

21世纪高等职业教育食品加工技术专业“工学结合”系列教材

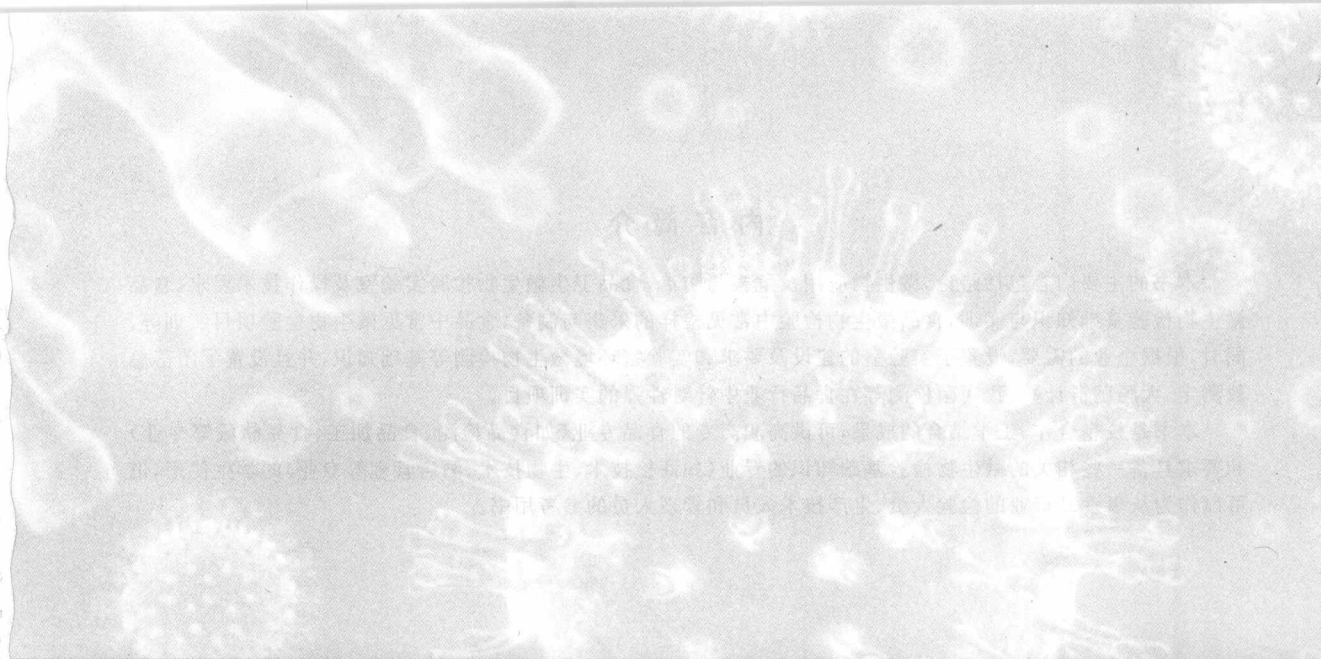
# S 食品微生物检验技术

HIPIN WEISHENGWU JIANYAN JISHU

◎主编 李殿鑫



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>



# S 食品微生物检验技术

SHIPIN WEISHENGWU JIANYAN JISHU

主 编 李殿鑫

副主编 戴远威

编 委

(按姓氏笔画排序)

王莉嫦

卢勉飞

左映平

许少丹

刘柱明

李宝玉

汪 宁

郑培金

姚 莉

钟旭美

康艳梅

黄 敏

程天



YZLI0890169096



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书的主要内容包括绪论,微生物应用及危害与防治,食品卫生微生物检验实验室及操作技术要求,食品微生物检验基础知识与实训,食品微生物检验中常见检样的采集与制备,食品中常见微生物检验项目实训等。同时,根据企业的需要,设置了实验室的建设及要求 and 实验室环境微生物检测等基础知识,并且设置了菌落总数测定、大肠菌群计数、致病菌检测等在食品行业中针对性强的实训项目。

本书是校企合作、工学结合的成果,可供高职高专的食品专业(如食品检测、食品加工、食品储藏等专业)和要求具备一些相关的微生物检验基础知识的专业(如商检技术、生物技术、酒店管理等专业)的学生使用,也可以作为从事食品行业的检验人员、生产技术人员和管理人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

食品微生物检验技术/李殿鑫 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.2  
ISBN 978-7-5609-8310-3

I. 食… II. 李… III. 食品微生物-食品检验 IV. TS207.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 188735 号

### 食品微生物检验技术

李殿鑫 主编

策划编辑:何 赟

责任编辑:赵巧玲

封面设计:龙文装帧

责任校对:朱 玢

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:13 插页:2

字 数:346 千字

版 次:2013年2月第1版第1次印刷

定 价:29.00 元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

## 前 言

本书根据教育部对于高职高专教材建设的要求和高等职业教育的特点来进行编写。在内容安排上,以满足职业岗位的知识 and 技能要求为目标,以理论“必需、够用”为度,涵盖了微生物检验的基础知识和食品中常用微生物指标的检验内容。

本书是以国家最新颁布的《食品安全国家标准 食品微生物学检验》(2010)为依据,根据企业的实际需求,由食品企业的一线技术人员和相关检测科研单位的专家,同时与其他兄弟院校教师联合,共同编写的一本真正适合高职高专院校学生使用的校企合作、工学结合的高职高专教材。

本书的最大特点是将最新的食品微生物学检验的国家标准融入教材的相应内容中,避免了教材中知识内容滞后等相关问题。同时,联合企业一线技术人员参与教材的编写,能够更好地完成学校培养和企业应用之间的无缝对接。

在本书的编写过程中,得到了广东省微生物研究所、广州市食品工业卫生检测所、广东环凯微生物科技有限公司、广州鹰金钱企业集团公司等科研单位和企业的大力支持,同时还得到编者所在院校的帮助,在此深表感谢。

