

食品工业是我国的第一大产业，年产值占国民生产总值的15%以上。食品添加剂则是食品工业的重要组成部分之一。虽然食品添加剂的用量很小，一般仅为食品的千分之一到万分之一，但其使用面却非常广泛，已渗透到几乎所有的食品加工领域，并进入了家庭的日常生活。

国际上已批准使用的食品添加剂有4000~5000种，其中香精香料约有3000种。除香精香料外，世界上常用的食品添加剂约在1000种左右。据统计，目前全世界食品添加剂的年贸易额达200多亿美元，实际使用的品种达5000种以上。美国是使用食品添加剂最多的国家，达2000多种，欧盟和日本也在1500种以上。

我国已批准使用的食品添加剂品种有1500多种，按用途分为香精香料、着色剂、甜味剂、酸味剂、增鲜剂、乳化剂、增稠剂、防腐剂、抗氧剂、营养强化剂等，约20大类。其中，香精香料约有1000多个品种，其他食品添加剂约有近500个品种。2001年我国食品添加剂总产量约200多万吨，总产值220亿元以上，约占当年食品工业总产值的2.3%。随着国际上对环境和健康问题的日益重视，回归大自然，崇尚绿色消费已成为一种潮流。因此，近十多年来，我国食品添加剂行业提出了大力开发“天然营养多功能添加剂”的发展方针。至今，功能性食品添加剂已成为各大企业和科教单位研究开发的重点。原国家计委、原国家经贸委和农业部联合发布的全国食品工业“十五”发展规划中指出，我国食品添加剂的发

展方向是天然、营养、多功能且安全可靠，形成与食品工业相适应的食品添加剂生产体系。

目前，我国生产的食品添加剂按生产方法不同可分为有机合成、生物合成（酶法和发酵法）及天然提取物三大类。我国生产的食品添加剂中，生物合成的如谷氨酸钠、柠檬酸、维生素 C 及酵母等达 150 万吨，居第一位；其次是天然提取物，包括天然色素、香料、甜味剂、水溶胶等；用石油化工原料纯化学合成的产品，如糖精、甜蜜素、合成色素等，产量不到 10 万吨。谷氨酸、柠檬酸、乳酸等用发酵法生产的品种，由于其化学结构和天然提取的完全一样，在人体中能吸收和代谢，有一定的营养功能，国际上也视同天然物。相对合成添加剂而言，天然提取物更为安全。很多天然提取物还具有生理活性和保健功能。因此，近年来这类产品的比例逐渐上升。

未来食品工业的发展方向是天然、方便、营养、多功能化，食品添加剂自然也应如此。具体地说，食品添加剂应在以下几个方面寻求突破或发展。

① 开发适用于日常的营养方便食品的食品添加剂。科学技术的迅猛发展，导致社会生活节奏不断加快，人们的工作生活压力也日益增加。为了缓解这种紧张状况，改善人们的饮食结构，食品专家和食品生产者共同努力，开发出了许多深受消费者欢迎的方便食品，其中尤以方便面最著名。这些方便食品是离不开食品添加剂的。以方便面为例，要保证方便面煮不烂、弹性好、不发生哈败，就必须加入面粉改良剂、增稠剂、抗氧化剂等，有时还需加入营养强化剂等添加剂。预计今后几年内，仅面食品每年需要的添加剂就将达到几十万吨。

② 为配合副食品加工所开发的食品添加剂是今后食品添加剂发展的重点之一。我国的副食品加工十分落后，发展潜力极为可观。以肉食品加工为例，2000 年我国肉类产量已超过 6000 万吨，但方便的肉食品还很少，90% 左右的肉类是以生鲜肉的形式被消费者买回家自行加工，这既费时费力，又易造成较大的浪费。目前的

方便熟肉制品主要是肉肠类，年产量也只有 100 多万吨。因此，方便熟肉制品的发展潜力是巨大的，与此相关的添加剂也必然会有较大的发展。

③ 调味剂将成为今后食品添加剂发展的重要领域。随着人们生活水平的提高，人们对饮食的要求越来越强调风味的多样化。而我国目前的调味料主要是酱油、醋、味精等，这远远满足不了人们生活的需要。为此，今后必须大力发展各种风味的调味料，如从各种贝类的水解液中提取调味料；大力开发新型营养性调味料。例如酵母提取物，它是一种含蛋白质、肽类、氨基酸、呈味核苷酸等成分的复合调味料，目前，欧洲国家年生产量达 9 万吨以上，日本也超过 5000 吨，我国则尚处于起步阶段。

