

食用菌研究与应用技术



王海彦 沈业寿 主编

SHIYONGJUN
YANJIU YU
YINGYONG JISHU

中国科学技术大学出版社



SHIYONGJUN
YANJIU YU
YINGYONG JISHU

食用菌研究与应用技术

王海彦 沈业寿 主编

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书在充分调研的基础上,根据食用菌行业的需求,首先介绍了国内外食用菌产业的发展现状和发展趋势等;重点介绍了安徽省食用菌产业经历了几十年的发展,已成为新兴的“朝阳产业”,区位优势明显;详细介绍了食用菌遗传育种的关键技术,食用菌营养成分的分析与研究;阐述了固体发酵技术和液体深层发酵技术在食用菌生产中的应用;对有关菌种的选育、保藏及复壮的操作原理和方法及食用菌储藏与加工的重要性和储藏方法等也进行了介绍;分析了有关食用菌产品质量安全的影响因素及解决措施等。

本书语言简练,通俗易懂,适合于所有对食用菌生产、加工、储藏、烹饪等感兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

食用菌研究与应用技术/王海彦,沈业寿主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-312-02937-0

I. 食… II. ①王… ②沈… III. ①食用菌类—作物经济—经济发展
②食用菌类—遗传育种 ③食用菌类—食品贮藏 ④食用菌类—食品加工
IV. ①F316.13 ②S646

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 041917 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址: <http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥现代印务有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×1000 mm 1/16

印张 16.25

字数 283 千

版次 2013 年 4 月第 1 版

印次 2013 年 4 月第 1 次印刷

定价 29.80 元

《食用菌研究与应用技术》

编 委 会

主 编:王海彦 沈业寿

编 委:(以姓氏汉语拼音排序)

戴 玲	黄训端	开桂青	李能树	沈业寿
田万龙	王海彦	王 钰	魏军锋	武廷章
徐文海	姚德祥	张书祥	赵帜平	

序

食用菌具有很高的营养价值和药用价值,被誉为“人类理想的健康食品”、“植物性食品的顶峰”,深受人们青睐。食用菌产业又是一种集经济效益、生态效益和社会效益于一体的“短、平、快”农村经济发展项目,发展食用菌产业符合人们的消费增长需求,是农民脱贫致富的有效途径,也是农业可持续发展的需要。

中国是食用菌生产大国,产量占世界总产量 70% 以上。2010 年全国食用菌总产量突破 2 000 万 t,但我国人均年消费量却不足 0.5 kg,与一些发达国家的差距较大,具有很大的提升和需求空间。安徽作为一个农业大省,也是食用菌生产大省,区位优势明显,气候适宜,水资源丰富,非常适合食用菌生产和栽培。近年来,食用菌在产量和产值上有所上升,但其产量在全国排名却从 2000 年全国第 6 位下降到 2010 年的第 20 位,安徽省食用菌产业的发展壮大迫在眉睫。

在现代农业的“三维”循环结构中,食用菌生产方式位于循环结构的起点和终点,其独特的经济价值和环境效益受到社会的广泛关注和认可。发展食用菌产业能够推动资源的综合利用。食用菌在现代农业中已成为致富农民、改善农村环境、促进我国农业和农村经济发展的优势产业。国际市场对食用菌产品需求量巨大,出口前景广阔。但由于农药残留、重金属含量超标等问题,目前我国食用菌产品的出口形势并不乐观。这需要我们进一步加强食用



菌生产和加工技术的研究与推广,不断促进食用菌品质和质量提高。

安徽省科协充分发挥人才智力和专家技术优势,专门组织省食用菌技术协会、安徽大学、安徽农业大学等有关单位的专家和技术人员,在深入食用菌主要栽培区和生产加工企业进行实地调研的基础上,收集整理国内外大量文献资料,认真研究、策划、编写了《食用菌研究与应用技术》一书。该书从安徽省食用菌产业现状、食用菌工厂化生产技术、食用菌储藏与加工技术、食用菌产品质量安全等几个方面进行论述,对进一步促进安徽省食用菌产业的发展壮大具有积极的现实意义。

