

THEORIES AND PRACTICES ON
PRESERVATIVE PRODUCED
BY LACTOBACILLUS PARACASEI

副干酪乳杆菌 产生防腐剂 的理论与实践

雷虹 著

黑龙江科学技术出版社



副干酪乳杆菌产生防腐剂的理论与实践
THEORIES AND PRACTICES ON PRESERVATIVE
PRODUCED BY LACTOBACILLUS PARACASEI

雷 虹 著

黑龙江科学技术出版社
中国·哈尔滨

图书在版编目 (CIP) 数据

副干酪乳杆菌产生防腐剂的理论与实践/雷虹著.
哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 2007.3
ISBN 978-7-5388-5319-3

I. 副... II. 雷... III. 食品—防腐剂
IV. TS202.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 028326 号

责任编辑 常瀛莲
封面设计 洪 冰
版式设计 汪 涟

副干酪乳杆菌产生防腐剂的理论与实践
THEORIES AND PRACTICES ON PRESERVATIVE
PRODUCED BY LACTOBACILLUS PARACASEI
雷 虹 著

出 版 黑龙江科学技术出版社
(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)
电话 (0451) 53642106 电传 53642143 (发行部)
印 刷 黑龙江龙新印刷有限公司
发 行 黑龙江科学技术出版社
开 本 850×1168 1/32
印 张 5.125
字 数 154 000
版 次 2007 年 7 月第 1 版·2007 年 7 月第 1 次印刷
印 数 1—1 000
书 号 ISBN 978-7-5388-5319-3/S·649
定 价 20.00 元

前 言

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高,人们对食品的安全性要求越来越高,食品添加剂的安全日益受到人们关注,消费者尤其对添加化学防腐剂的食品心存顾忌。因此,寻求广谱、高效、无毒、天然的食品防腐保鲜剂,是目前食品科学研究中的热点之一。

天然防腐剂可来源于动物、植物和微生物。微生物防腐剂具有生产周期短、生产效率高、成本低,并可通过现代生物技术对菌种进行改造、代谢调控、分子修饰等操作,提高产品产量和质量,降低成本,合成性状更优良的新物质等优点,因此微生物源天然防腐剂是最具开发潜力的产品。

作为人类益生菌的乳酸菌所产生的细菌素类天然防腐剂,种类繁多、安全无毒、抑菌范围广、抑菌活性强、热稳定性好、不影响食物性状,且有一定营养保健作用,因而倍受推崇,是微生物源天然防腐剂中大有前途的食品防腐剂。

笔者从保质期超长的 L-乳酸酸菜发酵液中分离出一株具有很强的生存竞争能力和对其他菌株有强烈抑制作用的 *Lactobacillus paracasei* (副干酪乳杆菌),命名为 *Lb. paracasei* HD1.7。该菌可产生一种肽类物质,该肽对热有很强的耐受性,具有广谱抑菌活性,不仅抑制 G^+ 菌,还可抑制 G^- 菌,并对常见致病菌如 *Bacillus megaterium* (巨大芽孢杆菌), *Listeria sp.* (李斯特氏菌), *Salmonella sp.* (沙门氏菌), *Proteus vulgaris* (普通变形杆菌), *Shigella sp.* (志贺氏菌), *Bacillus cereus* (蜡状芽孢杆菌)也有很强的抑制作用。这种肽类天然防腐剂安全、营养、高效、广谱,顺应了人们追求健康、绿色、天然有机食品的需要,

顺应了现代社会和经济发展的需求，很具开发价值。

本书主要介绍肽类防腐剂产生菌的选育过程，主要内容包括：从L-乳酸酸菜水中分离到一株能产生肽类防腐剂的乳酸菌，进行了表型、生理生化、16SrDNA 序列分析，鉴定为 *Lb. paracasei*；对该菌株产生的肽类物质进行提取纯化、鉴定及性质分析；并优化了该菌株的培养和发酵条件；通过原生质体融合的方法进行高产菌株的选育。