本书的模块一由李殿鑫编写,模块二由许少丹和康艳梅编写,模块三项目一由潘兆广编写,模块三项目二、项目三由戴远威、李殿鑫编写,模块四项目一由李宝玉编写,模块四项目二由黄敏、刘柱明编写,模块四项目三由郑培金、程天德和左映平编写,模块四项目四至项目七由罗映霞、李殿鑫编写,模块五项目一至项目六由钟旭美编写,模块五项目七至项目十一由姚莉编写,模块六项目一至项目四由李殿鑫编写,模块六项目五至项目六由罗映霞编写,模块六项目七至项目十由肖剑编写,项目十一由王莉嫦和汪宁编写,附录由卢勉飞和李殿鑫编写。全书由李殿鑫统稿。

由于编者水平有限,加之时间仓促,收集的材料有限,疏漏和不足之处在所难免,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2012年7月

## 实验须知

开设食品微生物检验技术课的目的是通过大量的实验操作,训练学生掌握食品微生物检验最基本的操作技能,加深理解课堂讲授的相关食品微生物检验的基本理论和基础知识,同时对最新颁布的国家食品卫生微生物检验标准中常见的微生物检验标准进行练习。通过实验,培养学生观察、思考、分析和解决问题的能力,实事求是、严肃认真的科学态度,以及勤俭节约、爱护公物的良好作风。

为了上好实验课并保证安全,需要注意如下事项。

(1) 每次实验前必须对实验内容进行充分预习,以了解实验的目的、原理和方法,做到心中有数,思路清晰。

(2) 实验室内应保持整洁、安静,勿高声谈话和随便走动。

(3) 实验时应小心仔细,全部操作应严格按操作规程进行,万一遇到盛菌试管或瓶不慎打破、皮肤破伤或菌液吸入口中等意外情况时,应立即报告指导教师,及时处理,切勿隐瞒。

(4) 认真及时做好实验记录,对于当时不能得到结果而需要连续观察的实验,则须记下每次观察的现象和结果,以便分析。

(5) 在实验过程中,切勿将酒精、乙醚、丙酮等易燃药品接近火焰。如遇火险,应先关掉火源,再用湿布或沙土掩盖灭火,必要时用灭火器。

(6) 使用显微镜或其他贵重仪器时,要求细心操作,特别爱护。对消耗的材料和药品等要力求节约,用完后放回原处。

(7) 每次实验完毕后,必须把所用仪器抹净放妥,将实验室收拾整齐,擦净桌面。如有菌液污染桌面或其他地方时,可用3%来苏水或5%石炭酸液覆盖其上半小时后擦去,如果是芽孢杆菌,应适当延长消毒时间。凡带菌的工具(如吸管、玻璃刮棒等)在洗涤前须浸泡在3%来苏水中进行消毒。

(8) 每次实验须进行培养的材料,应标明自己的组别及处理方法,放于教师指定的地点进行培养。实验室中的菌种和物品等,未经教师许可,不得带出实验室。

(9) 每次实验的结果,应以实事求是的科学态度填入报告表格中,力求简明准确,并连同思考题一起及时上交给教师批阅。

(10) 离开实验室前应将手洗净,注意关闭门窗、灯、火、煤气等。

# 目 录

模块一 绪论	(1)
模块二 微生物在食品中的应用及危害	(4)
项目一 微生物在食品制造中的应用	(4)
项目二 食品的微生物污染及其主要变质微生物	(20)
模块三 食品卫生微生物检验室及操作技术要求	(33)
项目一 微生物检验室及配置	(33)
项目二 实验实训室管理制度	(57)
项目三 实验室技术操作要求	(61)
模块四 食品微生物检验基础知识与实训	(66)
项目一 培养基的基础知识与配制技术	(66)
项目二 消毒与灭菌技术	(80)
项目三 微生物无菌操作、接种及分离纯化技术	(82)
项目四 菌落特征的观察	(87)
项目五 实验室环境和人体体表微生物的检测	(89)
项目六 环境因素对微生物生长的影响	(94)
项目七 微生物的生理生化反应	(97)
模块五 食品微生物检验中常见检样的采集与制备	(102)
项目一 肉与肉制品检样的采集与制备	(102)
项目二 乳与乳制品检样的采集与制备	(103)
项目三 蛋与蛋制品检样的采集与制备	(106)
项目四 水产品检样的采集与制备	(107)
项目五 饮料、冷冻饮品检样的采集与制备	(109)
项目六 调味品检样的采集与制备	(110)
项目七 冷食菜、豆制品检样的制备	(111)
项目八 糖果、糕点和蜜饯检样的制备	(111)
项目九 酒类检样的采集与制备	(112)
项目十 方便食品检样的采集与制备	(112)
项目十一 罐藏食品检样的采集与制备	(113)
模块六 食品中常见微生物检验项目实训	(115)
项目一 食品中菌落总数的测定	(115)
项目二 食品中大肠菌群计数	(119)
项目三 霉菌和酵母菌计数	(125)

## 2 食品微生物检验技术

项目四 乳酸菌的检验	(127)
项目五 金黄色葡萄球菌的检验	(130)
项目六 沙门氏菌检验	(137)
项目七 食品中副溶血性弧菌的检验	(140)
项目八 食品中溶血性链球菌的检验	(146)
项目九 食品中志贺氏菌的检验	(150)
项目十 食品中阪崎肠杆菌的检验	(156)
项目十一 食品中单核细胞增生李斯特氏菌的检验	(160)
附录	(165)
附录 A 微生物学实验室常用试剂及其使用方法	(165)
附录 B 微生物学实验室基础培养基	(167)
附录 C 保存和增菌培养基	(168)
附录 D 分离培养基	(171)
附录 E 生化试验培养基	(180)
附录 F 抗菌药物敏感试验培养基	(191)
附录 G 专用培养基	(193)
附录 H 显色培养基	(198)
参考文献	(201)