④ 具有生理活性的食品添加剂也是今后发展的一个主要方向。21 世纪的主流食品将是功能食品，这已为世人所公认。因此，具有生理活性的食品添加剂如卵磷脂、活性低聚糖、活性蛋白质、海洋多糖等，必将获得前所未有的重视和发展。

⑤ 从天然提取物中提取天然食品添加剂，一般不需进行毒理学实验，安全性高，也是今后发展的一个主要方向。

二、天然食品添加剂及其基本要求

关于食品添加剂的定义，《中华人民共和国食品卫生法》规定：“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”。同时明确指出“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添加物”也属于食品添加剂范畴。联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）联合组成的食品法规委员会（CAC）以及美国、日本、欧盟和我国台湾省都有明确的食物添加剂的定义。各国的定义在内涵和外延都不尽相同，有一些差异。譬如，有的国家包括营养强化剂，有的不包括，有的包括食品助剂，有的不包括等。但就其定义的本质和食品添加剂的作用都是相同的。无论从各国关于食品添加剂的定义出发，还是从食品添加剂在食品工业中所

起的实际作用看，食品添加剂都具有三方面的重要作用。

第一，它能够改善食品的品质，提高食品的质量，满足人们对食品风味、色泽、口感的要求。

第二，它能够使食品加工制造工艺更合理、更卫生、更便捷，有利于食品工业的机械化、自动化和规模化。

第三，它能够使食品工业节约资源，降低成本，在极大地提升食品品质和档次的同时，增加其附加值，产生明显的经济效益和社会效益。

食品添加剂本身也许并不是一般意义中的食品，但是它将作为食品的一部分被摄入体内，这就要求食品添加剂必须满足一定的要求。这些要求包括：

① 经过充分的毒理学鉴定程序，证明食品添加剂在使用限量范围内对人体无害；

② 食品添加剂在进入人体后，最好能参加人体正常的物质代谢，或能被正常解毒过程解毒后全部排出体外，或因消化道不吸收而全部排出体外；不能在人体内分解或与食品作用形成对人体有害的物质；

③ 食品添加剂在达到一定的工艺功效后，若能在以后的加工、烹调过程中消失或破坏，避免被人体吸收，则更为安全；

④ 食品添加剂中不得检出有害杂质，其他杂质不得超过允许限量；

⑤ 食品添加剂对食品的营养成分不应起破坏作用，也不能引起食品的质量和风味的劣化；

⑥ 食品添加剂应在低剂量下起作用；

⑦ 价格低廉，容易得到；

⑧ 使用简便安全，易于贮运；

⑨ 添加于食品后可被分析鉴定出来。

迄今为止，国际上尚无公认的“天然食品添加剂”定义。日本的定义是：“以存在于自然界中的物质为原料，用于干燥、粉碎、修整、沉淀、抽提、分解、加热、蒸馏、发酵、酶处理、中和等手段所制得的物质。”并规定：

① 凡由化学方法制备的维生素或氨基酸之类天然存在的物质，不属天然食品添加剂；

② 凡用中和方法从天然物质中提取得到的盐类，也不属天然添加剂，如海藻酸属于天然品，海藻酸钠就不属于天然品；

③ 一般除进行物理加工之外，也包括经过发酵、酶处理改性、用水或乙醇等溶剂抽提后再将溶剂除去所得的抽提物，以及通过蒸馏、分子蒸馏、离子交换、色谱分离等物理手段提纯而得到的物质；

④ 一般认为属天然食品范围的淀粉、蔗糖、糊精、饴糖、乳糖等，也都属于天然物质。

作为食品添加剂，天然食品添加剂除了必须是来源于天然物质外，还必须满足上述食品添加剂的基本要求。

三、天然食品添加剂的现状与发展趋势

从 20 世纪后半叶以来，食品的安全性受到了愈来愈严重的关注。作为外加于食品的食品添加剂，其安全性尤其令人关注。进入 21 世纪以后，绿色食品、有机食品已成为世界食品工业的发展方向。而在有机食品及绿色食品（AA 级）中，只允许使用天然食品添加剂，禁止添加任何化学合成的食品添加剂。2000 年 1 月 1 日开始实施的中国强制性国家标准《食品标签通用标准》GB—7718 规定，内销的所有包装食品标签，配料表中的甜味剂、防腐剂、着色剂必须标明具体名称，如糖精钠、苯甲酸等。美、日等其他国家的商标法中也有类似的规定。如果在标签中标明各种化学合成的添加剂，对消费者产生的心理影响是不可低估的。在此情形下，天然食品添加剂的发展就成为了一种不可逆转的趋势。