愿本书的内容能够为本领域的同类研究提供一些参考和借鉴。由于笔者的能力、经验和时间的有限，本书内容尚存在许多不足之处，敬请读者包涵并给与批评指正。

本课题的研究得到了黑龙江省科技厅重大攻关项目、省发展改革委重大项目、哈尔滨市科委项目以及黑龙江丰源实业集团有限公司的大力资助；并得到导师周东坡教授的悉心指导、院长平文祥教授的指导与大力支持，以及庄海霁、何堃、张铁丹等硕士研究生的大力帮助，在本书出版之际，表示由衷的感激。

雷 虹

2007 年于哈尔滨

目 录

第一章 食品防腐剂的研究进展	(1)
第一节 食品防腐剂的发展概况	(1)
一、食品防腐剂的种类及性质	(2)
二、食品防腐剂的使用现状	(9)
三、食品防腐剂的发展趋势	(11)
第二节 乳酸菌产生的肽类防腐剂的研究与使用现状	(13)
一、常见的乳酸菌素	(14)
二、乳酸菌素的分类	(16)
三、乳酸菌素的合成与修饰	(18)
四、乳酸菌素的抑菌机制	(19)
五、乳酸菌素抑菌活性的影响因素	(19)
六、乳酸链球菌素	(20)
七、乳酸菌素在食品防腐剂领域的发展趋势	(22)
第三节 <i>Lb. paracasei</i> 的应用	(22)
一、用于生产 L-乳酸	(22)
二、在食品行业中的应用	(23)
三、在医疗保健方面的应用	(23)
四、用于废料的循环利用	(24)
五、用于代谢产生细菌素	(24)
第二章 肽类防腐剂产生菌的分离与鉴定	(26)
第一节 酸菜发酵液中具有抑菌活性物质的确定	(26)
一、材料与方法	(26)
二、结果与分析	(28)
三、小结	(29)

第二节 肽类防腐剂产生菌的分离与筛选 (29)

一、材料与方法 (29)

二、结果与分析 (31)

三、小结 (34)

第三节 HD1.7 菌株的分类鉴定 (34)

一、材料与方法 (34)

二、结果与分析 (42)

三、小结 (48)

第四节 *Lb. paracasei* HD1.7 的生物学特性研究 (48)

一、材料与方法 (48)

二、结果与分析 (52)

三、小结 (57)

2 第三章 肽类防腐剂的提取及性质研究 (59)

第一节 肽类防腐剂的提取纯化 (59)

一、材料与方法 (59)

二、结果与分析 (63)

三、小结 (65)

第二节 肽类防腐剂的性质研究 (65)

一、材料与方法 (66)

二、结果与分析 (68)

三、小结 (73)

第四章 *Lb. paracasei* HD1.7 菌株培养基成分及培养

条件的优化 (74)

一、材料与方法 (74)

二、结果与分析 (77)

三、小结 (89)

第五章 原生质体融合选育高产菌株 (90)

第一节 双亲株抗药性的筛选 (90)

一、材料与方法 (90)

二、结果与分析	(94)
三、小结	(97)
第二节 双亲株原生质体的制备	(97)
一、材料与方法	(97)
二、结果与分析	(100)
三、小结	(106)
第三节 融合子的再生及鉴定	(106)
一、材料与方法	(107)
二、结果与分析	(110)
三、小结	(116)
第六章 结论与讨论	(117)
一、抑菌物质的检测及其产生菌的分离与鉴定	(117)
二、 <i>Lb. paracasei</i> 产生的抗菌肽及提取	(119)
三、 <i>Lb. paracasei</i> HD1.7 菌株培养基成分及培养 条件优化	(121)
四、 <i>Lb. paracasei</i> HD1.7 与 <i>S. albulus</i> 的原生质体 融合技术	(122)
参考文献	(127)
附录	(145)

