



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

包装工程专业系列教材

包装生物学基础

汤伯森 向贤伟 赵德坚 编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
包装工程专业系列教材

包装生物学基础

汤伯森 向贤伟 赵德坚 编



化学工业出版社

· 北京 ·

随着经济的发展和社会的进步,人们的生活水平日益提高,随之而来的对动植物性产品的防霉包装以及新鲜水果蔬菜采收后的保鲜包装日益受到关注,其重要性也越来越突出。本书即是根据动植物性产品和水果蔬菜防护包装涉及的问题,从生物学中选取必要的內容,适当加工、有机组合而成的,可作为研究和设计防护包装的理论基础。其具体内容主要涵盖三大部分,即生物化学基础、微生物学基础,以及水果和蔬菜采后生理学基础。其中在微生物学基础中还介绍了一些相关的、常见的微生物学实验技术,亦为实际操作者提供了有效方法。

本书內容系统全面、简明扼要、实用性强。其內容能与包装专业的专业课有效衔接,可为包装专业学生提供比较全面和系统的生物学基本知识,目的是使学生知其然且知其所以然,进一步提高学生研究和设计上述两类产品防护包装的能力。

本书是包装工程专业必修的技术基础课教材,也可作为相关专业师生及相关行业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

包装生物学基础/汤伯森,向贤伟,赵德坚编. —北京:化学工业出版社, 2008.9
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
包装工程专业系列教材
ISBN 978-7-122-03556-1

I. 包… II. ①汤…②向…③赵… III. 包装-生物学 IV. TB48

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第126933号

责任编辑:杨 菁
责任校对:李 林

文字编辑:张春娥
装帧设计:刘丽华

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数325千字 2009年1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:27.00元

版权所有 违者必究

前 言

为了方便装卸、运输和储存,绝大多数工农业产品都需要经过包装形成包装件后才能投入流通过程。如果包装不善,产品就有可能在流通过程中损坏。由此可见,包装还有保护产品、防止其损坏的功能,这种功能简称为防护功能。以实现防护功能为主的包装称为防护包装。

1987年,在包装工程专业成立之初,关于防护包装,我们只开设了包装动力学课程。而包装动力学研究的只是缓冲包装,保护的只是易碎产品,主要是仪器、仪表、电子、电器类的机电产品,局限性较大。随着认识的深化,我们又开设了微生物学和食品包装课程,但使用的是食品工程专业的教材,直接针对包装的内容太少。而且因为缺少生物化学基础,即使是与包装工程专业相关的内容,学生也难以理解。针对教学实践中出现的问题,我们对防护包装作了较为深入的探讨。防护包装要保护的是各种各样的工农业产品,而不仅仅是食品和易碎产品。根据工农业产品的性质,可将防护包装分为缓冲包装、防锈包装、防霉包装、水果蔬菜包装、危险化学品包装、医药包装等六大板块。包装工程专业现有的专业课程很多,学时有限,不可能针对这六大板块开设六门专业课程。因此,将这六大板块综合为一门专业课,即“防护包装原理”。要开设这门课程,则需要研究这门课程的理论基础,并编写与之配套的专业基础课教材。否则,这门课程就会成为空中楼阁,即使勉强实施也难以收到预期效果。

在分析包装工程专业现有的基础课和专业基础课以后,我们认为“防护包装原理”这门专业课还必须要有另外两门专业基础课与之配套,一门是包装动力学基础,另一门即是包装生物学基础。至于化学,只需根据防护包装的要求扩展和加强现有内容,不必开设新的课程。

防霉包装保护的是动植物性产品,水果蔬菜包装保护的是采收后仍有生命活动的新鲜水果与蔬菜。本书——《包装生物学基础》就是研究和设计防霉包装以及水果蔬菜包装的理论基础。随着经济的发展和科学技术的进步,上述两类产品的防护包装愈来愈受到社会的关注,其重要性也愈来愈得到人们的共识。本书将为学生学习这两类产品的防护包装提供比较全面、系统的生物学基本知识,目的是使学生知其然而知其所以然,提高学生研究和设计这两类产品防护包装的能力。

本书是按照60~80学时的要求编写的。从理论上的准备到教材的编写,我们前后经历了十余年的时间。本书内容虽然只是生物学的一些基本知识,但涉及面仍是非常广泛,涉及的问题仍是非常复杂。因此,恳请有关专家,特别是生物学专家对我们的工作予以批评指正。

编者

于湖南工业大学

2008年3月

目 录

第一章 包装生物学概论	1	第三节 产品的微生物败坏	3
第一节 动植物性产品	1	第四节 水果和蔬菜的呼吸与蒸腾	4
第二节 异养型腐生微生物	2	第五节 产品包装设计的生物学基础	5

