

前 言

微生物既给人类带来许多益处，也给人类造成不少危害。面酱、酱油、香醋、黄酒、白酒和啤酒等传统发酵产品；谷氨酸、赖氨酸、苏氨酸等氨基酸；柠檬酸、乳酸、酒石酸等有机酸；肌苷、ATP、辅酶A等核酸类物质；青霉素、氯霉素、红霉素、土霉素等抗生素；糖化酶、淀粉酶、蛋白酶等酶制剂；乙醇、丙酮、丁醇等化工产品以及菌苗和疫苗等产品都可以利用微生物制造出来。

由于微生物分布广泛，生长繁殖迅速，新陈代谢旺盛，而且易于变异和适应，常常给人类带来不少危害。人、动物、植物等都会遭到病原微生物的侵袭而致病。在日常生活中，当温湿度等环境条件适宜时，衣物和墙壁等也生霉。在适宜条件下，微生物就会在各种工业材料及其制品上生长繁殖，并由此产生出各种酶、酸和毒素等代谢产物，从而影响物品的外观和质量，同时污染环境，危害人畜健康。例如，许多细菌、霉菌和酵母菌等能够在化妆品的霜膏中大量繁殖，致使化妆品变色、产气和变质；皮革发霉会使皮革制品失去光泽和老化；有些细菌会在桶装的乳胶涂料中繁殖，致使涂料变质发臭；而各种霉菌又会在墙壁的涂膜上生长，致使涂膜穿孔剥落；微生物也能够腐蚀光学玻璃、金属材料以及各种精密仪器，从而影响观察和测量；霉菌还会侵蚀文物、档案、图书资料等，使之面目全非；微生物能够使食品发生腐败、霉变、产生各种毒素，人吃了霉腐的食品后，就会中毒生病，甚至致癌。

国外把微生物对皮革、木材、纺织品、化妆品、纸张、涂料、胶粘剂、光学仪器、金属材料等工业材料及其制品的腐蚀破坏作用叫做微生物灾害。国内把霉菌对物品的腐蚀破坏作用通常叫做霉变，而将防止霉变的工作叫做防霉；把细菌或酵母菌对物品的腐蚀破坏作用叫做腐败，而将防止腐败的工作叫做防腐。比较起来，“防霉”两字容易被人们理解和接受。本书叫《防霉学》实际上也包含一些防腐内容。

微生物对工业材料及其产品以及其它物品的腐蚀破坏作用没有引起人们的足够认识，有关部门还不够重视。它尽管不像来势凶猛的洪水，也不像熊熊燃烧的烈火，但就其造成的物资破坏和经济损失而言，有时却比水火之灾还厉害。搞好防霉工作可以为企业和国家挽回大量的经济损失，维护产品或商品的市场信誉，保护人民的健康。

本书力求做到系统、全面、新颖、实用，它包含了霉腐微生物的形态、构造、特点和生长条件；微生物造成的灾害和产生的毒素；防霉剂的筛选方法、种类及其应用；温度、湿度、氧气等环境条件的控制；物品的辐射保藏以及其它防霉方法等内容。同时罗列了有关材料及其制品的防霉测试标准。书中既论述各种防霉方法的抗菌机理，又介绍各种防霉技术的实际应用，且更偏重于实践。本书着重介绍现代防霉技术，特别是近年来研究开发的新技术，有使人耳目一新之感。

本书在编写过程中，参阅与借鉴了上海市工业微生物研究所、四川省原子核应用技术研究所以、航天工业部8511研究所、上海市商业储运公司和禽蛋公司等单位的有关资料，在此表示谢意。

由于作者水平所限，书中不妥之处，欢迎读者提出宝贵意见。

作 者

1988年3月于上海

目 录

第一章 霉腐微生物.....	1
第一节 霉腐微生物的形态构造和特点.....	1
一、细菌.....	1
二、放线菌.....	14
三、酵母菌.....	17
四、霉菌.....	21
五、霉腐微生物的特点.....	25
第二节 霉腐微生物的生长条件.....	29
一、营养物质.....	30
二、空气.....	37
三、水分.....	38
四、温度.....	43
五、pH	47
六、渗透压.....	50
第二章 微生物造成的灾害.....	52
第一节 微生物的有益利用.....	52
一、传统酿造制品.....	52
二、微生物发酵产品.....	53
三、微生物菌体的利用.....	56
四、微生物的其它利用.....	57