第一章 食品防腐剂的研究进展

食品是人类生存的物质基础，为人体提供着各种营养素和能量。不过，随着人们生活水平的提高，食品的作用不再单纯局限于此，它还要满足人类对美味的嗜好要求和现代快节奏生活的需要，因此对于食品除了要求其营养丰富外，还要求其色、香、味俱佳，并且具有一定的货架寿命。要满足以上一系列要求，必须在纯天然食品中添加各种食品添加剂。现在，食品添加剂已成为现代食品工业的重要支柱。

20 世纪以来，食品和食品添加剂工业迅速发展，食品添加剂的品种显著增多，迄今为止，国内外使用的食品添加剂的总数已达 25 000 种以上。

食品添加剂按来源的不同，可分为天然和化学合成两大类。天然食品添加剂是指利用动植物或微生物的代谢产物等为原料，经提取所获得的天然物质；化学合成食品添加剂是指采用化学手段，使元素或化合物通过氧化、还原、缩合、聚合、成盐等合成反应而得到的物质。目前使用的大多属于化学合成食品添加剂。

第一节 食品防腐剂的发展概况

食品防腐剂是指用于防止食品在储存、流通过程中主要由微生物繁殖引起的腐败变质，提高保存性能，延长食用价值而在食品中使用的添加剂。食品的营养丰富，极易受微生物污染而腐败变质。为保证食品的食用安全性，人们采用了许多方法，如盐渍、罐藏、冷藏等来保藏食品，但其中最为有效的是使用防腐剂。因此，作为重要的食品添加剂之一——防腐剂，在食品工业



中被广泛使用。

一、食品防腐剂的种类及性质

目前世界各国食品防腐剂的种类很多，美国允许使用的防腐剂约有 50 余种，日本有 40 余种。我国食品添加剂使用卫生标准 GB2760-86 公布的防腐剂，有苯甲酸及其钠盐，山梨酸及其钾盐，二氧化硫、焦亚硫酸钠与焦亚硫酸钾，丙酸钠与丙酸钙，对羟基苯甲酸乙酯与对羟基苯甲酸丙酯，以及脱氢醋酸等。

1. 根据性质不同分类

根据性质不同，可将防腐剂分为四大类：

(1) 酸性防腐剂 如苯甲酸、山梨酸和丙酸以及它们的盐类。这类防腐剂的特点是只在酸性环境中起防腐效果，体系酸性越大，其防腐效果越好。而在碱性条件下几乎无效。

(2) 酯型防腐剂 如尼泊金酯类、没食子酸酯及抗坏血酸棕榈酸酯等。该类防腐剂的特点是 pH 适用范围很宽，毒性也比较低，但其溶解性较低，一般需复配使用。复配后，一方面可提高防腐效果，另一方面还可提高溶解度。

(3) 无机盐防腐剂 如含硫的亚硫酸盐、焦亚硫酸盐等，由于使用这些盐后残留的二氧化硫能引起过敏反应，现在一般只将它们列入特殊的防腐剂中。

(4) 生物防腐剂 如乳酸链球菌素、溶菌酶等。这些物质在体内可以分解成营养物质，安全性很高，有很好的发展前景。

2. 根据来源不同分类

食品防腐剂根据来源不同，可分为化学防腐剂和天然防腐剂两种。

(1) 食品中常用的化学防腐剂的种类及性质

① 苯甲酸。苯甲酸 (benzoic acid) 亦称安息香酸，其杀菌、抑菌效力随介质的酸度增高而增强，在碱性介质中则无杀菌、抑菌作用，防腐的最适 pH 为 2.5~4.0。苯甲酸通过干扰微生物细