上篇 生物化学基础

第二章 细胞的化学成分	8	第四章 糖类代谢	40
第一节 水和无机盐	9	第一节 光合作用	40
第二节 糖类	9	一、叶绿体的结构和色素	40
一、单糖	9	二、光合作用的光反应	41
二、二糖	12	三、CO ₂ 固定和还原	44
三、多糖	13	第二节 呼吸作用	46
第三节 脂类	16	一、呼吸作用的特点	46
一、油脂	16	二、生物的无氧呼吸	49
二、磷脂与固醇(甾醇)	19	三、生物的有氧呼吸	51
三、蜡	20	四、磷酸戊糖途径	53
第四节 蛋白质	21	五、糖异生	56
一、氨基酸	21	第三节 蔗糖的生物合成与降解	56
二、蛋白质的分子结构	24	一、蔗糖的生物合成	56
三、蛋白质的物理和化学性质	26	二、蔗糖的生物降解	57
四、蛋白质的分类	26	第四节 淀粉的生物合成与降解	57
第五节 核酸	27	一、淀粉的生物合成	57
一、核酸的分子组成	28	二、淀粉的生物降解	58
二、核酸的种类	28	第五节 纤维素的生物合成与降解	60
三、核酸的分子结构	29	第五章 脂类代谢	61
第三章 酶	31	第一节 脂肪的生物合成	61
第一节 酶促反应的特点	31	一、甘油的合成	61
第二节 酶的分子组成及结构	32	二、脂肪酸的生物合成	61
一、酶的分子组成	32	三、脂肪的生物合成	63
二、酶的分子结构	33	第二节 脂肪的降解	64
三、酶分子中的金属离子	34	一、脂肪的水解	64
四、维生素与辅酶	34	二、甘油的降解与转化	64
第三节 酶的命名与分类	36	三、脂肪酸的氧化	64
第四节 影响酶促反应速度的因素	38	第三节 磷脂代谢	66
一、温度对酶促反应速度的影响	38	一、甘油磷脂的合成代谢	66
二、pH 对酶促反应速度的影响	38	二、甘油磷脂的分解代谢	67
三、激活剂与抑制剂对酶促反应速度的影响	38	第六章 核酸和蛋白质代谢	68
		第一节 核苷酸的代谢	68
		一、一碳单位	68

二、核苷酸的合成代谢	68
三、核苷酸的分解代谢	70
第二节 核酸的生物合成	71
一、DNA的复制	71
二、RNA的生物合成——转录	72
第三节 蛋白质的生物合成	74
一、核酸在蛋白质生物合成中的作用	74

二、蛋白质生物合成的过程	76
第四节 蛋白质的生物降解	78
一、蛋白酶与肽酶	78
二、脱氨基作用	79
三、脱羧基作用	81
四、氨基酸分解产物的去向	82

中篇 微生物学基础

第七章 微生物的形态与结构	86
第一节 细菌	86
一、细菌的形态和分类	86
二、细菌的繁殖方式	88
三、常见的细菌	89
第二节 酵母菌	90
一、酵母菌的形态	90
二、酵母菌的细胞结构	91
三、酵母菌的繁殖	91
四、常见酵母菌	92
第三节 霉菌	93
一、霉菌的形态	93
二、霉菌的细胞结构	94
三、霉菌的繁殖	95
四、常见霉菌	97
第四节 几个相关问题	100
一、放线菌	100
二、乳酸菌	101
三、病原微生物	101
四、病毒	102
五、微生物的分类单位	102
第八章 微生物的生理	103
第一节 微生物的化学组成	103
第二节 微生物产生的主要酶类	104
第三节 微生物的代谢	104
一、营养物质的吸收	104
二、细胞物质的合成	106
三、微生物的呼吸	107
第四节 微生物的生长	109
一、细菌和酵母菌的生长	109
二、霉菌的生长	109
第九章 微生物的生态环境	111
第一节 物理因素	111
一、水分	111
二、温度	114
三、气体成分	115
四、辐射	116
第二节 化学因素	117

一、氢离子浓度 (pH值)	118
二、酸类	118
三、碱类	119
四、盐类	119
五、氧化剂	120
六、有机化合物	120
第三节 生物因素	121
一、互生	121
二、共生	121
三、寄生	121
四、拮抗	122
五、抗生素	122
第十章 动植物性产品的微生物败坏	123
第一节 产品的微生物分解	123
一、淀粉和蔗糖的微生物分解	123
二、纤维素的微生物分解	124
三、果胶质的微生物分解	124
四、脂肪的微生物分解	125
五、蛋白质的微生物分解	125
第二节 产品的变色与变味	126
一、食品变色	126
二、食品变味	127
第三节 产品工艺品质的劣化	128
第四节 微生物毒素	129
一、细菌毒素	129
二、真菌毒素	130
第十一章 微生物学实验技术	132
第一节 显微镜	132
一、光学显微镜	132
二、电子显微镜	133
第二节 微生物的镜检	134
一、镜检	134
二、测微	135
三、计数	136
第三节 培养基	137
第四节 纯种分离、接种和培养	138
一、纯种分离	138
二、培养基接种	139

三、微生物的培养	139
第五节 菌种保存	140
一、低温保存	140
二、沙土管或硅胶管保存	140
三、矿油保存	140
四、冰冻真空干燥保存	140

五、液氮超低温保存	141
第六节 环境特性试验	141
一、生长温度的试验	141
二、温度存活试验	141
三、耐盐性试验	141
四、生长 pH 试验	141

下篇 水果和蔬菜采后生理学基础

第十二章 果蔬的成熟	144
第一节 果蔬的品质	144
一、外部形态	144
二、营养成分	145
三、卫生状况	145
四、贮藏性能	146
第二节 果蔬的成熟	147
一、果蔬的成熟过程	147
二、果蔬的后熟	148
第三节 果蔬的化学成分在成熟和衰老期间的变化	149
一、水分	149
二、碳水化合物(糖类)	149
三、有机酸	150
四、单宁	151
五、芳香物质	151
六、色素物质	152
七、维生素	152
八、酶	153
第十三章 果蔬的呼吸与蒸腾	154
第一节 有氧呼吸与缺氧呼吸	154
一、有氧呼吸	154
二、缺氧呼吸	154
三、两种呼吸方式的关系	155
四、呼吸强度	155
第二节 影响呼吸强度的因素	157
一、种类和品种	157
二、贮藏温度	157
三、气体成分	159
四、机械损伤	159
五、环境湿度	160
第三节 乙烯与果蔬成熟的关系	161
一、乙烯的作用机理	161
二、内源乙烯的生成	162
三、影响内源乙烯生成的外界因素	162
第四节 果蔬的田间热和呼吸热	163
第五节 果蔬的蒸腾作用	164
一、蒸腾对果蔬的影响	165
二、影响蒸腾作用的因素	166