# 模块一 绪 论

## 一、食品微生物检验概念

食品中微生物的种类、数量、性质、活动规律与人类健康关系极为密切。微生物与食品的关系复杂,既有其有益的一面,又有其不利的一面,食品必须经过检验才能确保其安全性。

食品微生物检验是利用食品微生物学的基础理论与技能、细菌的生化试验和血清学试验的基本知识,在掌握与食品卫生检验中的有关微生物特性的基础上,通过系统的检验方法,研究食品中微生物的种类、数量、性质、生存环境及活动规律,及时、准确地对食品样品做出食品卫生检验的报告,为食品安全生产及卫生监督提供科学依据。

## 二、食品微生物检验学的特点

### 1. 研究对象和研究范围广

食品种类多,各地区有各地区的特色。在食品来源、加工、运输等环节都有可能受到各种微生物的污染。微生物的种类非常多,数量巨大。

### 2. 涉及学科多样

食品微生物检验是以微生物学为基础,同时涉及生物学、生物化学、工艺学、发酵学,以及兽医学等方面的知识。根据不同的食品、不同的微生物,采取的检验方法也不同。

### 3. 实用性及应用性强

食品微生物检验学在促进人类的健康方面起着重要的作用。通过检验,可以掌握微生物的特点及活动规律,识别有益的、腐败的、致病的微生物,从而在食品生产和保藏过程中,可以充分利用有益微生物为人类服务,同时控制腐败和病原微生物的活动,防止食品变质和杜绝因食品而引起的疾病,保证食品卫生的安全。

### 4. 采用标准化

在食品的卫生质量标准《中华人民共和国国家标准——食品安全国家标准食品微生物学检验》中,有明确的微生物学标准。在食品的生产加工等各个环节中必须达到法规规定的标准。

## 三、微生物检验的目的

微生物检验的目的就是要为生产出安全、卫生、符合标准的食品提供科学依据。使生产工序的各个环节得到及时控制,不合格的食品原料不能投入生产,不合格的成品不能投放市场。

## 四、食品微生物检验的内容

食品微生物检验的内容:研究各类食品中微生物种类、分布及其特性,为科学研究做准备;研究食品的微生物污染及其控制,提高食品的卫生质量;研究微生物与食品保存的关系;了解食品中的致病性、中毒性、致腐性微生物;掌握各类食品中微生物的检验方法及



标准。

## 五、食品微生物检验的发展

食品微生物检验学的发展与整个微生物学的发展是分不开的。公元前两千多年的夏禹时期,就有仪狄酿酒的记载。2500年前我国人民就已经利用微生物制酱、酿醋,知道用曲治疗消化道疾病;北魏(公元386—534年)时期的《齐民要术》一书中详细记载了制醋的方法。长期以来民间常用的盐腌、糖渍、烟熏、风干等保存食物的方法,实际上正是通过抑制微生物的生长而防止食物的腐烂变质。

在预防医学方面,我国自古就有将水煮沸后饮用的习惯。明朝李时珍在《本草纲目》中指出,将病人的衣服蒸过后再穿就不会传染上疾病,说明明朝时期就有消毒的方法。

### 1. 致病菌检测阶段

首先观察到微生物的是荷兰人吕文虎克。他于1676年用自磨镜片制造了世界上第一架显微镜(约放大300倍),并从雨水、牙垢等标本中第一次观察和描述了各种形态的微生物,有力地证明了微生物的存在,并确定了细菌的三种基本形状:球菌、杆菌和螺旋菌,吕文虎克也被称为显微镜之父。

从此以后,人们对微生物的形态、排列、大小等有了初步的认识,但仅限于形态学方面,进展不大。其主要原因是自然发生论起了阻碍的作用。

19世纪是近代微生物学发展非常迅速的一个时期,法国科学家巴斯德首先用实验证明了有机物质的发酵与腐败是由微生物作用的结果,而不是发酵产生了微生物。

巴斯德的研究开创了微生物的生理学时代。自此,微生物开始成为一门独立学科。巴斯德在蚕病、狂犬病、鸡霍乱和炭疽病的病原体研究和预防方面作出了卓越的贡献,他发明的巴氏消毒法至今仍然用于各种液态食品的工业化生产,被称为现代微生物学之父。

19世纪末至20世纪初,在巴斯德和科赫光辉业绩的影响下,国际上形成了寻找病原微生物的热潮。由于国际交往的增加,尤其是第一次世界大战的爆发,一些烈性传染病的全球性大流行,促使人们必须将视线集中在病原微生物的研究方面,一提到微生物,就会联想到疾病与灾难。有关食品微生物学方面的研究也主要是检测致病菌。

### 2. 指示菌检测阶段

在我国,80%的传染病是肠道传染病,为了预防肠道传染病,各种食品微生物的检验方法和检验标准的制定是食品微生物检验的重要研究内容之一。

从这些肠道传染病污染的样品中直接检测目的病原微生物有一定的难度,原因是在环境中病原微生物数量少、种类多、生物学性状多样,检验和鉴定的方法比较复杂。

因此,需要寻找某些带有指示性的微生物,这些微生物应该在环境中存在的数量较多,易于检出,检测方法较简单,而且具有一定的代表性。根据其检出的情况,可以判断样品被污染的程度,并间接指示致病微生物有无存在的可能,以及对人群是否构成潜在的威胁。

指示菌是指在常规安全卫生检测中,用以指示检验样品卫生状况和安全性的指示性微生物。检验指示菌的目的,主要是以指示菌在检品中存在与否,以及数量多少为依据,对照国家卫生标准,对检品的饮用、食用或使用的安全性作出评价。