胞膜的通透性，抑制细胞膜对氨基酸的吸收来发挥抑菌效力。但苯甲酸的毒性比山梨酸大，许多国家已逐渐用山梨酸取代苯甲酸作为食品防腐剂。

②山梨酸。山梨酸 (sorbic acid) 为 2, 4-己二烯酸，也称花楸酸，对霉菌、酵母菌和好气性细菌的生长发育有抑制作用，对嫌气性细菌几乎无效。山梨酸为酸型防腐剂，在酸性介质中对微生物抑制效果良好，随 pH 的增大，防腐效果降低，pH 为 8 时，丧失防腐作用，适用于 pH 在 5.5 以下的食品防腐。山梨酸通过干扰传递功能产生抑菌效果。由于山梨酸钾有很强的抑制腐败菌和霉菌的作用，而且毒性远低于其他化学合成防腐剂，所以为大多数国家所使用，是使用最多的防腐剂。

③丙酸及其盐。丙酸系列防腐剂目前使用较普遍，主要有：丙酸 (propanoic acid)、丙酸钠 (sodium propionate)、丙酸钙 (calcium propionate)。

3

丙酸对酵母无效，而对其他微生物有一定的作用，因而可以用于需要酵母发酵的产品中。丙酸钠对霉菌有良好的效能，而对细菌抑制作用较小；它是酸型防腐剂，起防腐作用的主要是未离解的丙酸，所以应在酸性范围内使用。丙酸钠用于面包发酵，可抑制杂菌生长及乳酪制品防霉等。丙酸钙的防腐性能与丙酸钠相同，也是在酸性介质中游离出丙酸，从而发挥抑菌作用。丙酸钙会降低化学膨松剂的效果，不如丙酸钠常用。然而，其优点在于在糕点、面包和乳酪中使用丙酸钙，可补充食品中的钙质。

④对羟基苯甲酸酯类。对羟基苯甲酸酯类 (esters *p*-hydroxybenzoate) 又称尼泊金酯，主要包括对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯和对羟基苯甲酸异丁酯等。它们对食品均有防止腐败的作用，其中以对羟基苯甲酸丁酯的防腐作用最好。

对羟基苯甲酸酯类的抗菌能力在 pH 为 4~8 的范围内有较好的效果。对羟基苯甲酸乙酯对霉菌、酵母有较强的抑制作用，

对细菌特别是革兰阴性杆菌和乳酸菌的抑制作用较弱，其抗菌作用较苯甲酸和山梨酸强；对羟基苯甲酸丙酯的防腐性能优于对羟基苯甲酸乙酯，对苹果青霉、黑根霉、啤酒酵母、耐渗压酵母等有良好的抑杀能力；对羟基苯甲酸丁酯的抗菌能力大于对羟基苯甲酸乙酯和对羟基苯甲酸丙酯，对酵母和霉菌有强抑制作用，在中性条件下能充分发挥防腐败作用。

⑤脱氢醋酸与脱氢醋酸钠。脱氢醋酸 (dehydroacid, DHA) 与脱氢醋酸钠 (sodium dehydroacetate) 有较强的抗细菌能力，对霉菌和酵母的抗菌能力更强，并且抗菌作用不受酸碱度影响，也不受加热等其他因素影响。但一些国家认为它们是有害物质，不准使用。

④富马酸二甲酯。富马酸二甲酯 (dimethyl fumarate, DMF) 亦称延胡索酸二甲酯，它的耐热性能好，适用 pH 范围宽，在 pH 为 3~8 范围内均可使用。虽然富马酸二甲酯一直未被列入食品添加剂使用卫生标准，但实际上由于其高效、低毒、广谱的抗菌防霉作用，它已被广泛应用于食品、水果、鱼、肉、蔬菜以及饲料等行业。富马酸二甲酯具有较强的升华性，也可用于食品加工场合的空气净化，还可利用其挥发性，将其用于粮食的防霉、防虫。

⑦双乙酸钠。双乙酸钠 (sodium diacetate)，又称双乙酸氢钠，为乙酸和乙酸钠的复合物。双乙酸钠对细菌和霉菌有较好抑制效果，与山梨酸等合用时具有良好的协同效应。双乙酸钠除用作防腐、防霉剂外，也用做螯合剂，用于屏蔽食品中引起氧化作用的金属离子。1989 年，我国食品添加剂使用卫生标准将它列为防腐剂，使用范围为谷物和豆制品食品，最大使用量为 1 g/kg。