三、蒸腾与低温贮藏	167
第十四章 果蔬成熟与衰老的控制	169
第一节 果蔬的衰老与死亡	169
第二节 贮藏条件的控制	170
一、适当的低温	170
二、适当的相对湿度	171
三、适当的气体成分	172
第三节 乙烯作用的控制	172
一、控制采收成熟度	172
二、防止机械损伤	172
三、避免不同种类果蔬的混放	172
四、乙烯吸收剂的应用	172
五、控制贮藏环境条件	173
六、利用臭氧氧化乙烯	173
七、乙烯受体抑制剂的应用	173
第四节 控制衰老的辅助措施	174
一、涂料贮藏	174
二、减压贮藏	175
三、辐射贮藏	175
第五节 蔬菜的休眠	175
一、休眠的类型	176
二、休眠的生理机制	176
三、控制休眠的措施	176
第六节 果蔬的催熟	177
第十五章 果蔬的采后病害	179
第一节 侵染性病害	179
一、微生物的来源	179
二、微生物引起的腐烂变质	179
三、侵染性病害的防治方法	180
第二节 生理性病害	182
一、采前致病因素	182
二、采后致病因素	184
三、主要生理性病害的病状	185
第三节 昆虫危害	186
一、水果主要虫害	186
二、蔬菜的主要虫害	187
三、虫害的防治方法	187
参考文献	189

第一章 包装生物学概论

包装的主要功能是保护产品、方便储运、促进销售。这里所讲的产品是各种各样的工农业产品，包括以动植物为原料加工而成的产品，也包括采摘后生命仍在继续的水果和蔬菜。以动植物为原料加工而成的产品主要是食品，但又不是仅限于食品，例如棉、麻、丝、毛纺织品等就不是食品。随着经济的发展和科学技术的进步，上述两类产品的防护包装愈来愈受到社会的关注，其重要性也愈来愈为人们所认识。但是，在以包装为专业的包装学科中，这两类防护包装的教学与科研都极为薄弱。之所以如此，是因为包装学科缺少必要的生物学基础，对这两类防护包装的实质不够了解，因而理不清头绪，形不成合理的学科体系。而生物学是现代自然科学的骨干学科，其内涵非常丰富，发展非常迅速。包装学科有自己的专业范围，不可能全面地涉足生物学，只能根据动植物性产品和水果蔬菜防护包装涉及的问题，从生物学中选取必要的部分，适当加工，有机组合，汇编成册，使其成为研究和设计产品包装的理论基础。

第一节 动植物性产品

以动植物为原料加工而成的产品，简称动植物性产品，主要是食品，如粮食、肉类、鱼类、禽蛋、乳类等主副食品，这里讲的主副食品不包括采收后未经加工的水果和蔬菜。新鲜的水果和蔬菜虽然也是食品，但它们是有生命的，涉及的问题与无生命的食品有着根本的不同。动植物性产品主要是食品，但又不仅仅限于食品。例如：纸是以木材、竹材、秸秆、芦苇等为原料制浆抄造而成的，棉麻纺织品是以棉花、苧麻为原料加工而成的。纸、棉麻纺织品是典型的植物性产品，它们都不是食品。再如皮革及其制品，如皮鞋、皮包、皮箱、皮衣等，是以牛皮、羊皮、猪皮加工而成的。丝毛纺织品是以蚕丝、羊毛加工而成的。皮革及其制品、丝毛纺织品是典型的动物性产品，它们也不是食品。

为了方便运输，绝大多数工农业产品都要经过包装才能投入流通过程。如果包装不善，产品则有可能在流通过程中损坏。损坏指的是产品降低甚至丧失它原有价值的各种现象。所以，包装又有保护产品、防止产品损坏的功能。流通过程中导致产品损坏的各种外因称为流通环境，而产品固有的物理、化学和生物学性质称为产品特性。外因要通过内因才能起作用。不同的产品在流通过程中可能会有不同形式的损坏。如瓷器由于振动与冲击而破碎，食品由于微生物的作用而败坏变质，两者都可以称之为损坏，但它们损坏的形式与机理是根本不同的。其所以如此，是因为瓷器与食品有着根本不同的产品特性。因此，研究产品的损坏，首先是要关注它的产品特性。动植物性产品也不例外。

关于动植物性产品的物理性质，我们关注的是它的物态、密度、水分、渗透压、平衡湿度和水活度 (A_w) 等，最重要的是产品水分。在常温下， A_w 为 0.65~0.7 时的产品水分，就是它能够防止微生物危害的安全临界水分。

动植物性产品的化学和生物学性质是由它们的化学成分决定的。从表 1-1~表 1-3 可以看出，动植物性产品的化学成分有明显的规律：它们主要是由糖类（又名碳水化合物，包括单

表 1-1 动物性原料的化学成分

食品原料	占有有机物含量(约数)/%		
	蛋白质	碳水化合物	脂肪
鱼	70~95	少量	5~30
禽	50~70	少量	30~50
蛋	51	3	46
肉	35~50	少量	50~65
乳	29	38	31

表 1-2 植物性原料的化学成分

单位: %

原料	种子名称	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	粗纤维	无机盐
淀粉种子	水稻	13.18	6.6	2.51	75.01	1.35	1.35
	小麦	10.5	12.4	1.4	70.8	2.4	2.5
	玉米	13.3	9.6	5.1	68.0	2.6	1.4
	高粱	9.5	9.5	4.7	72.5	1.3	2.5
油料种子	向日葵	5.56	30.36	44.67	12.61	2.66	4.14
	花生	7.27	24.68	48.77	15.12	2.1	2.06
	白芝麻	5.32	24.01	48.23	15.62	0.01	6.81
豆类种子	大豆	10.1	33.7	19.2	27.1	4.7	5.2
	豌豆	9.88	22.97	1.5	57.78	0.93	3.83
	绿豆	13.8	23.4	1.9	52.6	5.5	2.8