目前，在食品添加剂中，已经占有优势的天然食品添加剂有酶制剂、胶姆糖基础剂、增稠剂、被膜剂和酸度调节剂中的酸类。而天然品基本解决不了的有漂白剂（如亚硫酸盐类）、膨松剂（小苏打）、护色剂（亚硝酸盐类），其他的天然食品添加剂都有不同程度的进展。

天然防腐剂有溶菌酶、纳他霉素、乳酸链球菌素、桂醛以及 ϵ -聚赖氨酸、果胶酶解物等数十种；天然乳化剂有卵磷脂等近 20 种，美国仅卵磷脂及其衍生物的用量已占乳化剂总用量的 50% 以上；天然增味剂有自溶酵母、酵母提取物、天然肉味香精和核苷酸类等，大有取代味精之势；面粉处理剂方面，用葡萄糖氧化酶取代致癌溴酸钾已得到应用；香料方面，除香辛料和天然提取的精油之外，天然的单离香料已发展到 150 多种；着色剂方面，各国所用合成品已减至 10 种左右，而天然色素已有百余种。1995 年日本天然色素的耗用量达 23604 吨，而合成的仅 186 吨。世界食用色素的市场总额约 13.4 亿美元，其中合成品约 4 亿美元，天然色素约 9.4 亿美元；抗氧化剂目前仍是合成的丁基羟基茴香醚 (BHA)、二丁基羟基甲苯 (BHT)、没食子酸丙酯 (PG)、特丁基对苯二酚 (TBHQ) 占主导地位，但是，除 TBHQ 外，都存在无可弥补的缺陷。国外天然抗氧化剂商品共有近 50 种，抗氧化效果明显优于 BHA 和 BHT 的有迷迭香提取物、鼠尾草提取物、甘草抗氧化物、茶多酚、鞣酸、向日葵籽提取物等；天然甜味剂共有 40 余种，其中研究得最多也最有发展前景的是通过酶改性而获得的各种改性甜菊苷和改性甘草酸如单葡萄糖苷酸基甘草酸、 α -葡萄糖基甘草酸和果糖基甘草酸等。

第一章 天然食品防腐剂

第一节 概 述

据统计,全世界每年的食物中有 20% 因为各种原因被损耗掉了,其中因食品的腐败而损失掉的食物占有很大的比例。引起生鲜食品腐败的原因有多种,如微生物、酶、氧化作用等,其中最主要的原因是微生物的作用。目前,有很多技术手段可以防止食品的腐败,如冷冻、罐藏、干制、辐射、烟熏、腌制、无氧包装等。这些方法各有优势,应用也很广泛。但是它们也存在一些缺陷,如需要较多特殊设备,能源消耗多,改变食品原有的色、香、味,破坏食品的营养成分等,因此,防腐剂在某些条件下的使用仍是不可缺少的。

防腐剂就是能够杀灭微生物或抑制其增殖作用,减轻食品在生产、运输、销售等过程中因微生物而引起的腐败的食品添加剂。实际上,根据防腐剂对微生物作用的性质不同可以分为杀菌剂和抗菌剂两类。但是要严格区分这两类防腐剂是很难的。因为对同一种防腐剂,高浓度时可以杀菌,而低浓度时则只能抑菌;作用时间长时可以杀菌,而作用时间短时则只能抑菌;对某种微生物具有杀菌作用而对另一种微生物则仅有抑菌作用。

防腐剂还可以按其来源不同分成化学防腐剂和天然防腐剂,目前所应用的防腐剂大多为前者。化学防腐剂又可以分成有机化学防腐剂和无机化学防腐剂。有机化学防腐剂主要包括苯甲酸及其盐类、山梨酸及其盐类、丙酸及其盐类、对羟基苯甲酸酯类及乳酸