(2) 天然食品防腐剂的种类及性质

①天然有机化合物。可在食品保存技术中应用的天然有机化合物很多，主要包括有机酸（醋酸、乳酸等）、乙醇、多糖类物

质(甘露糖、几丁质等)、酶类(蛋白酶、氧化酶、还原酶等)、维生素(维生素C, 维生素E, 维生素P)、脂肪酸酯, 还有普通食品原料中的糖、油、淀粉等。

②矿物提取物。从岩盐层岩石中的矿物盐类中提取的某些物质, 可用于杨梅、草莓、蘑菇等食品的防腐保鲜。

③植物源天然食品防腐剂。据不完全统计, 目前世界上具有抗菌防腐作用的植物至少有2 000种左右。植物源抗菌防腐剂的特点是毒性低、来源丰富和价格低廉。研究比较多的有如下几种:

1) 果胶分解物。日本山梨大学横土冢弘毅教授等在研究中发现, 用酶分解果胶而得到的果胶分解物对食品有很强的防腐作用, 特别是对大肠杆菌有显著的抑制增殖作用。20世纪90年代中期, 日本一家公司将果胶分解物作为天然防腐剂开发成功。目前, 国外以果胶分解物为主要成分, 配合其他天然防腐剂, 已广泛应用于酸菜、咸鱼、牛肉饼等食品的防腐。

2) 茶多酚。大量实验表明, 茶多酚具有很好的防腐保鲜作用, 对枯草杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、龋齿链球菌以及毛霉菌、青霉菌、赤霉菌、炭疽病菌、啤酒酵母菌等均有抑制作用。此外, 茶多酚摄入人体后对人体有良好的生理效应, 能改善血管的渗透性能, 增强血管壁弹性, 降低血压, 促进维生素C的吸收与同化, 还有抗癌、防龋、抗机体脂质氧化和抗辐射等作用。

3) 琼脂低聚糖。从海藻中提取的琼脂, 主要成分是琼脂糖, 其酶分解物即为琼脂低聚糖。琼脂低聚糖具有较强的抑菌和防止淀粉回生老化的作用, 目前普遍用于挂面、面包和糕点等食品中。

4) 香精油。近几十年来香精油抑制微生物的作用及作为食品保存剂有不少报道。除从热带芳香植物中提取的香精油可以作为天然防腐剂外, 目前发现许多香辛料和一些中草药的精油具有

抗菌能力,包括生姜油树脂、山苍子油、丁香油树脂、竹叶、大黄、连翘、花椒、大蒜、肉桂、黑胡椒、肉豆蔻、八角茴香、薄荷、辣椒、迭迭香、绿茶和腰果等。Knobloch 等对植物香精油的抗菌性能进行了研究,证明其抗菌性能是基于抗菌剂在菌体细胞膜双磷脂层中的溶解度,而精油中的类萜类会降低生物膜的稳定性,并干扰能量代谢的酶促反应。

5) 大蒜辣素。大蒜中含有一种称为大蒜辣素的成分,对痢疾杆菌等一些致病性肠道细菌和常见食品腐败、真菌都有较强的抑制和杀灭作用。经研究发现,大蒜的防腐能力与食品防腐剂中的苯甲酸、山梨酸效果相似,是目前发现的具有抗真菌作用植物提取物中效力最强的一种。

④动物源天然食品防腐剂。随着研究的深入,来源于动物及其附属物的抗菌物质的研究和应用取得了一定的进展。这类防腐品种较多,主要有溶菌酶、鱼精蛋白、壳聚糖、蜂胶等。

1) 溶菌酶。溶菌酶是一种专门作用于细胞壁的水解酶,存在于人的唾液、眼泪、蛋清、哺乳动物乳汁、植物和微生物中。它对人体安全、无毒,无副作用,且具多种营养与药理作用,所以是一种安全的天然防腐剂。溶菌酶是一种比较稳定的碱性蛋白质,在酸性条件下最稳定。在 pH 为 3 时能耐 100 ℃ 加热 40 min,在中性和碱性条件下耐热性较差, pH 为 7 时 100 ℃ 处理 10 min 就失活。研究最多的鸡蛋清中的溶菌酶,对革兰氏阴性菌、枯草杆菌、地衣芽孢杆菌等都有抗菌作用,广泛用于清酒、干酪、香肠、奶油、糕点、生面条、水产品、熟食及冰淇淋等食品的防腐保鲜。