指示菌可分为以下三种类型。

(1) 为了评价被检样品的一般卫生质量、污染程度和安全性,最常用的是菌落总数、霉菌和酵母菌数。

(2) 特指粪便污染的指示菌。主要指大肠菌群,其他还有肠球菌、亚硫酸盐还原梭菌等,它们的检出标志着检品受过人、畜粪便的污染,而且有肠道病原微生物存在的可能性。

(3) 其他指示菌,包括某些特定环境不能检出的菌类,如特定菌、某些致病菌或其他指示性微生物。

### 3. 微生态制剂检测阶段

19世纪人们就发现并开始认识厌氧菌,但是到20世纪70年代,人们了解到厌氧菌主要是无芽孢专性厌氧菌后,才开始重新重视有关它的研究。

由此,市场上出现了以乳酸菌、双歧杆菌为主,以调节生态平衡为目的的各种微生态制剂时,检验其菌株的特性和数量就成了20世纪末食品微生物检测的一项重要内容。

### 4. 现代基因工程菌和尚未能培养菌的检测

生物化学和分子生物学的发展促进了微生物学的飞跃发展,从细胞水平进入亚细胞水平及分子水平。随着转基因动物、植物和基因工程菌被批准使用的数目,以及进入商品化生产的种类日益增多,食品微生物检测的任务也越多。目前,也发现了一些尚未能培养的微生物,这也促进了食品微生物检验技术的发展。

在微生物的应用技术、实验方法方面也有极其迅速的发展。如电镜技术的进步,再配合生物化学、电泳法、免疫化学等,使人们对各种微生物的特性、抗原构造等都有进一步的认识,对微生物的种属作出正确的分类和鉴定。利用荧光抗体技术、单抗技术、PCR技术等技术手段进一步推动了微生物学的发展。

我国颁布了《中华人民共和国国家标准——食品卫生检验方法(微生物学部分)》,统一了全国食品微生物的检验方法,对促进食品卫生工作起到一定的作用。

## 六、我国的食品卫生检验机构

1949年以后,全国各地都建立了卫生防疫站,在站内设立食品检验科。20世纪80年代,我国成立了动植物检疫局等,从此,国家的食品卫生机构和组织不断增多和扩大。各卫生检测单位,商业、食品加工单位的化验室,卫生部门设置食品卫生检验所和乳肉蛋食品检测中心站等,都可以进行包括食品卫生检验的工作。之后我国又成立了国家质量监督检验检疫总局及地方质量监督检验检疫局,并且于2006年5月,经国家质检总局批准,正式成立国家食品安全监督检验中心。2009年2月28日颁布的《中华人民共和国食品安全法》中第57条明确规定,食品检验机构资质的认定条件和检验规范,由国务院卫生行政部门负责制定,并在第五章中对食品检验工作进行了详细、具体的规定,提出对食品检验机构实施资质认定制度。随后,国务院办公厅印发的《关于认真贯彻实施食品安全法的通知》,以及同年7月20日公布的《中华人民共和国食品安全法实施条例》中均对食品检验工作提出了要求。食品微生物检验学,作为给人类提供有益于健康,又能确保食用安全的食品的科学保障之一,越来越受到国家和普通民众的重视,有着广阔的发展前景。

# 模块二 微生物在食品中的应用及危害

## 项目一 微生物在食品制造中的应用

利用微生物制造食品在我国已有数千年的历史。在食品工业中,可利用微生物制造出许多食品,如乳酸饮料、酒类及调味品等。

### 一、微生物的菌体及其内含物作为食品的应用

#### 1. 食用菌

食用菌是指可供人类食用(或医用)的大型真菌,主要有蘑菇、银耳、香菇、木耳、羊肚菌、牛肝菌、鸡枞菌、茯苓、灵芝等。由于这类食用菌的菌体比其他真菌都大,其外形尺寸一般为(3.0~18.0)cm×(4.0~20.0)cm,故称为大型真菌。

##### (1) 食用菌的种类。

在现代生物分类学上食用菌属于子囊菌亚门和担子菌亚门,其中属于担子菌的有木耳科、银耳科、口蘑科、侧耳科等 26 个科,属于子囊菌的有地菇科、马鞍菌科和盘菌科等 3 科。据统计我国食用菌有 350 余种,常见的食用菌种类见表 2-1。

表 2-1 我国常见的食用菌种类

属名	代表种	属名	代表种
木耳属	黑木耳	小苞脚菇属	草菇
银耳属	银耳	香菇属	香菇
猴头菌属	猴头菇	侧耳属	平菇
蘑菇属	双孢蘑菇	金钱菌属	金针菇

##### (2) 食用菌的营养保健作用。

食用菌是一类营养丰富、味道鲜美、风味独特的菌类蔬菜。它含有丰富的蛋白质(占干重的 10%~50%)和 8 种必需的氨基酸,还含有 B 族维生素等多种维生素,以及膳食纤维和多种矿物质。食用菌除了可供直接食用外,还可用于提取增鲜剂等。此外,食用菌中一些有价值的药用成分具有医疗保健作用。例如,木耳有润肺和消化纤维素的作用,因而是纺织工人的保健食品,并具有减少血中胆固醇的沉积和通便等功效。近年来,临床试验已经证明,从灵芝、银耳、猴头菇、金针菇、香菇等大型真菌中提取的多糖,具有抗肿瘤、抗病毒、抗细菌感染等功效。

##### (3) 食用菌菌体的生产。

目前,食用菌生产采用子实体固体栽培和菌丝体液体发酵两种方法。前者适用于农村、城镇的大面积栽培,后者适用于工厂在人工控制条件下的发酵罐液体深层培养。在子实体栽培

中,控制食用菌生长的环境条件主要是温度、湿度、空气、光线、pH 值等。发酵罐液体培养获得的食用菌的菌丝体可作为人类的蛋白质食品、调味品等,并可用其制备各种药物和提取多糖类等代谢产物,制成各种口服液和其他保健食品,其生产工艺流程为:保藏菌株→斜面菌种→摇瓶种子→种子罐→繁殖罐→发酵罐→过滤→菌丝体和滤清液→提取(抽提、浓缩、透析、离心、沉淀、干燥)→深加工成为成品。