等。无机化学防腐剂主要包括亚硫酸及其盐类、二氧化碳、硝酸盐和亚硝酸盐类、游离氯及次氯酸盐等。

目前，国外用于食品的防腐剂，美国约有 50 种，日本约 40 种。我国允许使用的防腐剂为 32 种。

天然防腐剂一直是近年来研究开发的重点，也是今后防腐剂发展的主要方向。目前，已开发和正在开发的天然防腐剂按其来源可以分成微生物源天然防腐剂、动物源天然防腐剂、植物源天然防腐剂以及天然有机化合物等类型，主要有鱼精蛋白、壳聚糖类、抗菌肽类、乳酸菌素、蜂胶、溶菌酶、香辛料提取物、琼脂低聚糖、甜菜碱、日扁柏醇、类黑精（茶多酚）、烟熏液、苦瓜浸出汁、马蹄皮提取物、林蒿叶提取物、中草药提取物等。但是，这些天然防腐剂或者抗菌能力差，或者抗菌谱较窄，或有异味杂色，或是价格偏高，或正处于研究之中，实际应用得还很少。不过，有研究证明，如果将它们与某些物质联用，就可以获得较为满意的效果。如鱼精蛋白与乙醇联用，溶菌酶与植酸或多聚磷酸盐等联用，均可大大提高防腐效果。

第二节 防腐剂的作用机理及影响因素

一、防腐剂的作用机理

防腐剂的种类很多，它们防腐作用的机理各不相同，迄今为止尚有不少未明之处。归纳起来，防腐作用的机理不外乎有以下几种：①通过使蛋白质变性而抑制或杀灭微生物；②干扰微生物细胞膜的功能；③干扰微生物的遗传机理；④干扰微生物细胞内部酶的活力。

二、影响因素

同一种防腐剂在不同的条件下使用时，其抗菌或杀菌效果是不一样的。这主要是因为防腐剂的防腐效果要受到许多因素的影响，

如 pH 值、细菌状况、防腐剂的溶解性和分散性、热处理及其他物理处理状况以及是否与其他物质联用等。

1. pH 值

目前常用的防腐剂中有很多是酸性防腐剂。这类防腐剂的防腐效果在很大程度上受其 pH 的影响。一般来说，pH 值越低，其防腐效果越好。例如山梨酸对黑根霉起完全抑制作用的最小浓度在 pH 值为 3.0 时为 0.007%，而在 pH 值为 6.0 时为 0.2%，后者比前者增大了 30 倍左右。

这类防腐剂的防腐效果之所以与 pH 值密切相关，是因为酸性防腐剂的防腐作用取决于溶液中未解离的成分。未解离的分子较容易渗透通过微生物细胞膜进入细胞内，引起蛋白质变性和抑制细胞内酶的活性，从而起防腐作用。

2. 细菌状况

食品最初污染菌数、微生物的种类、是否有芽孢等情况对防腐剂的防腐效果有很大的影响。显然，在其他条件相同时，食品最初污染的菌数越多，防腐剂的防腐效果就越差。如果食品的污染程度已相当严重，且微生物的生长已进入指数生长期，此时再单纯使用防腐剂很难保证食品贮藏的安全性。在此情形下，如要达到防腐的目的，就必须配合使用热处理、辐射等其他保藏手段。因此，尽管在食品生产过程中有多种保藏技术可供选择，但是要让它们充分发挥作用，就必须严格控制从原料到成品销售的整个流通过程中的卫生状况。

由于每一种防腐剂都具有其特定的抗菌谱，因此，食品污染的微生物种类对防腐剂的防腐效果有较大的影响。另外，芽孢的抵抗力较营养细胞更强，这将削弱防腐剂的防腐效果。

3. 溶解性和分散性

防腐剂的溶解性和分散性好坏将影响其使用效果。防腐剂的溶解性和分散性好则易使其均匀分布于食品中，而溶解性和分散性差的防腐剂则很难均匀分布于食品中，这将使食品中某些部位的防腐剂含量过少而起不到防腐作用，某些部位又因防腐剂含量过多而超标。

4. 热处理

一般地，加热处理可以增强防腐剂的防腐效果。而在加热杀菌时加入防腐剂，则可使杀菌时间缩短。例如，在 56℃ 时使酵母的营养细胞数减少一个对数循环需要 180min，而加入 0.5% 的对羟基苯甲酸丁酯后仅需 4min。这说明加热与防腐剂之间存在协同作用。不过要注意掌握防腐剂加入的时机，特别是具有挥发性的防腐剂，不宜在加热前添加。另外，防腐剂配合其他物理保藏手段如冷冻、包装等一起使用，也可收到良好的效果。