2) 鱼精蛋白。鱼精蛋白是一种在鱼类精核中发现的聚阳离子肽,它对枯草杆菌、芽孢杆菌、芽孢耐热菌、乳酸菌等革兰氏阳性菌及霉菌均有较强的抑制作用,但对革兰氏阴性菌抑制效果不明显。鱼精蛋白在中性和碱性介质中的抗菌能力较高,热稳定性也相当高,在 210 ℃ 高温下加热 90 min 仍有一定的活性,可

以与食品热处理并用。蛋白质、脂肪、糖类对鱼精蛋白的抗菌活性影响较小,这使它在富含糖类和蛋白质类的食品中应用成为可能。但根据国外报道,从鱼精蛋白的进化特点考虑,在含核酸较多的食品或含酸性多糖类较丰富的食品中,其抗菌效果相对较低。

3) 昆虫抗菌肽。到目前为止,在昆虫中已发现了大量的抗菌肽、抗真菌肽以及既抗细菌又抗真菌的抗菌肽,在食品防腐剂领域研究最多的是 Cecropin。抗菌肽的抗菌机理是在微生物细胞膜上形成通道,引起细胞质溢流。

4) 壳聚糖。壳聚糖又叫甲壳素,是从蟹壳、虾壳中提取的一种多糖类物质。在浓度为 0.4% 时,对大肠杆菌、普通变形杆菌、枯草杆菌、金黄色葡萄球菌均有较强的抑制作用。壳聚糖与醋酸铜、己二酸配成的防腐剂抗菌作用更明显且不影响食品风味。壳聚糖不溶于水,通常将其溶解于食醋中,主要用于泡腌食品。

5) 蜂胶。蜂胶中含有大量活跃的还原因子,因其较强的抗氧化性,可作为油脂和其他食品的天然抗氧化剂。蜂胶多酚类化合物具有抑制和杀灭细菌的作用,可作为食品防腐剂。蜂胶还可改善食品的风味和色泽。近年来研究发现,蜂胶还具有较强的医疗保健价值,可制成天然口香糖,具有洁齿、护牙作用。

6) 海藻糖。海藻糖是一种无毒低热值的二糖,存在于蘑菇、蜂蜜、海虾及面包酵母中,甜度极低。海藻糖作为一种新型的天然防腐剂,已广泛应用于食品领域。添加海藻糖的食品经冷冻、干制甚至复水后具有良好的抗腐败效果,而且品质也不会发生变化。利用这一特性,日本等国把海藻糖用于水果、蔬菜的保鲜,且可根据生产具体需要适量添加。

⑤微生物源天然防腐剂。微生物源天然防腐剂由微生物代谢产物制得,细菌、放线菌、酵母菌、霉菌等许多种微生物均可代谢产生具有抗菌活性的物质。采用这种途径获得天然防腐剂价格

低于从动植物中提取获得的防腐剂，而且很容易通过菌种改造获得性质更为优良的自然防腐剂。

1) 细菌代谢产生的生物防腐剂。细菌素 (bacteriocin) 是细菌产生的具有抑菌活性的多肽 (抗菌肽) 或多肽与糖和脂的复合物。具有抗菌防腐作用的细菌素有很多，例如由植物乳杆菌和 *P. acidilactici* 产生的小球菌素 (Pediocin)，*Ent. Faecalis* 产生的 Enterocin，*Leu. Gelidum* 产生的 Leucocin 等。但被广泛应用于食品行业的细菌素只有乳酸链球菌素。