安徽省科协党组书记、常务副主席

2011年12月

前 言

本书是根据食用菌行业的需求,综合了国内外食用菌产业的发展现状和国内外科技工作者及编者关于食用菌的研究成果而编写的。第一章主要介绍国内外食用菌产业发展的现状和发展趋势,对国内食用菌产业发展的特点及存在的不足进行了分析,并在充分调研的基础上,较全面地总结了安徽省食用菌产业的发展、成效及存在的问题。针对安徽省食用菌产业的发展现状,提出做大做强安徽省食用菌产业的策略。第二章介绍了食用菌遗传育种的关键技术,阐述了食用菌营养成分的分析方法及其活性物质研究,介绍了相关的科研选题、课题申报与成果鉴定。第三章通过以菌质、子实体为产品的食用菌工厂化生产实例介绍固体发酵技术在食用菌工厂化生产中的应用,通过液体发酵设备、工艺流程介绍液体深层发酵技术在食用菌生产上的应用。第四章简要介绍了食用菌储藏与加工的重要性和常用的储藏方法,重点介绍了部分食用菌产品的初级加工技术和食用菌调味品、医药制品、饮料等的加工技术。第五章介绍了食用菌产品质量安全的影响因素以及相应的检测方法和仪器,提出了控制其产品质量安全的解决措施。



本书具有新颖性和实用性,对大多数读者均有参考价值。

本书的第一章由王钰、戴玲、黄训端、李能树、田万龙、徐文海编写,第二章由赵帜平、开桂青、戴玲、姚德祥编写,第三章由张书祥、沈业寿编写,第四章由武廷章、魏军锋编写,第五章由开桂青、王海彦编写。限于时间和水平,难免会出现疏漏之处,欢迎广大读者批评指正。

本书在编写中引用了国内外大量的文献资料,出版成书得到了安徽省科学技术协会的大力支持,在此对参考文献资料的原作者以及为本书编写提供帮助的所有单位和个人朋友一并致谢。

编 者

2011年8月于合肥

目 录

序	i
前言	iii
第一章 国内外食用菌产业发展现状	1
第一节 世界食用菌产业发展现状	1
一、食用菌生产发展概述	1
二、世界食用菌生产和消费趋势	6
三、国外食用菌产业发展的特点	9
第二节 中国食用菌产业发展现状	15
一、食用菌产量和消费概况	15
二、中国食用菌研究进展	18
三、我国食用菌产业发展的特点	23
四、我国食用菌产业发展存在的不足与未来发展趋势	26
第三节 安徽省食用菌产业	31
一、安徽省食用菌生产的区位优势	32
二、安徽省食用菌机构及生产企业	34
三、安徽省食用菌产业现状	36
四、安徽省食用菌产业发展要素	45
五、安徽省食用菌产业发展策略	49



第二章 食用菌研究方法	55
第一节 遗传育种技术	55
一、选择育种技术	56
二、杂交育种技术	58
三、诱变育种技术	64
四、原生质体融合育种技术	69
五、基因工程育种技术	69
六、DNA 分子标记技术在食用菌育种上的运用	70
第二节 食用菌培养基质配方与食用菌营养成分分析	72
一、糖类的测定	73
二、蛋白质的测定	80
三、脂肪的测定	82
四、三萜类物质的测定	85
第三节 食用菌生理活性物质的药效学研究	87
一、免疫调节作用	87
二、抗肿瘤活性	90
三、降血糖作用	93
四、抗氧化、抗衰老作用	97
五、抗炎作用	102
六、抗辐射作用	106
第四节 食用菌科研选题与申报	108
一、科研选题原则与方法	108
二、选题方向	112
三、课题来源	112
四、科研方案设计与申报	113
第五节 科技成果鉴定	113
一、科技成果鉴定流程	114
二、安徽省的科技成果鉴定	115
三、应用技术成果鉴定(会议鉴定)大纲	116
四、科技成果登记	118
第三章 食用菌工厂化生产技术	119
第一节 固体发酵技术在食用菌工厂化生产中的应用	119
一、食用菌工厂化生产概述	120



二、食用菌工厂化生产厂房建设	123
三、以菌质为产品的食用菌工厂化生产	126
四、以子实体为产品的食用菌工厂化生产	129
第二节 液体深层发酵技术在食用菌生产上的应用	137
一、液体发酵法生产食用菌的意义	137
二、液体发酵法生产食用菌生产场地选择	138
三、液体发酵法生产食用菌厂房设置	138
四、液体发酵法生产食用菌所需主要设备	139
五、液体发酵法生产食用菌操作步骤	142
第三节 食用菌工厂化生产菌种的退化、复壮与保藏	148
一、菌种的退化及其原因	149
二、菌种的复壮	150
三、菌种的保藏	151
四、国内外菌种保藏机构	152
第四章 食用菌储藏与加工技术	153
第一节 食用菌储藏与加工的重要性	153
一、延长食用菌产品的保存期	153
二、增加食用菌产品的种类	154
三、均衡食用菌的市场供应	154
四、提高栽培食用菌的经济效益	154
五、方便食用菌产品的运输	155
六、浓缩食用菌的有效成分	155
第二节 食用菌的储藏	156
一、低温储藏	156
二、气调储藏	157
三、辐射保鲜	158
四、化学保鲜	158
五、其他方法	159
第三节 食用菌产品的初级加工	160
一、盐渍技术	160
二、糖渍技术	161
三、干制技术	164
四、罐藏技术	165
五、冻干加工技术	167