表 1-3 水果和蔬菜的化学成分

单位: %

部位	名称	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	其他	灰分
叶	大白菜	95.93	0.94	0.12	1.67	0.61	0.73
	韭菜	91.79	3.1	0.61	2.72	0.73	1.05
根	甘薯	75.25	1.08	0.19	21.49	1.37	0.62
	萝卜	95.51	0.7	0.24	1.76	0.86	0.93
果实	南瓜	86.51	1.7	0	10.18	0.56	1.05
	黄瓜	95.23	1.05	0.13	2.31	0.74	0.54
	苹果	86.92	0.27	0.24	11.38	0.95	0.24
	香蕉	81.53	1.26	0.85	14.73	0.66	0.97
	桃	82.38	0.79	0.6	14.84	0.66	0.73

糖、二糖以及淀粉、纤维素、半纤维素等多糖)、脂类和蛋白质组成,只是在不同的动植物性产品中,这三大物质的数量和所占的比例各不相同。之所以如此,是因为地球上的生物是由非生命物质经过极其漫长的历史时期和极其复杂的化学过程一步一步演变而来的。其中的各种生物有共同的祖先,它们之间有着或近或远的亲缘关系。导致产品败坏变质的微生物称为异养型腐生微生物。动植物性产品中的糖类、脂类和蛋白质是腐生性微生物赖以生存的营养物质,动植物性产品的败坏变质是这些腐生微生物在产品中生长繁殖的结果。这也是动植物性产品最重要的产品特性。

因为动植物性产品都含有糖类、脂类、蛋白质三大营养物质,所以以食品为代表研究这类产品的防护包装,其研究结果是具有普遍意义的。也就是说,只要条件适宜,食品防腐包装的原理与技术也可以应用于其他不是食品的动植物性产品。

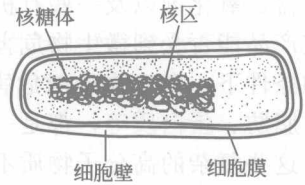
第二节 异养型腐生微生物

微生物不是分类学名词。这里讲的微生物,指的是那些形体微小、结构简单、用肉眼难

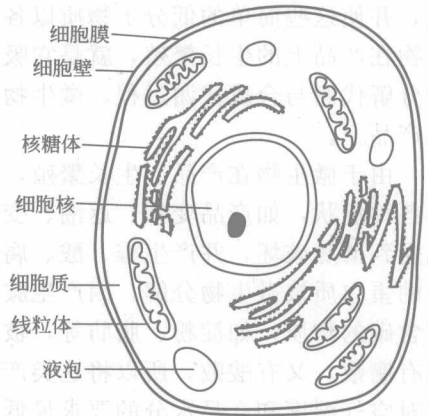
以看到,必须借助显微镜才能看清楚微小生物。微生物的特点可概括为五个方面:体积小、面积大;吸收快、转化快;生长旺、繁殖快;容易变异、适应性强;种类繁多、分布广泛。

微生物有自养型和异养型两大类。自养型微生物能以光能或化学能为能源,直接利用空气中的二氧化碳或碳酸盐作为碳源,合成菌体的原生质。异养型微生物不能利用光能或化学能自己制造营养物质,只能分解现成的有机碳化物而以产生的化学能为能源,依赖现成的有机物质作为营养物质才能生存。异养型微生物又有腐生与寄生的区别。腐生微生物从死亡或者休眠的动植物体吸取营养物质。而寄生微生物寄生在活的动植物体内,从活的动植物体内获得营养物质。动植物性产品在流通过程中的损坏称为败坏。导致产品败坏的微生物,大多数是腐生微生物,也有一些兼性腐生和兼性寄生微生物。所谓兼性腐生,意思是通常腐生,但在外界条件适宜时,也能过寄生生活。所谓兼性寄生,意思是通常寄生,但在死亡的动植物体上也能吸取营养物质,即在死亡的动植物体上也能生存。

防护包装关注的是异养型腐生微生物,包括细菌、酵母菌和霉菌,也有一些放线菌。细菌是单细胞原核微生物 [图 1-1(a)],酵母菌和霉菌是真核微生物 [图 1-1(b)],又称真菌。酵母菌是单细胞真菌,霉菌是单细胞或多细胞的菌丝体。和所有生物一样,微生物在生命活动过程中也要不断地与周围环境进行物质交换,这种交换称为新陈代谢,简称代谢,包括合成代谢与分解代谢。在物质代谢过程中,还伴随着能量的释放、转移和利用(能量代谢)。微生物代谢实质上是由各种酶系催化的一系列生物化学反应。微生物只有在代谢过程中才能表现出营养、呼吸、生长和繁殖等各种生命现象。



(a) 原核微生物



(b) 真核微生物

图 1-1 微生物细胞结构

第三节 产品的微生物败坏

微生物,包括异养型腐生微生物,在自然界的分布极为广泛,高空中、地面上、土壤里以及江、河、湖、海等都是微生物活动的场所,一粒土、一颗粮都是一个微生物世界。种类繁多的细菌、酵母菌和霉菌经常而且大量地寄附在动植物性产品的表面和内部。产品上带有的微生物数量叫做带菌量,单位为个/g。产品带菌量少则几百几千,多则上万上亿,数量惊人。微生物体积虽小,但代谢能力极强,生长繁殖极快。在一般情况下,一个细菌在 1~2 天内,一个真菌孢子在 3~5 天内,就能繁殖形成有亿万个菌体的菌落。