五、微生物在自然界物质循环中的作用·····	57
第二节 微生物造成的灾害·····	58
一、对微生物灾害的认识·····	58
二、微生物灾害所涉及的领域·····	60
三、国内外研究概况·····	66
四、防霉工作的意义·····	67
第三节 微生物腐蚀物品的机理·····	69
一、航空燃料的微生物腐蚀的机理·····	70
二、金属材料的微生物腐蚀的机理·····	72
三、微生物对皮革制品腐蚀的机理·····	77
第三章 微生物产生的毒素·····	79
第一节 真菌毒素·····	79
一、黄曲霉毒素·····	81
二、杂色曲霉毒素·····	93
三、桔青霉素·····	94
四、其它真菌毒素·····	95
五、毒蘑菇·····	99
第二节 细菌毒素·····	101
一、肉毒梭菌素·····	103
二、葡萄球菌毒素·····	107
三、沙门氏菌毒素·····	110
四、其它细菌毒素·····	114
第四章 防霉剂的筛选与应用·····	118
第一节 防霉剂的筛选·····	118
一、防霉剂的作用原理·····	118

二、影响防霉剂作用的因素.....	132
三、对防霉剂的一般要求.....	143
四、防霉剂的使用方法.....	145
五、筛选前的准备.....	146
六、防霉剂效力的测定.....	161
七、物品防霉力的判断.....	169
第二节 防霉剂的种类.....	175
一、苯甲酸.....	176
二、苯甲酸钠.....	178
三、山梨酸.....	180
四、山梨酸钾.....	183
五、维生素K ₃	184
六、维生素K ₄	186
七、多菌灵.....	187
八、二硫氨基甲烷.....	189
九、脱氢醋酸.....	191
十、尼泊金甲酯.....	194
十一、尼泊金乙酯.....	196
十二、尼泊金丙酯.....	198
十三、尼泊金丁酯.....	199
十四、百菌清.....	199
十五、杰马尔—115.....	203
十六、道维希尔—200.....	205
十七、布罗波尔.....	207
十八、福美双.....	209
十九、水杨酰苯胺.....	210
二十、PC防霉剂.....	211

二十一、纹枯利	213
二十二、恶唑酮	214
二十三、防霉剂“19”	215
二十四、灭菌丹	216
二十五、三羟基异噻唑	217
二十六、托布津	218
二十七、苯酚	219
二十八、甲醛	220
二十九、五氯酚钠	221
三十、乙萘酚	222
三十一、菌霉净	223
三十二、防霉剂A ₂₆	225
三十三、DP防霉剂	226
三十四、恶唑烷	230
三十五、对硝基苯甲醛	231
三十六、克霉唑	232
三十七、防霉剂A ₄	233
三十八、防霉剂75号	235
三十九、抗生素60	236
四十、凡托希尔IB	239
四十一、比比汀	240
四十二、防霉剂A ₃	241
四十三、醋酸苯汞	241
四十四、防霉剂Konz	242
四十五、十二烷基丙氨酸	242
四十六、防霉剂OPP	242
四十七、敌抗—51	245

四十八、敌抗—15DL	248
四十九、敌抗—103G	249
五十、普罗克塞尔CRL	249
五十一、奥麦丁钠	251
五十二、迈尔巴库35	252
五十三、防霉剂三丹油	253
五十四、休菌清	254
五十五、防霉剂TBZ	256
第三节 防霉剂的应用	258
一、在食品上的应用	258
二、在化妆品上的应用	260
三、在皮革上的应用	262
四、在塑料制品上的应用	263
五、在涂料上的应用	264
六、在纺织品上的应用	265
七、在鞋类上的应用	266
八、在铜版纸上的应用	266
九、在胶粘剂上的应用	267
十、在包装材料上的应用	268
十一、在感光材料上的应用	268
十二、在电工材料上的应用	269
十三、在光学仪器上的应用	270
十四、在航空燃料上的应用	271
十五、在金属加工液中的应用	273