第四节 食用菌食品加工技术	168
一、食用菌调味品加工技术	168
二、食用菌医药制品加工技术	170
三、食用菌饮料加工技术	172
第五章 食用菌产品质量安全	175
第一节 食用菌产品的安全标准与法规	176
一、国外食用菌产品的安全标准与法规	176
二、我国食用菌产品的安全标准与法规	183
第二节 食用菌产品安全的影响因素	186
一、食用菌栽培环境的影响	186
二、育种技术的影响	191
三、病虫害防治的影响	192
四、食用菌深加工的影响	199
第三节 食用菌产品质量安全的检测方法与仪器	199
一、食用菌农药残留检测	199
二、甲醛检测技术	203
三、重金属检测技术	204
四、生物性污染物检测技术	205
五、转基因产品的检测技术	205
第四节 食用菌产品质量安全的解决措施	206
一、食用菌生产环境的控制措施	206
二、食用菌病虫害的防治措施	208
三、食用菌加工过程质量控制	212
四、控制食用菌产品质量安全的几点措施	212
附录一 安徽省食用菌机构	215
附录二 食用菌菜肴烹制方法	221
附录三 食用菌标准	241
主要参考文献	245

第一章

国内外食用菌产业发展现状

在过去的半个世纪里,食用菌栽培技术已传至全球五大洲,商业栽培食用菌已成为一个全球性的行业。世界各国的食用菌生产,随着栽培技术的进步都取得了飞跃式的发展。食用菌的精深加工业也发展迅速,整个产业链日趋完善。食用菌作为有价值的非传统的经济作物和食物,已在各国的农业经济和食品市场占有一席之地。食用菌产业在生物能源转化、发展现代循环农业和生态农业方面亦有着独特的作用;运用生物技术从食用菌的菌丝体或子实体中提取生物活性物质,是食用菌产业发展中的又一新的重要领域。

第一节 世界食用菌产业发展现状

一、食用菌生产发展概述

食用菌(Edible Fungi)是一类子实体硕大的大型真菌,因其子实体部分或菌核组织(如茯苓)能供人们食用或药用而得名。在中国,食用菌常称为菇(双孢菇、金针菇)、菌(猴头菌、蜜环菌)、耳(木耳、银耳)、芝(灵芝、云芝)等,同一食用菌也可有不同的名称。在欧美国家,人们一般通称食用菌为蘑菇(Mushroom)。

食用蘑菇在人类有着悠久的历史,早期人们主要是采食野生蘑菇。根据书记载,4 600 年前的埃及人就认识到蘑菇可以食用,并认为蘑菇是使人长寿和永生的食物,法老甚至颁布法令,只有皇室才可享用。古罗马和古希腊人也崇尚



食用蘑菇,尤其是在上流社会非常流行。据传,古罗马的凯撒大帝在食用蘑菇膳肴前,有专门的侍者先行鉴尝蘑菇是否有毒,以确保食用安全。在世界其他地方如墨西哥、俄罗斯以及一些拉丁美洲国家,当地人民认为食用蘑菇可使人产生超级能量。中国也是对食用菌认识和利用最早的国家之一,食用菌自古被称为“山珍”,千年灵芝更是作为仙草,传说有着起死回生的功效。

人工栽培蘑菇也有久远的历史,不过究竟始于何时、源自哪个国家,目前无法准确考证。据传中国是最早栽培食用菌的国家,人工栽培始于公元 600 年,栽培的品种是黑木耳。到了一千多年前的宋朝,中国浙江龙泉人吴三公发明了世界上最古老的人工栽培香菇方法“砍花法”,并远传至日本。嘉定二年(1209 年)修纂的《龙泉县志》记载了“砍花法”生产香菇的技术要点,这是目前我国也是全世界最早最完整的香菇栽培技术文献。