在自然状态下,动植物性产品带有或多或少的腐生微生物,产品中的有机物(糖类、脂类、蛋白质)又是腐生微生物极好的营养物质,但产品不一定因此而受到微生物的危害。微生物能不能在产品上活动,还与环境条件有关。能够影响微生物在产品上活动的自然和人为环境条件有很多,如温度、空气湿度、产品水分、空气成分、电磁辐射、产品的 pH 值、酸、

碱、盐、氧化剂以及一些有机化合物，还有一些由微生物产生的抗生素等。在自然状态下，决定产品能否受到微生物危害的关键是温度、空气湿度和产品水分。只有在温度和湿度都适宜的条件下，微生物才能危害动植物性产品。产品中的营养物质，如淀粉、纤维素、果胶质、脂肪、蛋白质等，都是一些复杂的高分子物质。而微生物的细胞膜是具有选择性的半透膜，这些复杂的高分子物质不可能直接通过细胞膜。微生物之所以能危害产品，是因为它能向胞外分泌一些分解能力很强的酶，能将这些复杂的高分子物质水解为可溶性的低分子物质，并使这些简单的低分子物质以各种方式通过细胞膜而进入细胞内，为微生物所利用。微生物在产品上的生长繁殖，就是它吸收和利用这些营养物质的过程。这个过程也就是微生物的分解代谢与合成代谢过程。微生物死亡后细胞自溶，因此其各种代谢产物最终也都会聚集在产品上。

由于微生物在产品上生长繁殖，会使产品的物理性质和化学性质发生根本变化，并表现出各种症状，如产品变软、返潮、变色、变味、生霉、腐烂等。所谓腐烂，就是产品内部组织受到彻底破坏，并产生霉、酸、腐臭等难闻的气味，使产品完全丧失它原有的价值。产品中的蛋白质被微生物分解，因产生胺、硫醇、吲哚等带色且有异臭的物质，通常称为腐败。而含碳的物质，如淀粉、脂肪等，被微生物分解通常是产酸，一般称为酸败。动植物性产品既有腐败，又有酸败，所以将这类产品在流通过程中的损坏称为败坏。在腐生微生物中，霉菌对空气湿度和产品水分的要求最低，最容易活动。霉菌种类很多，能分解各种各样的营养物质，对 pH 的适应范围也较宽，而且霉菌菌落最为直观。所以，将防止动植物性产品的微生物败坏，简单地称为防霉腐。只要说明防霉腐包括防止各种细菌和酵母菌造成的产品腐败和酸败，这种讲法也没有原则性错误。

第四节 水果和蔬菜的呼吸与蒸腾

水果和蔬菜简称果蔬。果蔬也是食品。但是，果蔬采收后，虽然不能再从母体得到水分和其他物质的供给，但新陈代谢仍在不断进行，是有生命的有机体。“有生命”是果蔬不同于其他食品的特殊的产品特性。由于果蔬有此特殊的产品特性，因此不能盲目地将一般的食品包装原理应用于果蔬。例如腊肉、香肠的真空气包装，如果用于果蔬，果蔬将因为缺氧呼吸产生的乙醛、酒精而中毒，不但不能延长果蔬的贮藏期，而且会使果蔬迅速衰老和死亡。再如对许多食品，如乳粉、粮食、饼干等行之有效的干燥防霉，如果用于果蔬，不但会造成果蔬失水萎蔫，而且还会刺激果蔬的呼吸，加快果蔬腐烂变质。因为果蔬采后仍是有生命的有机体，不同于一般的食品，所以研究和设计果蔬的保鲜包装必须要有一定的果蔬采后生理学基础。

果蔬采收以后，其生命活动的主要表现是呼吸和蒸腾。虽然果蔬采收以后，其新陈代谢仍在继续，但各种水解酶已由合成转向分解，而且只能依赖呼吸作用的一些中间产物实现细胞物质的自我更新。呼吸作用的实质是在氧的参与下，果蔬细胞中的营养物质在酶的催化作用下，经过一系列的生物化学反应，最终被分解为二氧化碳和水，并释放出果蔬生命活动所必需的能量。乙烯是促使果蔬成熟的激素，它来源于植物体内的蛋氨酸。外源乙烯对植物体内乙烯的生成也有自我催化的作用。氧是果蔬生命活动所必需的。缺氧呼吸产生的乙醛和酒精会造成果蔬代谢的紊乱，促使果蔬衰老与死亡。果蔬中的各种营养物质是在生长期积累下来的；呼吸作用引起营养物质消耗，降低果蔬的品质和抗病能力，促使果蔬衰老和死亡。所以，研究果蔬包装与贮藏的目的是既要维持果蔬的生命活动，又要尽可能地减小果蔬的呼

吸强度,延长果蔬的贮藏寿命。减小果蔬呼吸强度的主要措施是适当地低温贮藏以及适当地调节气体成分(降氧、增加二氧化碳)。适当就是不能过分,过分又会使果蔬发生生理性病害。刚采收的果蔬含有大量的水分,其表面蒸汽压大于空气的水蒸汽压,因此果蔬中的水分会逐渐蒸发到空气中去,这种现象称为蒸腾。蒸腾失水严重者其表皮会出现皱缩,失去新鲜饱满的状态,这种现象称为萎蔫。同时,失水和萎蔫还会加强果蔬的呼吸,增加微生物造成的果蔬腐烂。所以,在运输和贮藏过程中,要保持较低的温度和较高的空气湿度,以抑制果蔬的蒸腾。