采用发酵法生产食用菌能节省时间、劳力,并且菌龄一致,因而可实现大规模工业化生产。

## 2. 单细胞蛋白质的生产

单细胞蛋白质(简称 SCP)是指利用各种营养基质培养单细胞的微生物(包括细菌、酵母菌、霉菌和单细胞藻类)所获得的菌体蛋白质。由于世界人口增长,耕地面积减少,导致动植物蛋白匮乏,因此,从微生物中获得 SCP 是解决人类蛋白质食品资源的重要途径。

### 1) SCP 的优点

SCP 具有动植物蛋白无法比拟的优点:①生长繁殖迅速,微生物在发酵罐中培养,生产能力达  $2\sim 6\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ,可在短时间内获得大量菌体;②不受外界条件的影响,不受季节气候限制,不占耕地面积,生产容易控制,适应性强,能够工业化生产;③营养价值高,SCP 含有较高的蛋白质和种类齐全的氨基酸。

此外,SCP 中还含有丰富的碳水化合物和维生素(B 族维生素、 $\beta$ -胡萝卜素)、麦角固醇、矿物质(如磷、钾、镁等)、各种酶和未知生长因子等。

### 2) 生产菌种

良好的 SCP 必须具有无毒、蛋白质含量高、必需氨基酸含量丰富、核酸含量较低、易消化吸收、适口性好、制造容易和价格低廉等基本要求。目前,用于生产 SCP 的微生物有酵母菌、细菌、单细胞藻类、霉菌等。

#### (1) 酵母菌。

酵母菌细胞中含有蛋白质、脂肪、维生素和无机盐等,其中蛋白质含量占细胞干物质的  $40\%\sim 55\%$ 。含有的糖类包括糖原、海藻糖、脱氧核糖、直链淀粉等。其氨基酸组成齐全,尤其是赖氨酸、苏氨酸、组氨酸、苯丙氨酸的含量高。含有的维生素有 14 种以上。因此,酵母菌 SCP 具有较高的营养价值,是良好的食用和饲用 SCP 资源。

生产 SCP 的常用酵母菌有热带假丝酵母、产朊假丝酵母、解脂假丝酵母解脂变种、啤酒酵母、扣囊拟内孢霉、脆壁酵母、脆壁克鲁维酵母、保加利亚克鲁维酵母等。热带假丝酵母和产朊假丝酵母等主要以亚硫酸盐纸浆废液、木材水解液等为原料生产饲用酵母,而啤酒酵母主要以糖蜜生产食用或医用酵母。脆壁酵母、脆壁克鲁维酵母和保加利亚克鲁维酵母能利用乳清生产食用 SCP。酵母菌体的培养,采用液体深层培养法和固体通风发酵法均可得到良好的效果。SCP 作为饲料可用粗制品,如作为食品或医药则须精制处理。

#### (2) 细菌。

常用细菌有嗜甲烷单胞菌、甲烷假单胞菌、荚膜甲基球菌等专性甲烷菌,可以甲烷为唯一碳源生产 SCP。此外,尚有甲醇菌和纤维素单胞菌能分别利用甲醇和纤维素生产 SCP;胶质红色假单胞菌多用于淀粉废水和豆制品废水的 SCP 生产。由于细菌菌体比酵母小,分离困难,菌体成分比较复杂(除蛋白质外),并且 SCP 不如酵母菌易消化,尚有带毒性物质的危险,故目前我国大多用酵母菌生产 SCP。

#### (3) 螺旋蓝细菌。

螺旋蓝细菌隶属于蓝细菌中的螺旋蓝细菌,旧称螺旋藻。螺旋蓝细菌外观为青绿色,呈螺

旋状,为由多细胞组成的螺旋状盘曲的不分支的丝状体。本菌繁殖能力强,能利用阳光、CO<sub>2</sub>和其他矿物质合成有机物,释放 O<sub>2</sub>,光合作用效果高,多数最适宜生长温度为 25~36℃,最适宜 pH 值为 9~11。

螺旋蓝细菌的 SCP 含量为 50%~65%(占干物质),由 18 种氨基酸组成,其中含有人体必需的 8 种氨基酸。此外,还含有功能性的多肽,它是一种强烈刺激人体细胞增长的拟生长因子。藻蓝蛋白含量达干重的 18%,不仅是良好的天然蓝色素,而且有提高机体免疫力和抗癌的功效。该菌含有 B 族维生素(B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub>)、维生素 E、维生素 PP 及 β-胡萝卜素、叶酸、泛酸等多种维生素,尤其是维生素 B<sub>12</sub>、β-胡萝卜素和维生素 A 的含量高。β-胡萝卜素可降低肺癌、口腔癌的发病率。其 γ-亚麻酸和不饱和脂肪酸的含量为 1.7%,γ-亚麻酸是人体前列腺素的前体,有降血脂、软化血管的功能,不饱和脂肪酸参与体内调节血压、胆固醇合成及细胞增生等生理过程,螺旋蓝细菌还含有多种人体必需的微量元素,如铁、锌、铜、硒等,它们均与有机物结合而易被人体吸收,因而能有效调节机体平衡和酶的活性。螺旋蓝细菌产品对于治疗和辅助治疗某些疾病有独特的功效。例如,每天食用 4.2 g 的该产品可以降低胆固醇、血脂,有利于构建肠道内的乳酸菌群,提高铁的生物有效性,常作为缺铁性贫血的食物辅助治疗物。螺旋蓝细菌广泛应用于食品、饲料、精细化工、医药等领域,我国已开发出多种螺旋蓝细菌保健食品。目前,用于生产“螺旋藻”产品的菌种有盘状螺旋蓝细菌和最大螺旋蓝细菌等。

#### (4) 小球藻。

小球藻中的椭圆小球菌和粉粒小球菌在 CO<sub>2</sub> 和阳光适宜的条件下,会以数倍于高等植物的速度生长。小球菌的营养价值很高,含有约 50%的 SCP、糖类、碳水化合物、维生素 A、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 C 等成分。此外,还含有未知生长因子。近年来,在宇宙生物学研究试验中以小球菌作为宇宙航空中的食品。