5. 与其他物质的联用

前已述及，每一种防腐剂都有其特有的抗菌谱，因此，如果将两种或更多种防腐剂联用，就可以扩大它们的抑菌范围，从而提高防腐剂的防腐效果。但是，并不是任意两种防腐剂都可以联用。不同防腐剂之间是否可以联用要通过实验确定，而且不能使总用量超过最大用量。实际上，不同防腐剂之间的联用并不常见，而同一种类型的防腐剂联用如山梨酸与其钾盐联用，或防腐剂与其他增效剂之间联用如防腐剂与食盐、糖等联用，鱼精蛋白与乙醇联用等，则较为普遍。

第三节 化学防腐剂概况

一、概述

目前实际应用的防腐剂大多数是化学防腐剂，主要有苯甲酸及其钠盐、丙酸及其盐类、山梨酸及其钾盐、尼泊金酯等。它们的特性见表 1-1。

表 1-1 几种主要的化学防腐剂的特性

种 类	分 子 式	活性形式	pH 范围	目标微生物
苯甲酸及其钠盐	$C_6H_5COOH(Na)$	未解离形式	2.5~4.0	酵母、细菌，对霉菌无效（与山梨酸合用浓度 0.06%~0.1%）
丙酸（钠和钙盐）	$CH_3CH_2COOH(Na, Ca)$	未解离形式	≤5.0	霉菌等

续表

种 类	分 子 式	活性形式	pH 范围	目标微生物
山梨酸及其钾盐	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCOOH}(\text{K})$	未解离形式	活性随 pH 值降低而增强, pH 值到 6.5 仍有活性	霉菌和酵母
对羟基苯甲酸 (甲、乙、丙、丁酯)	$\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOR}$	活性随链长增加而增强	pH 值 7.0 以上	霉菌和酵母, 对细菌尤其是 G^- 无效
亚硫酸盐及 SO_2	$\text{SO}_2, \text{SO}_3^{2-}, \text{SO}_3^-, \text{S}_2\text{O}_5^{2-}$	未解离的硫酸	≤ 4.5	细菌、霉菌、酵母
亚硝酸盐和硝酸盐	$\text{NaNO}_2, \text{KNO}_2, \text{NaNO}_3, \text{KNO}_3$	亚硝酸盐	5.0~5.5	肉毒杆菌孢子
环氧化合物	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$	环氧乙烷比环氧丙烷更活泼, 环氧丙烷需加热才能表现出活性		可消灭所有的微生物, 包括孢子和病毒

二、几种常用的化学防腐剂的抗菌能力及其应用

1. 苯甲酸及其钠盐

苯甲酸及其钠盐是目前食品工业中最常用的防腐剂之一, 主要用于饮料等液体食品的防腐。苯甲酸的分子式为 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$, 相对分子质量为 122.12。苯甲酸为白色有丝光的鳞片或针状结晶, 无臭或微带安息香的气味。性质稳定, 但可吸潮。相对密度 1.2659, 沸点 249.2°C , 熔点 $121\sim 123^\circ\text{C}$, 100°C 开始升华, 在酸性条件下易同水蒸气挥发。在 25% 的饱和水溶液中的 pH 值为 2.8。苯甲酸在水中的溶解度受温度的影响, 温度升高溶解度增加。例如在 25°C 时, 苯甲酸在水中的溶解度为 0.34%, 而在 50°C 时为 0.95%。苯甲酸易溶于乙醇, 在 25°C 时溶解度可达 46.1%。与此

相反，苯甲酸钠易溶于水而微溶于乙醇。在 25℃ 时，苯甲酸钠在水中的溶解度可达 50%，而在乙醇中仅为 1.3%。因此，实际中常用苯甲酸钠代替苯甲酸。

苯甲酸的抗菌性见表 1-2。在偏酸性的环境中，苯甲酸具有较广泛的抗菌谱。但在 pH 值 5.5 以上时，苯甲酸对很多霉菌和酵母没什么作用。苯甲酸对产酸菌的作用也很弱。苯甲酸抑菌的最适 pH 值为 2.5~4.0。因此，在实际使用苯甲酸及其钠盐时，pH 值应低于 4.5~5.0。