果蔬的化学成分以碳水化合物为主,其含水量又很大,这均有利于微生物的生长繁殖。由于微生物入侵而造成的腐烂变质是导致果蔬采后损失的一个重要原因。果蔬在长期进化过程中形成了一定的贮藏特性和抗病能力。根据果蔬的生物学特性,创造合理的贮藏条件,维持果蔬正常的生命活动,是防止微生物病害的主要措施。杀菌防腐处理也是果蔬生产商品化不可缺少的一个步骤。果蔬表皮和表皮外覆盖的角质层和蜡质层有防止微生物侵入的作用。表皮受到机械损伤,即使是肉眼觉察不到的微小损伤,微生物也会由此入侵,造成果蔬的腐烂变质。机械损伤不但会造成微生物入侵,而且还会加剧果蔬的呼吸与蒸腾,加快果蔬的衰老与死亡。因此,在研究和设计果蔬的保鲜包装时,使用缓冲材料防止机械损伤,也是一个必须注意的重要问题。

第五节 产品包装设计的生物学基础

根据包装涉及的生物学问题,研究和设计产品包装的生物学基础应由三部分组成:一是生物化学基础,二是微生物学基础,三是水果和蔬菜采后生理学基础。

1. 生物化学基础

生物化学是应用化学原理,从分子水平研究生命现象的科学。具体地说,生物化学研究生物体的化学组成、生物分子的化学结构及功能、生物体的新陈代谢及其调控、生物体的遗传信息及其表达,并从分子水平阐明生命活动的机理,揭示生命现象的化学本质。动植物性产品就是以生物体为原料加工而成的。没有一定的生物化学基础,就不能深刻认识这类产品的物质组成、分子结构以及它们的物理和化学性质。微生物和刚刚采收的新鲜果蔬都是活的生物体,没有一定的生物化学基础,就不能深刻认识这些生物体生命活动的化学本质。前已叙及,动植物性产品的微生物败坏就是微生物以这类产品为营养物质,并在产品上生长繁殖的结果。没有一定的生物化学基础,就不能深刻理解导致产品微生物败坏的一系列生物化学反应,因而也就不能理解产品微生物败坏的化学本质。

2. 微生物学基础

微生物学是研究微生物形态、结构及其生命活动规律的科学。随着科学技术的进步和经济发展的需要,由于研究任务和目的不同,微生物学逐渐形成了许多分支学科。微生物学内容丰富,分支学科很多,包装工程专业关注的只是食品微生物学的一个部分,即动植物性产品的微生物败坏。产品的微生物败坏是微生物学的一个经典问题。早在1857年,微生物学的奠基人巴斯德就通过曲颈瓶试验证明,瓶内肉汤的腐败是空气中的细菌和芽孢落在肉汤里生长繁殖造成的。由于问题的局限性,这里讲的微生物学基础只涉及异养型腐生微生物的形态、结构、生理和产品微生物败坏的化学本质以及影响这类微生物生长繁殖的生态环境,目的是为研究和设计动植物性产品的防霉腐包装奠定理论基础。

3. 水果和蔬菜采后生理学基础

果蔬采收以后，虽然不能再从母体得到水分以及其他物质，但它们的生命活动还在不断进行，是有生命的有机体。果蔬采后生理学研究的是果蔬采后生命活动的规律以及外界环境对果蔬采后生命活动的影响，果蔬采后生命活动主要表现是呼吸与蒸腾。缺氧呼吸产生的乙醛、酒精对果蔬有毒害作用，所以氧是维持果蔬生命活动的必需条件。呼吸作用不断消耗果蔬在生长期积累的各种营养物质，使果蔬的新陈代谢愈来愈弱，而有害的代谢产物却愈积愈多，因而导致果蔬逐步走向衰老和死亡。蒸腾作用不但导致果蔬失重和萎蔫，而且还会加剧果蔬的呼吸作用。果蔬是适合微生物生长繁殖的产品，而果蔬又有一定的抗病能力，维持果蔬正常的生命活动，可以防止果蔬的微生物病害。机械损伤不但是微生物入侵果蔬的通道，而且还会加剧果蔬的呼吸与蒸腾。

果蔬采后生理学基础

果蔬采收以后，虽然不能再从母体得到水分以及其他物质，但它们的生命活动还在不断进行，是有生命的有机体。果蔬采后生理学研究的是果蔬采后生命活动的规律以及外界环境对果蔬采后生命活动的影响，果蔬采后生命活动主要表现是呼吸与蒸腾。缺氧呼吸产生的乙醛、酒精对果蔬有毒害作用，所以氧是维持果蔬生命活动的必需条件。呼吸作用不断消耗果蔬在生长期积累的各种营养物质，使果蔬的新陈代谢愈来愈弱，而有害的代谢产物却愈积愈多，因而导致果蔬逐步走向衰老和死亡。蒸腾作用不但导致果蔬失重和萎蔫，而且还会加剧果蔬的呼吸作用。果蔬是适合微生物生长繁殖的产品，而果蔬又有一定的抗病能力，维持果蔬正常的生命活动，可以防止果蔬的微生物病害。机械损伤不但是微生物入侵果蔬的通道，而且还会加剧果蔬的呼吸与蒸腾。

果蔬采收以后，虽然不能再从母体得到水分以及其他物质，但它们的生命活动还在不断进行，是有生命的有机体。果蔬采后生理学研究的是果蔬采后生命活动的规律以及外界环境对果蔬采后生命活动的影响，果蔬采后生命活动主要表现是呼吸与蒸腾。缺氧呼吸产生的乙醛、酒精对果蔬有毒害作用，所以氧是维持果蔬生命活动的必需条件。呼吸作用不断消耗果蔬在生长期积累的各种营养物质，使果蔬的新陈代谢愈来愈弱，而有害的代谢产物却愈积愈多，因而导致果蔬逐步走向衰老和死亡。蒸腾作用不但导致果蔬失重和萎蔫，而且还会加剧果蔬的呼吸作用。果蔬是适合微生物生长繁殖的产品，而果蔬又有一定的抗病能力，维持果蔬正常的生命活动，可以防止果蔬的微生物病害。机械损伤不但是微生物入侵果蔬的通道，而且还会加剧果蔬的呼吸与蒸腾。