#### (5) 霉菌。

生产饲用 SCP 常用的霉菌有白地霉、拟青霉、米曲霉、黑曲霉、康氏木霉、绿色木霉等。其中白地霉的 SCP 含量高,增殖速度快,以玉米浸泡液为原料生产饲用 SCP 可获得满意结果。此外,白地霉还可利用淀粉废水和豆制品废水生产 SCP。利用霉菌生产 SCP,具有生长快,耐酸,不易染杂菌,菌丝体大,易于筛滤收集,淀粉酶和纤维素酶活力高等特点,可直接利用淀粉和纤维素为碳源。霉菌可利用的原料有酒糟、豆制品和淀粉的废水、甘蔗和甜菜渣(含果胶、纤维素与半纤维素)、玉米淀粉渣等。

### 3) 工艺流程

以糖蜜为原料的液体深层通气培养的工艺流程:

糖蜜→水解(加硫酸、水)→中和(石灰乳)→澄清→流加糖液(配入硫酸铵、尿素、磷酸、碱水)→发酵(酒母、通入空气)→分离(去废液)→洗涤(加水)→压榨→压条→沸腾干燥→活性干酵母。

## 二、细菌在食品制造中应用

细菌在食品制造中的应用非常广泛,日常生活中的很多食品都是利用细菌制造的,如食醋、酸奶等。下面选择几种用细菌生产的食品做简要介绍。

### 1. 食醋

食醋是一种国际性的酸性调味品,它能增进食欲,帮助消化,在人们的饮食中不可缺少。在长期的食醋生产中,形成了具有独特风味的诸多名醋,这些醋风格各异,远销国内外,深受人

们的欢迎。

食醋按加工方法可分为合成醋、酿造醋、再制醋三大类。其中产量最大且与我们关系最为密切的是酿造醋,它是用粮食等淀粉质为原料,经微生物制曲、糖化、酒精发酵、醋酸发酵等阶段酿制而成。其主要成分除醋酸(3%~5%)外,还含有各种氨基酸、有机酸、糖类、维生素、醇和酯等营养成分及风味成分,具有独特的色、香、味,是调味佳品,长期食用对身体健康也十分有益。

### 1) 酿造微生物

传统工艺酿醋是利用自然界中的野生菌制曲、发酵,因此涉及的微生物种类繁多。新法制醋均采用人工选育的纯培养菌株进行制曲、酒精发酵和醋酸发酵,因而发酵周期短、原料利用率高。

#### (1) 淀粉液化、糖化微生物。

淀粉液化、糖化微生物能够产生淀粉酶、糖化酶。使淀粉液化、糖化的微生物很多,而适合于酿醋的微生物主要是曲霉菌。常用的曲霉菌种有以下几种。

① 甘薯曲霉 AS 3.324 因适用于甘薯原料的糖化而得名,该菌生长适应性好、易培养、有强单宁酶活力,适合于甘薯及野生植物等酿醋。

② 东酒一号 它是 AS 3.758 的变异株,培养时要求较高的湿度和较低的温度,上海地区应用此菌制醋较多。

③ 黑曲霉 AS 3.4309(UV-11) 该菌糖化能力强、酶系统,最适培养温度为 32℃。制曲时,前期菌丝生长缓慢,当出现分生孢子时,菌丝迅速蔓延。

④ 宇佐美曲霉 AS 3.758 该菌是日本在数千种黑曲霉中选育出来的糖化力极强、耐酸性较高的糖化型淀粉酶菌种。菌丝黑色至黑褐色。孢子成熟时呈黑褐色。能同化硝酸盐,其生酸能力很强。对制曲原料适宜性也比较强。

此外,还有米曲霉菌株,沪酿 3.040、沪酿 3.042(AS 3.951)、AS 3.863 等,黄曲霉菌株,AS 3.800,AS 3.384 等。

#### (2) 酒精发酵微生物。

酒精发酵在生产上一般采用子囊菌亚门酵母属中的酵母,但不同的酵母菌株,其发酵能力不同,产生的滋味和香气也不同。北方地区常用 1300 酵母,上海香醋选用工农 501 黄酒酵母。K 字酵母适用于以高粱、大米、甘薯等为原料酿制普通食醋。AS 2.109、AS 2.399 适用于淀粉质原料,而 AS 2.1189、AS 2.1190 适用于糖蜜原料。

#### (3) 醋酸发酵微生物。

##### ① 醋酸菌的选择。

醋酸菌是醋酸发酵的主要菌种。过去主要依靠空气、填充料及麸曲上自然附着的醋酸菌,因此生产周期较长,产品质量不稳定,现在大多数厂采用人工培养。

醋酸菌具有氧化酒精生成醋酸的能力,革兰氏染色呈阴性,好氧,喜欢在含糖和酵母膏的培养基上生长。其生长最适温度为 28~32℃,最适 pH 值为 3.5~6.5。

醋厂选用的醋酸菌的标准为:氧化酒精速度快、耐酸性强、不再分解醋酸制品、风味良好的菌种。目前,国内外在生产上常用的醋酸菌有以下几种。

a. 奥尔兰醋杆菌 该菌生长最适温度为 30℃,能产生少量的酯,产酸能力较弱,但耐酸能力较强。

b. 许氏醋杆菌 它是目前制醋工业中较重要的菌种之一。其在液体中生长的最适温度

为 25.0~27.5℃, 固体培养的最适温度为 28~30℃, 最高生长温度为 37℃。该菌产酸高达 11.5%, 并且对醋酸没有氧化作用。

c. 恶臭醋杆菌 它是我国酿醋常用菌株之一。该菌在液面处形成菌膜, 并沿容器壁上升, 菌膜下液体不浑浊。一般能产酸 6%~8%, 有的菌株副产 2% 的葡萄糖酸, 并能把醋酸进一步氧化成二氧化碳和水。