表 1-2 苯甲酸的抗菌性（完全抑制的最小浓度）/%

对象微生物	pH 值为 3.0	pH 值为 4.5	pH 值为 5.5	pH 值为 6.0	pH 值为 6.5
黑曲霉	0.013	0.1	<0.2	<0.2	
娄地青霉	0.006	0.1	<0.2	<0.2	
黑根霉	0.013	0.05	<0.2	<0.2	
啤酒酵母	0.013	0.05	0.2	<0.2	<0.2
毕赤氏皮膜酵母	0.025	0.05	0.1	<0.2	
异形汉逊酵母	0.013	0.05	<0.2	<0.2	
纹膜醋酸杆菌		0.2	0.2	<0.2	
乳酸链球菌		0.025	0.2	<0.2	
嗜酸乳杆菌		0.2	0.2	<0.2	
肠膜状明串珠菌		0.05	0.4	0.4	<0.4
枯草芽孢杆菌			0.05	0.1	0.4
嗜热酸芽孢杆菌			0.1	0.2	<0.4
巨大芽孢杆菌			0.05	0.1	0.2
浅黄色小球菌				0.1	0.2
薛基尔假单胞菌				0.2	0.2
普通变形杆菌			0.05	0.2	<0.2
生芽孢梭状芽孢杆菌				<0.2	
丁酸梭状芽孢杆菌				0.2	<0.2

苯甲酸的抑菌机理：非选择性地抑制微生物细胞的呼吸酶系的活性，特别是具有很强的阻碍乙酰辅酶 A 缩合反应的作用。另外，还具有阻碍细胞膜的功能。

苯甲酸钾及苯甲酸钠的用途见表 1-3。因苯甲酸难溶于水，实际应用时常以苯甲酸钠或苯甲酸钾代替之。

表 1-3 苯甲酸钠及苯甲酸钾在食品中的应用

食 品 种 类	苯甲酸钠	苯甲酸钾
饮料	0.03~0.08	0.03~0.1
苹果汁或酒	0.1	0.1
糖浆	0.2(pH 值 5), 0.1(pH 值 4)	0.2(pH 值 5), 0.1(pH 值 4)
橄榄	0.3	
樱桃酒	0.05~0.1	0.06~0.1
柠檬色拉	0.03~0.08	0.04~0.09
果冻、果酱、果子露等	<0.1	<0.1
人造黄油	0.1	0.13
酱油、醋	<0.1	<0.1

2. 山梨酸及其钾盐

山梨酸又名 2,4-己二烯酸, 分子式为 $C_6H_8O_2$, 相对分子质量 112.13。本品为无色针状结晶或白色结晶性粉末, 无嗅或稍带刺激性臭味。对光和热较稳定, 但长期与空气接触时易被氧化着色。熔点 $133\sim 135^\circ\text{C}$, 沸点 228°C (分解), 饱和水溶液 pH 值 3.6。山梨酸微溶于水, 如在 20°C 的水中溶解度为 0.16%。而山梨酸钾易溶于水, 在 20°C 的水中溶解度可达 138%。山梨酸的抗菌性见表 1-4。

表 1-4 山梨酸的抗菌性

对象微生物	pH 值为 3.0	pH 值为 4.5	pH 值为 5.5	pH 值为 6.0	pH 值为 6.5
黑曲霉	0.025	0.05	0.2	<0.2	
娄地青霉	0.013	0.05		<0.2	
黑根霉	0.006	0.025	0.1	0.1	0.2
啤酒酵母	0.013	0.025	0.05	0.2	<0.2
球形德巴利酵母	0.025	0.05	0.2	0.2	<0.2
异形汉逊酵母	0.013	0.025	0.05	0.1	0.1
毕赤酵母		0.025	0.05	0.2	0.2
纹膜脂酸杆菌		0.2	0.2	<0.2	
乳酸链球菌		0.1	0.2	0.2	<0.2
嗜酸乳杆菌		<0.2	0.2	<0.2	
枯草芽孢杆菌			0.1	0.1	0.2
蜡状芽孢杆菌			0.05	0.1	0.2
嗜热酸芽孢杆菌			0.1	0.2	0.2
巨大芽孢杆菌			0.05	0.1	0.2
金黄色葡萄球菌			0.1		
普通变形杆菌			0.1	0.2	<0.2
生芽孢梭状芽孢杆菌				<0.2	