上 篇

生物化学基础

生物化学是应用化学原理，从分子水平研究生命现象的科学。具体地说，生物化学是研究生物体的化学组成、生物分子的化学结构与功能、生物体的新陈代谢及其调控、生物体的遗传信息及其表达，并从分子水平阐明生命活动的机理，揭示生命现象的本质。

生物体在生命活动过程中要不断地与周围环境进行物质交换，这种物质交换称为新陈代谢，简称代谢。在物质代谢过程中，还伴随着能量代谢，即伴随着能量的释放、转移和利用。生物体的代谢实质上是在各种酶系催化下的一系列生物化学反应。生物体不断地从外界环境中摄取生活所必需的各种营养物质，并将这些营养物质在体内加工转化为生物体的各种成分，这种作用称为合成代谢，或者称为同化作用。同时，生物体也不断地分解体内物质，并把分解产物排泄到体外去，这种作用称为分解代谢，或者称为异化作用。

在包装工程专业现有课程中，只有微生物学和食品包装技术，没有开设生物化学课程。长期的教学实践表明，不开设生物化学课程，学生很难深刻理解食品的产品特性和微生物生命活动的化学本质以及造成食品微生物败坏的一些复杂的生物化学反应。结果是知其然而不知其所以然，既影响教学效果，又不利于培养学生开发食品包装技术的能力。

生物化学理论性很强，其范围十分广泛，内容非常丰富。本书编入的只是生物化学的一些基本知识，目的是为学生学习微生物学、果蔬采后生理学以及后续课程防护包装原理提供必要的生物化学基础。

第二章 细胞的化学成分

生物体种类繁多，其形态结构千变万化。但是，除病毒外，所有生物体都是由细胞构成的。单细胞的生物体是由一个细胞构成；多细胞的生物体是由许多细胞构成。因此说，细胞是生物体的结构和功能的基本单位。

细胞的种类不同，其形状、结构和功能也多种多样。但是，各种细胞的基本结构是一样的，即细胞都是由原生质构成，原生质是细胞内的生命物质。它的主要成分是蛋白质、脂类和核酸（图 2-1），这些物质通过新陈代谢，不断地自我更新。构成细胞的这一小团原生质又分化为细胞膜、细胞质和细胞核等部分。

活的细胞之所以能够进行一切生命活动，这与细胞的化学成分有密切关系。细胞的化学成分主要是构成细胞的各种化合物，这些化合物是细胞的结构和生命活动的物质基础。

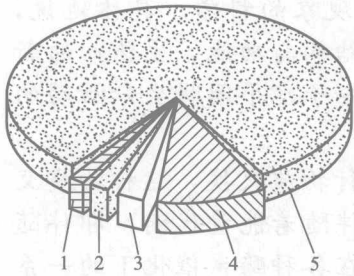
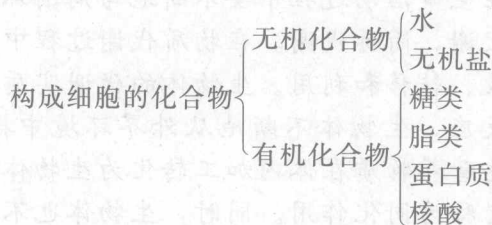


图 2-1 原生质的各种成分比例
1—无机盐；2—糖类和核酸；3—脂类；
4—蛋白质；5—水



虽然各种生物体的细胞都含有水、无机盐、糖类、脂类、蛋白质和核酸等化合物，但这些化合物在不同生物体内所占的比例是不同的，表 2-1 所示只是一例。即使是同一生物体，在不同的器官和不同的组织细胞内，这些化合物所占的比例也不完全相同，甚至有很大差异。

表 2-1 大肠杆菌的化学组成

化学成分	质量分数/%	化学成分	质量分数/%
水	70	脂类	2
蛋白质	15	氨基酸、核苷酸和维生素等	2
核酸(DNA,RNA)	DNA 1,RNA 6	无机离子	1
多糖	3		

对于包装工程专业来说，学习细胞的化学成分有着重要的意义。

① 要研究和设计动植物性产品和水果蔬菜的防护包装，首先需了解和把握这类产品的产品特性。动植物性产品是由各种生物体加工而成的，细胞的化学成分也就是这类产品的化学成分。所以，学习细胞的化学成分也就是了解和把握这类产品的产品特性。

② 研究和设计动植物性产品和水果蔬菜的防护包装，还必须了解和把握微生物以及水果蔬菜采后生命活动的规律。微生物以及水果蔬菜采后的一切生命活动都与细胞的化学成分有密切关系。学习细胞的化学成分，也是为学习微生物学 and 水果蔬菜采后生理学奠定基础。

第一节 水和无机盐

水在各种细胞中的含量都是最多的。在不同种类的生物体中,水的含量差别较大,大约占体重的60%~95%。水生的植物和动物身体内,水的含量往往比较多。例如,水母的身体里水的含量竟占体重的97%。

水在细胞中以两种形式存在。一部分水与细胞内的其他物质相结合,叫做结合水。结合水是细胞结构的组成部分。而大部分水以游离的形式存在,可以自由流动,叫自由水。自由水是细胞内的良好溶剂,许多种物质都能够溶解在自由水中。水在生物体内的流动可以把营养物质运送到各个细胞;同时,也把各个细胞在新陈代谢中产生的废物运送到排泄器官或者直接排出体外。总之,生物体的一切生命活动的重要化学反应都是在水环境中进行的,离开了水就不能进行,生物体没有水就不能生活。