第五章 环境条件的控制 274

第一节 低温气调 274

一、低温气调装置与方法·····	274
二、低温气调原理·····	276
三、低温气调在鲜蛋保藏上的效果·····	277
第二节 去湿降潮·····	278
一、自然通风降潮·····	278
二、采用去湿机·····	281
三、风幕隔潮·····	283
第三节 除氧封存·····	285
一、除氧剂·····	285
二、氧指示剂·····	287
三、包装材料·····	289
四、除氧微生物学·····	291
五、应用效果·····	293
六、注意事项·····	294
第四节 清洁卫生·····	296
一、容器和设备的清洗·····	296
二、环境卫生·····	296
三、个人卫生·····	299
第六章 物品的辐照保藏·····	302
第一节 食品的辐照保藏·····	309
一、辐照工艺与效果·····	312
二、包装材料·····	316
三、辐照微生物学·····	320
四、辐照对食品质量的影响·····	324
五、经济效益的估算·····	328
第二节 皮革制品的辐照防霉·····	329

一、辐照工艺	330
二、包装	331
三、辐照微生物学	331
四、辐照对皮革质量的影响	332
五、经济效益的估算	335
第七章 其它防霉方法	337
第一节 其它防霉方法	337
一、电磁波	337
二、除菌	355
三、其它方法	363
第二节 防霉方法的协同效应	391
一、加热灭菌与其它防霉方法的协同效果	392
二、放射线照射与其它防霉方法的协同效果	413
三、防霉剂的混合使用	419
第八章 防霉试验方法	426
第一节 化妆品细菌学标准检验方法	426
第二节 皮革防霉试验方法	434
第三节 涂料防霉试验方法	437
第四节 电工电子产品长霉试验方法	443
第五节 飞机电机电器霉菌试验方法	451
第六节 食品微生物检验	453
第七节 防霉包装技术要求	464
第八节 土壤埋没试验法	467
第九节 日本工业标准JIS Z—2911 试验方法	468
第十节 MIL E—5272C霉菌抵抗性试验方法	473

第十一节 ASTM: G21—70霉菌抵抗性试验方法… 475

附录一 玻璃器皿的清洗与消毒…………… 481

附录二 培养基的配制与灭菌…………… 482

附录三 微生物的接种…………… 494

附录四 稀释分离法…………… 498

附录五 划线分离法…………… 499

附录六 菌种保藏…………… 501

附录七 人工构成相对湿度…………… 503

参考文献…………… 508

第一章 霉腐微生物

食品、工业材料及其制品、仪器和设备以及日常生活用品等的霉腐变质和腐蚀是由微生物活动引起的。

什么叫微生物？微生物是一群体形微小，构造简单的低等生物的总称。由于微生物体形微小，极大多数是肉眼看不见的，所以必须用显微镜或电子显微镜放大几百倍，几千倍，甚至几万倍才能观察清楚。它们的个体通常是单细胞的，也有简单的多细胞和没有典型细胞结构的类型。广义地说，微生物包括病毒、细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、立克次氏体、小型藻类和原生动物。然而在工业、农业、医药等生产实践中常见和常用的微生物主要是病毒、细菌、放线菌、霉菌和酵母五大类。而引起物品的腐败、霉变，造成工业灾害的微生物主要是细菌、酵母菌和霉菌。

第一节 霉腐微生物的形态构造和特点

一、细菌

细菌是自然界中分布最广，数量最多，与人类关系最密切的一类微生物。日常生活中出现的低度酒类、果汁、乳品、蛋品、肉类等食品的变质，食物中毒，墨汁发臭，抹布发粘，化妆品产气发胀，某些传染病的发生，铁、铜、铝等金属制品的

腐蚀等，主要是细菌活动的结果。

(一) 细胞的形态与构造

1. 细菌的大小与形态

细菌的个体很小，细菌的大小通常以微米(μ)来表示($1\mu = 10^{-3}$ 毫米(mm))。细菌的形态多种多样，常随着菌龄和环境条件的不同而有所改变。各种细菌在幼龄和生长条件适宜时，表现正常的形态。根据细菌的外形不同，可将细菌分为球形、杆形和螺旋形三种基本形态，分别被称为球菌、杆菌与螺旋菌。球菌的直径约为0.5~2微米，杆菌约为0.5~1×1~5微米，弧菌约为0.3~0.5×1~5微米，螺旋菌约为0.3~1×1~50微米。表1—1表示一些细菌的大小。

(1)球菌：这类细菌单个存在时，呈圆球形或扁圆形。几个球菌联合在一起时，其接触面常呈扁平状态。根据球菌分裂的方向及分裂后子细胞排列方式，可把球菌分为六种。

①单球菌：分裂沿一个平面进行，分裂后细胞分散而单独存在，如尿素小球菌 (*Micrococcus ureae*) 等。

②双球菌：由一个平面分裂，分裂后菌体成对排列，如引起肺炎的病原菌肺炎双球菌 (*Diplococcus pneumoniae*) 等。

③链球菌：由一个平面分裂，分裂后菌体呈链状排列，如引起食品变质的粪链球菌 (*Streptococcus faecalis*)、液化链球菌 (*Streptococcus liquefaciens*) 等。