d. AS 1.41 醋酸菌 它属于恶臭醋酸杆菌, 是我国酿醋常用菌种之一。该菌细胞呈杆状, 常呈链状排列, 单个细胞大小为  $(0.3\sim 0.4)\mu\text{m}\times(1\sim 2)\mu\text{m}$ , 无运动性、无芽孢。在不良的环境条件下, 细胞会伸长变成线形、棒形或管状膨大。平板培养时菌落隆起, 表面平滑, 菌落呈灰白色, 液体培养时则形成菌膜。该菌生长的适宜温度为 28~30℃, 生成醋酸的最适宜温度为 28~33℃, 最适 pH 值为 3.5~6.0, 耐受酒精浓度为 8% (体积分数)。最高产醋酸为 7%~9%, 产葡萄糖酸的能力弱, 能进一步氧化分解醋酸为二氧化碳和水。

e. 沪酿 1.01 醋酸菌 它是从丹东速酿醋中分离得到的, 是我国食醋工厂常用的菌种之一。该菌细胞呈杆形, 常呈链状排列, 菌体无运动性, 不形成芽孢。在含酒精的培养液中, 常在表面生长, 形成淡青灰色薄层菌膜。在不良的条件下, 细胞会伸长, 变成线状或棒状, 有的呈膨大状、分支状。该菌由酒精生成醋酸的转化率平均高达 93%~95%。

#### ② 醋酸菌的培养及保藏。

a. 醋酸菌的斜面培养: 试管斜面培养基(介绍下列两种培养基, 可以任意选用一种)。

一种为 6% 的酒液 100 mL, 葡萄糖 3 g, 酵母膏 1 g, 碳酸钙 1.5 g, 琼脂 2.5 g, 水 100 mL。另一种为酒精 2 mL, 葡萄糖 1 g, 酵母膏 1 g, 碳酸钙 1.5 g, 琼脂 2.5 g, 水 100 mL。

培养 选定配方后, 加热融化琼脂, 分装试管, 灭菌冷却后做成斜面试管。在无菌箱内将原菌接入到斜面试管中, 置于 30~32℃ 恒温箱内培养 48 h 即成熟。

保藏 醋酸菌因为没有芽孢, 易被自己所产生的酸杀灭。醋酸菌中, 特别能产生酯香的菌种很容易死亡, 因此, 宜保藏在 0~4℃ 冰箱内备用。由于培养基中已加入碳酸钙, 可以中和醋酸菌产生的酸, 所以其保藏时间长一些。

#### b. 三角瓶培养。

培养基制备 称取酵母膏 1 g、葡萄糖 0.3 g、加水 100 mL, 溶解后分装入容量为 1 000 mL 三角瓶内, 每瓶装入量为 100 mL, 采用 0.1 MPa 蒸汽压力灭菌 30 min。取出冷却后, 放入无菌室中备用。

接种 在三角瓶内接入刚培养 48 h 的试管斜面菌种, 每支试管接 2~3 瓶, 摇匀。

培养 接种后将三角瓶置于恒温箱内静置培养 5~7 d, 待液面生长出菌膜, 嗅之有醋酸的清香味时, 即为醋酸菌成熟。如果利用摇瓶振荡培养, 三角瓶内装入量可加至 120~150 mL, 于 30℃ 的温度下培养 24 h, 镜检菌体正常, 无杂菌即可使用。测定酸度一般达 1.5~2.0 g/100 mL (以醋酸计)。

#### c. 生产车间阶段培养。

固态大缸培养 固态培养的醋酸菌是在醋醅上进行固态培养, 利用自然通风回流法促进其大量繁殖。醋酸菌固态培养的纯度虽然不是很高, 但已达到除液体深层发酵制醋外的各种醋酿造要求。

培养时, 取生产上配制的新鲜酒醅放置于设有假底、下面开洞加塞的大缸内, 把培养菌种拌入酒醅表面, 使之分布均匀, 接种量为原料的 2%~3%。然后将缸口盖好, 使醋酸菌在醅内生长繁殖。1~2 d 后品温不超过 38℃。培养至醋汁酸度(以醋酸计)达到 4 g/100 mL 以上

时,则说明醋酸菌已大量繁殖,即可将固态培养的醋酸菌种子接种到大生产酒醪中。菌种培养期间,要防止杂菌污染,如果醋醪中有白花或异味,则应进行镜检。污染严重的大缸醋种不能大生产,否则会影响正常的醋酸发酵。

**种子罐培养** 种子罐内盛酒度为4%~5%的酒精醪,装填系数为0.7~0.75,用夹层蒸汽加热至80℃,再用直接蒸汽加热至压力为0.1 MPa,维持30 min,冷却至32℃,接入三角瓶里的菌种,接种量在10%,于30~31℃通风培养,通风量1:0.1,培养时间为22~24 h,即醋酸菌成熟。

## 2) 固态法食醋生产

醋酸菌在充分供给氧的情况下生长繁殖,并把基质中的乙醇(俗称酒精)氧化为醋酸,总反应式为:



### (1) 醋酸菌种制备工艺流程。

斜面原种→斜面菌种(30~32℃,48 h)→三角瓶液体菌种(一级种子,30~32℃,振荡24 h)→种子罐液体菌种(二级种子,30~32℃,通气培养22~24 h)→醋酸菌种子

### (2) 固态法食醋的工艺流程。

麸曲、酵母

薯干(或碎米、高粱等)→粉碎→加麸皮、谷糠混合→润水→蒸料→冷却→接种→入缸糖化发酵

↓  
醋酸菌

→拌糠接种→醋酸发酵→翻醅→加盐后熟→淋醋→储存陈醋→配兑→灭菌→包装→成品

## 2. 发酵乳制品

原料牛乳经有益微生物的发酵作用可以制成多种风味独特的发酵乳制品,如酸奶、酸乳饮料、干酪、奶酪、酸乳酒等。牛乳发酵可产生满意的芳香味或使产品质地改变,不仅可以使产品具有良好风味,提高适口性,而且具有较高的营养和保健作用。