无机盐在细胞中的含量很少,但对于生命活动却是必不可少的。大多数无机盐以离子形式存在于细胞中,如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 PO_4^{3-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等。

无机盐在细胞中有重要作用。有些无机盐是细胞中某些复杂化合物的重要组成部分。例如,磷酸是合成核苷酸和三磷酸腺苷(ATP)分子所必需的。铁是血红蛋白的主要成分。另有许多种无机盐离子对于维持生物体生命活动,维持细胞的形态和功能有重要作用。例如,哺乳动物的血液中必须含有一定量的钙盐,如果血液中钙盐的含量太低,这种动物就会出现抽搐。

第二节 糖类

糖类又叫碳水化合物。从化学结构来看,是指多羟基醛或多羟基酮,以及它们的缩合物。例如葡萄糖、蔗糖、淀粉和纤维素等,它们是广泛存在于各种生物体内的一类重要的有机化合物。

糖类可分为以下三大类。

(1) 单糖 如葡萄糖、果糖、半乳糖、核糖、脱氧核糖等。它们是最简单的、不能被水解的多羟基醛或多羟基酮。

(2) 二糖 如蔗糖、麦芽糖、乳糖等。1分子二糖水解后可生成2分子单糖。

(3) 多糖 如淀粉、糖原、纤维素、聚戊糖、果胶质等。它们是由多个单糖分子经脱水缩合而成的高分子化合物,1分子多糖水解后可生成许多个分子的单糖。

一、单糖

单糖是不能水解的,它们是组成二糖和多糖的基本单位。单糖种类很多,但根据其分子结构,可分为醛糖(多羟基醛)和酮糖(多羟基酮)两类;也可按其分子中碳原子数的多少而分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖等。

下面分别介绍一些重要的单糖。

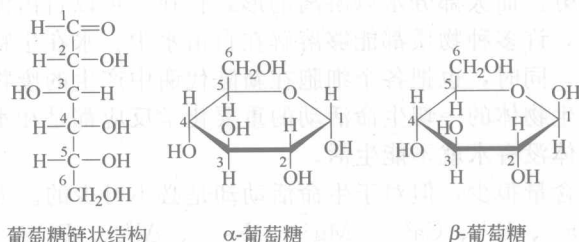
1. 葡萄糖

(1) 葡萄糖的化学结构 葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)广泛存在于生物体中,它是植物进行光合作用的初步产物。在葡萄和某些果实中其含量最多,也存在于蜂蜜和动物的血液中,血液中的葡萄糖叫做血糖。纯净的葡萄糖是易溶于水而难溶于酒精的白色晶体,有甜味,但甜味不

及蔗糖。葡萄糖是己醛糖，它具有链状及氧环式两种不同的结构。

链状葡萄糖分子中 C5 上的羟基与 C1 组成的醛基相互作用，转变为一种环状的半缩醛结构，这就是葡萄糖分子的氧环式结构。由于环状半缩醛的生成，C1 上出现了一个新的羟基，这个羟基比其他的羟基具有更大的活性，叫做半缩醛羟基，也叫苷羟基。

由于半缩醛羟基在空间位置上的不同，就构成了葡萄糖的两种环式结构：半缩醛羟基在碳链右侧的叫 α -葡萄糖；在碳链左侧的叫 β -葡萄糖。链状结构中碳链右边的原子或原子团都写在环的下方；左边的都写在环的上方，但 C5 上相连的伯醇基总是写在环的上方，其所连的氢原子总是写在环的下方。

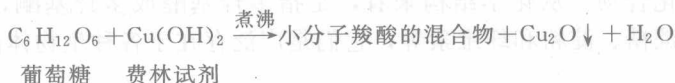


在大多数情况下，例如在生物体中的葡萄糖以及结晶状态的葡萄糖，都是环式结构。但在水溶液中，葡萄糖也有链状结构存在，并且 α -葡萄糖和 β -葡萄糖可通过链状结构互相转变，这使得该水溶液成为三者处于平衡状态的混合水溶液。

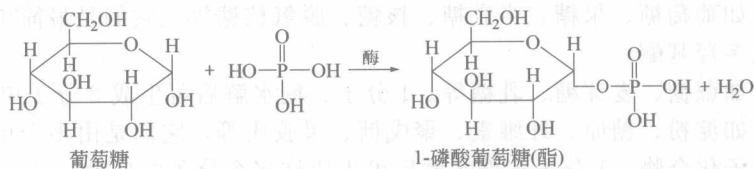
(2) 葡萄糖的化学性质

① 氧化反应。因葡萄糖分子中含有醛基或半缩醛羟基（潜在的醛基），故容易发生氧化反应。例如，葡萄糖与费林试剂混合煮沸时，葡萄糖被氧化为多种小分子羧酸的混合物，费林试剂则被还原为砖红色的氧化亚铜沉淀。由于葡萄糖可使费林试剂或其他氧化剂还原，具有还原性，所以叫做还原糖。

葡萄糖的费林反应可表示如下：



② 酯化反应。葡萄糖分子中具有醇羟基，因此可以和酸生成酯类。例如：



在生物体内，这一过程称为磷酸化。磷酸化的产物——糖的磷酸酯，是糖的分解或合成过程中的重要中间产物。

③ 成苷反应。葡萄糖环式结构中 C1 上的半缩醛羟基，也可与含有羟基的另一物质作用，生成相应的缩醛型化合物。这类由糖与含有羟基或亚氨基（=NH）的物质脱水而生成的缩合物叫做苷。这样的反应叫做成苷反应。例如：