2) 放线菌产生的生物防腐剂。聚赖氨酸 (poly-lysine) 是日本新开发的广谱抗菌剂，是由链霉菌属的生产菌产生的代谢产物。它在中性和弱酸性范围内抑菌效果良好，对细菌、真菌都有显著作用，对耐热性较强的芽孢杆菌和厌氧梭状芽孢杆菌也有效果。在盒饭和方便菜肴、面包点心、奶制品、冷藏食品和袋装食品等方面有着广泛应用。

纳他霉素 (Natamycin) 由纳他链霉菌受控发酵制得，难溶于水以及多种有机溶剂，特别适用于表面应用。纳他霉素能有效抑制和杀死霉菌、酵母、丝状真菌，但对细菌、病毒及其他微生物没有活性。纳他霉素应用于奶酪、香肠、饮料、果酱等生产中。GB2760-96 规定，用 200~300 mg/kg 悬液浸泡或喷洒，残留量不超过 100 mg/kg。

球孢链霉菌产生的溶菌酶能特异性溶解金黄色葡萄球菌和其他食品污染菌，比蛋白溶菌酶的溶菌谱更为广泛。

3) 酵母菌产生的生物防腐剂。自然界有一类嗜杀酵母 (killer yeast)，在生长过程中能向体外分泌一种蛋白-嗜杀毒素，杀死同族及亲缘酵母。现在，研究最深入的是来自酿酒酵母的 K_1 毒素。该毒素有 α 和 β 两个亚基，二者中间被糖基化 γ 肽隔开。其杀菌的作用机制主要是造成细胞质膜的离子泄漏。从植物病原菌玉米黑粉菌中，也可以分离出具有典型嗜杀特性的毒素—— KP_6 毒素。

4) 霉菌产生的生物防腐剂。红曲霉产生的抑菌物质主要用于细菌,这种抑菌物质与所产生的聚酮类色素有关。米曲霉发酵产生的曲酸对某些细菌和真菌有抑制作用。沙门柏干酪青霉接种于干香肠表面,可抑制霉菌生长。从巨曲霉中得到的一种小分子的碱性蛋白质,对丝状真菌的生长具有抑制作用。

5) 食(药)用菌产生的生物防腐剂。据报道,目前已发现至少 27 属、222 种食用菌可产生抗菌性物质,如竹荪菌丝对革兰氏阳性细菌(乳酸菌、枯草杆菌)、革兰氏阴性菌(醋酸菌、谷氨酸菌等)及酵母菌、霉菌都有明显的拮抗作用。灵芝对大多数细菌和霉菌都有一定抑菌作用。

二、食品防腐剂的使用现状

1. 化学防腐剂的使用及生产情况

到目前为止,我国批准使用的食物防腐剂有 32 种,应用较为广泛的三大化学防腐剂品种为苯甲酸、山梨酸、丙酸及其盐类。

丙酸的抗真菌、霉菌效果在 pH 为 5~6 时优于苯甲酸,且价格低于山梨酸,是理想的食品防腐剂之一。

山梨酸及其盐类抗菌力强,毒性小,是一种不饱和脂肪酸,可参与人体的正常代谢,并被转化而产生二氧化碳和水,且防腐效果好,对食品口味也无不良影响。因此,许多国家普遍使用山梨酸。

苯甲酸及其钠盐因有积蓄中毒现象的报道,在国际上对其使用一直存有争议,欧共体儿童保护集团认为它不宜用于儿童食品中,日本也对它的使用进行了严格限制。尽管苯甲酸的毒性比山梨酸强,而且在相同的酸度值下抑菌效力仅为山梨酸的 1/3,但由于苯甲酸及其钠盐价格低廉,目前仍被国内食品业广泛使用。据调查,对 121 种易拉罐装碳酸饮料进行测试,结果显示使用防腐剂的 88 种饮料中有 86 种使用的是苯甲酸钠,使用山梨酸钾的