### 1) 生产发酵乳制品所用菌种

用于发酵乳制品的菌种,主要是能产生乳酸的细菌。发酵细菌的发酵糖类的类型可分为两种:同型乳酸发酵和异型乳酸发酵。同型乳酸发酵,即乳酸菌几乎能将全部葡萄糖转变成乳酸;异型乳酸发酵,即乳酸菌除将葡萄糖转变为乳酸外,还同时产生酒精和CO<sub>2</sub>。能引起同型乳酸发酵的乳酸细菌称为同型乳酸菌。例如,干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌、乳链球菌等。能引起异型乳酸发酵的乳酸细菌称为异型乳酸菌。例如,嗜柠檬酸明串珠菌和葡聚糖明串珠菌等。

从形状上分,乳酸细菌可分为乳酸球菌和乳酸杆菌两类。乳酸球菌按照其形态构造和生化反应特征的不同可归属于三个属:链球菌属、片球菌属和明串珠菌属。前两个属中的乳酸球菌都进行同型乳酸发酵。后一属中的乳酸菌则进行异型乳酸发酵。所有的乳酸杆菌都归属于一个属:乳杆菌属,这一属的乳酸菌发酵葡萄糖的类型不定。

所有的乳酸细菌通常是不运动的,不形成芽孢,兼性厌氧,罕见色素,营养要求复杂。在固体培养基上形成的菌落较小。它们对酸具有高度的耐性。

目前,发酵乳制品的品种很多,如酸奶、饮料、干酪、乳酪等。下面简单介绍一下酸奶的生产工艺。

### 2) 酸奶

酸奶具有较高的营养价值和特殊风味,极易被身体吸收,还对某些疾病有一定的疗效,因而受到人们的欢迎。



酸奶是以优质鲜乳为原料,经两种或两种以上的乳酸菌发酵制成的发酵乳制品。它是由优质鲜乳经标准化消毒后,接入乳酸发酵菌剂后发酵而制成。其工艺流程是:鲜乳→过滤→标准化→杀菌→均质→接入发酵菌剂→装瓶发酵→冷却储藏→成品。

酸奶一般使用嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌两种菌的混合菌种作为纯培养发酵剂。

酸奶中含有大量的活乳酸菌,一般每克中有  $10^6 \sim 10^7$  个活乳酸菌,研究表明,这些乳酸菌对肠道疾病有一定的疗效。

### 3. 味精

味精化学名称为 L-谷氨酸钠,又称谷氨酸钠、麸酸钠、味素等。它是增强食品风味的增味剂,主要呈现鲜味,也称鲜味剂。人体食入味精后,受胃酸作用,反应生成谷氨酸,谷氨酸不仅是合成人体蛋白质的主要成分,而且还参与体内许多其他代谢过程,因而有较高的营养价值。目前,我国味精年产量已达 200 万吨以上,居世界第一位。

#### 1) 生产谷氨酸的菌株

自从 1956 年日本木下祝郎等人发现谷氨酸小球菌(后改名为谷氨酸棒杆菌)以后,又相继发现小球菌、棒杆菌、短杆菌、节杆菌和小杆菌等菌属的一大批谷氨酸产生菌,代表菌株除谷氨酸棒杆菌外,还有黄色短杆菌、乳糖发酵短杆菌、嗜氨小杆菌、硫殖短杆菌等。我国国内谷氨酸生产菌有北京棒杆菌 AS1. 299、7338,钝齿棒杆菌 AS1. 542、HU7251. B-9,这些菌株的谷氨酸产率在 5% 左右,糖对酸的转化率为 40%~45%。

近几年一些科研单位及生产厂家接连筛选出了一批产酸高、转化率高、生产周期短的新菌株用于生产,如沈阳味精厂从果酒厂储存葡萄渣的土壤中分离出一种耐高糖、产酸高的菌种 S-94,其产酸率达 8.01%;黑龙江轻工业研究所 AS1. 299 为出发菌株经紫外线、硫酸二乙酯复合诱变得一种新菌株 D10,其产酸率可达 8.23%;天津轻工学院以 AS1. 299 为出发菌株经紫外线、硫酸二乙酯及氯化锂等复合诱变得突变株 WTH,该菌株以甜菜糖蜜为原料进行生产,谷氨酸产率达 10%。复旦大学生物系以 FM820-7 为出发菌株经亚硝基胍诱变获得一种高产菌株 FM840415,其谷氨酸产率最高可达 11.92%,居国内领先地位。目前,使用较多的是 T6-13 菌株,由于该菌株耐高温、生长快、产酸量高,故深受味精企业的欢迎。

在已报道的谷氨酸产生菌中,除芽孢杆菌外,虽然它们在分类学上属于不同的属种,但都有一些共同的特点,如菌体为球形、短杆至棒状、无鞭毛、不运动、不形成芽孢、呈革兰氏阳性、需要生物素、在通气条件下培养产生谷氨酸。

#### 2) 生产原料及工艺流程

发酵生产谷氨酸的原料有:淀粉质原料,如玉米、小麦、甘薯、大米等,其中甘薯和淀粉最为常用;糖蜜原料,如甘蔗糖蜜、甜菜糖蜜等;氮源原料,如尿素或氨水等。

味精生产全过程可分为五个部分:淀粉水解糖的制取、谷氨酸生产菌种子的扩大培养、谷氨酸发酵、谷氨酸的提取与分离、由谷氨酸制成味精。其工艺流程如下:

菌种的扩大培养

↓

淀粉质原料→糖化→中和、脱色、过滤→培养基调配→接种→发酵→提取(等电点法、离子交换法等)→谷氨酸→谷氨酸钠→脱色→过滤→干燥→成品

### 4. 黄原胶

#### 1) 黄原胶概况

黄原胶别名汉生胶,又称黄单胞多糖,是由甘蓝黑腐病黄单胞细菌以碳水化合物为主