④四联球菌：由两个互相垂直的平面分裂，分裂后四个菌体呈田字形排列，如引起齿脓疡、颈腺炎、肺脓疡等疾病的四联小球菌 (*Micrococcus tetragenus*) 等。

⑤八叠球菌：由三个互相垂直的平面分裂，分裂后每八个菌体呈立方体排列，如藤黄八叠球菌 (*Sarcina lutea*) 等。

⑥葡萄球菌：分裂面不规则，分裂后许多细胞无规则地联

表1—1

细菌的大小

菌名	细胞宽×长或直径(微米)
尿素小球菌(<i>Micrococcus ureae</i>)	1.0~1.5
乳链球菌(<i>Streptococcus lactis</i>)	0.5~0.6
最大八叠球菌(<i>Sarcina maxima</i>)	4.0
金黄色葡萄球菌(<i>Staphylococcus aureus</i>)	0.8~1
大肠杆菌(<i>Escherichia coli</i>)	0.5×1~3
普通变形杆菌(<i>Proteus vulgaris</i>)	0.5~1×1~3
伤寒沙门氏菌(<i>Salmonella typhi</i>)	0.6~0.7×2~3
嗜酸乳杆菌(<i>Lactobacillus acidophilus</i>)	0.6~0.9×1.5~6
枯草杆菌(<i>Bacillus subtilis</i>)	0.7~0.8×2~3
霍乱弧菌(<i>Vibrio cholerae</i>)	0.3~0.6×1.0~3.0
红色螺菌(<i>Spirillum rubrum</i>)	0.6~0.8×1.0~3.2

成葡萄串状，如污染牛奶，鱼虾、肉类或乳酪等食品，产生肠毒素的金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 等。

但不论哪种类型排列的球菌培养物中，都能经常看到游离的单个菌体存在。

(2)杆菌：即杆状的细菌，多数细菌是杆菌。杆菌的长短，形状差别很大。杆菌按其形态有短杆菌、链杆菌、分枝杆菌、棒状杆菌和芽孢杆菌等。多数杆菌的两端是钝圆的，只有少数是平截的，如炭疽杆菌 (*Bacillus anthracis*)。各种杆菌在长与宽的比例上有显著差别，有些粗短，有些细长。短杆菌

近似球菌，长的杆菌呈丝状。大多数杆菌菌体分散存在，但也有分裂后呈链状或分枝状排列的，称链杆菌或分枝杆菌。有的杆菌末端膨大，呈八字形排列，称棒状杆菌。

致病菌中的伤寒沙门氏菌 (*Salmonella Typhi*)、痢疾志贺氏菌 (*Shigella dysenteriae*) 等，引起食品腐败和食物中毒的普通变形杆菌 (*Proteus vulgaris*)、马铃薯芽孢杆菌 (*Bacillus mesentericus*)、肉毒梭状芽孢杆菌 (*Clostridium botulinum*) 等，以及造成金属物件、管道腐蚀的氧化硫硫杆菌 (*Thiobacillus thiooxidans*)、氧化亚铁硫杆菌 (*Thiobacillus ferrooxidans*) 等均是杆菌。

(3)螺旋菌：即细胞呈弯曲，螺旋状的细菌。弯曲不足一圈的称弧菌，如霍乱弧菌 (*Vibrio cholerae*)；弯曲超过一圈而呈螺旋状的，称螺旋菌，如玫瑰色螺菌 (*Spirillum roseum*)。

2. 细菌的细胞结构

细菌的细胞结构，可分为一般构造和特殊构造两类。一般构造，这是任何细菌都具有的共同构造，主要由细胞壁、细胞膜、细胞质和核质体组成。

(1)细胞壁：细胞壁是包在细胞表面的一层坚韧具有弹性的结构，厚度一般在10~80纳米（毫微米）之间，细菌的细胞壁约占菌体干重的10~25%。

细菌细胞壁的主要成分是肽聚糖(又称粘质复合物)。肽聚糖是由N—乙酰葡萄糖胺、N—乙酰胞壁酸(N—乙酰羧乙基氨基葡萄糖)以及短肽聚合而成的多层网状结构大分子化合物。其中的短肽一般由四、五个氨基酸组成，如L—丙氨酸—D—谷氨酸—L—赖氨酸—D—丙氨酸。而且短肽中常有D—氨基酸与二氨基庚二酸存在。不同种类细菌细胞壁中肽聚糖的结构与组成不完全相同。肽聚糖是细菌、放线菌所特有的成分，它使细胞壁

具有坚韧的特性。

细胞壁具有保护细胞及维持细菌有固定外形的功能，也可防止细胞在低渗溶液中发生破裂。细胞壁中的肽聚糖可被溶菌酶溶解，细胞壁被溶解后，细胞失去了机械支持，残留下来的细胞成分形成球状，称为原生质体。原生质体仍保留细胞大部分生理功能，但十分脆弱，在低渗溶液中很快会破裂。

对有鞭毛的细菌来说，细胞壁的存在是鞭毛运动的必要条件。具鞭毛的细菌失去细胞壁后，可仍保持其鞭毛，但不能运动，细胞壁可能为鞭毛运动提供可靠的支点。

细胞壁上有许多微细的小孔，可容许直径1纳米大小的可溶性物质通过，对大分子物质有阻拦作用。

(2)细胞膜：细胞膜也称细胞质膜或原生质膜，或简称为质膜，是紧靠在细胞壁内侧，在细胞壁与细胞质之间的一层柔软而富有弹性的半渗透性薄膜。细胞膜厚度一般为5~8纳米。细菌细胞膜约占细胞干重的10%。细胞膜主要由蛋白质（含60~70%）和脂质（主要是磷脂，含20~30%）组成，此外还有少量的糖类物质、固醇类物质以及核酸等，构成精细的膜结构。

细胞膜的基本结构是在液体的脂质双层中，镶嵌着可移动的球形蛋白质。脂质双层是由两排脂质分子排列构成膜的基本骨架。每个脂质分子是由一个可溶于水的“头部”（亲水部分）和两条脂肪酸链（疏水部分）组成。在脂质双层中，所有脂质分子的亲水端都朝向膜内外两表面，疏水端则朝向膜中央。镶嵌在脂质双层内的膜蛋白，称嵌入蛋白质，对膜的通透性起着重要作用，附着在脂质双层内表面的膜蛋白，称外在蛋白质，含有许多呼吸酶系，三羧酸循环酶系和脱氢酶类。

细胞膜的主要生理功能是控制细胞内外的物质交换，它有

选择通透性,控制营养物质及代谢物质进出细胞,使细菌能在各种化学环境中吸取所需的营养物质,排出过多的或废弃的物质。细胞膜上有丰富的与呼吸有关酶系,起电子传递和氧化磷酸化功能,是细菌能量供应的重要基地。细胞膜也参与细胞壁、荚膜的生物合成。

除细胞膜外,很多细菌具有细胞内膜系统。细胞膜有些内褶或反转埋于细胞质内,有一个或数个较大、不规则的层状、管状或囊状物,称为中体。中体的功能还不完全了解,推测可能有相当于高等生物中线粒体的作用,因为发现中体上有细胞色素。中体可能与细胞壁的合成、细菌的呼吸、芽孢的形成以及DNA(脱氧核糖核酸)的复制有关。

(3)细胞质及其内含物:细胞质是包于细胞膜内,除核质体外的一种无色透明的胶状物。细胞质主要成分是水、蛋白质、核酸、脂类及少量的糖类和无机盐类。细菌细胞质中核糖核酸的含量较高,可达固形物的15~20%。

细胞质是细菌的内在环境,具有生命活动所有的各种特性,含有各种酶系统,是细菌进行新陈代谢的主要场所,通过细胞质使细菌细胞与周围环境不断进行物质交换。

细胞质中存在各种内含物,它们是细胞蛋白质合成场所,细胞的贮藏物质或代谢产物,主要有以下几类:

①核糖体:是细胞质的主要成分,相当于高等生物细胞中的微粒体,它是由RNA(核糖核酸,占60%)和蛋白质(占40%)组成,是蛋白质的合成场所。核糖体体积有大有小,形状有卵圆形或不规则形,数目很多,如每一个大肠杆菌(*Escherichia coli*)细胞中就含有5000个左右的核糖体。在生长旺盛的细胞中,核糖体成串联在一起,称为多聚核糖体。

②气泡:在海洋和湖泊中的某些细菌有气泡,其功用相当