在欧洲,人工栽培蘑菇的历史可追溯至 1650 年左右,据资料记载,法国人是早期种植蘑菇的先驱之一。当时也许出于偶然,农夫发现在收摘甜瓜后的温床堆肥上自然长有野生蘑菇,并且注意到蘑菇也能在马驴等牲畜的粪便上生长。后来法国人有意识地利用洗蘑菇的水浇洒马厩肥,促使其上长出更多的蘑菇,开创了双孢蘑菇人工栽培的先河。1707 年,法国植物学家杜纳福尔(D. Tournefort)著书介绍了最早的蘑菇栽培技术,即用生长过蘑菇的留有菌丝的马粪团作为播种材料,加至半发酵的马厩肥中。杜纳福尔还第一次记载了堆肥发酵的方法。这一时期,蘑菇主要种植在巴黎附近的石灰石废矿穴中,以维持蘑菇生长所需的环境条件。1731 年,法国人栽培蘑菇的方法随米勒公司(Miller's Publication)出版的《园丁指南》(*Gardener's Manual*)传到英国。1769 年,该书的德文译本出版。从法国人那里,英国的园艺工人发现蘑菇是非常容易种植的作物,只需要很少的劳力、投资和空间,蘑菇的种植在英国渐渐流行,并开展了菌丝体(Spawn)繁育的一些研究,有相关论文发表于杂志上。19 世纪晚期(1865 年左右),种植蘑菇的技术跨越大西洋来到美国。在美国东部,一些园艺开拓者尝试栽培这种新的未知的作物,当时菌种自英国进口。1892 年,美国的第一本关于蘑菇栽培的书出版(*How to Grow Them: A Practical Treatise on Mushroom Culture for Profit and Pleasure*),作者是威廉·福克纳(William Falconer)。20 世纪初,菌丝纯培养及菌种制作技术的发明,大大推动了蘑菇种植业的发展。1903 年美国成立了第一家专业化菌种公司,菌种以菌砖的形式出售,当时非常受菇农欢迎,该产品因此获得 1904 年圣·路易斯(St. Louis)世界博览会银奖。20 世纪中叶以后,蘑菇种植业迅速发展,美国、荷兰等主产国栽培技术的提高和



生产设备的改进是这一时期蘑菇产量迅速提高的主要原因。蘑菇栽培技术也通过各种途径传至世界上很多国家,蘑菇种植面积不断扩大。蘑菇产业和蘑菇市场的蓬勃发展,促进了规模化、专业化企业不断涌现,形成了蘑菇生产、鲜品加工、运输销售等完整的产业链。目前,种植蘑菇的国家和地区已有 120 多个,能进行人工栽培的食用菌品种已达 100 多种,进入商品化生产的品种有 50 多种。

从早期的小规模农户栽培到渐成规模的商业化生产,蘑菇产业不断发展壮大,从业者人数也不断增多,一些国家菇农自发组建了一些地方性或区域性的民间组织,如蘑菇种植者合作社或蘑菇协会等,以帮助菇农开展生产和维护菇农利益。2011 年 6 月,意大利蘑菇种植者协会开展活动庆祝该协会成立 100 周年。

目前,随着蘑菇产业的发展壮大,在民间组织的基础上,世界各蘑菇生产国相继建立了全国性的食用菌行业协会,全球性的蘑菇行业组织是国际蘑菇学会(International Society for Mushroom Science, ISMS)。食用菌协会将食用菌栽培、加工、销售、科研、培训等相关企业、单位和个人组织起来,共同发展,打造行业品牌。协会的工作还包括组织开展食用菌科学研究和技术创新;加强行业内的信息交流和相互合作;统计和发布生产、消费和贸易信息;开展人员培训、咨询宣传活动;拓展市场,引导消费;建立规则 and 规定,规范生产、加工和市场秩序;制定生产标准和质量标准;通过行业自律促使本国食用菌行业健康有序地持续发展。食用菌行业协会在各国食用菌产业的发展中起着非常重要的作用。一些国家的食用菌协会可代表产业与政府各职能部门建立联系和沟通,在政府产业政策的制定和执行、提升产业地位、维护食用菌从业者在国际国内的利益方面,有相当的影响力。中国食用菌协会(China Edible Fungi Association)成立于 1987 年,是国际蘑菇学会成员,并被选为副主席国。

下面是一些食用菌行业组织及其网址:

国际蘑菇学会(International Society for Mushroom Science, ISMS)

<http://www.isms.biz>

美国蘑菇协会(American Mushroom Institute, AMI)

<http://www.americanmushroom.org>

美国蘑菇理事会(Mushroom Council)

<http://www.mushroomcouncil.org>

加拿大蘑菇种植者协会(Canadian Mushroom Growers Association, CMGA)

<http://www.canadianmushroom.com>

英国蘑菇种植者协会(Mushroom Growers' Association, MGA)



<http://www.mushroomgrowers.org>

法国蘑菇种植者协会(Association Nationale Interprofessionnelle du Champignon de Couche (ANICC)—France)

<http://www.anicc.com/>

德国蘑菇协会(Bund Deutscher Champignon, BDC)

<http://www.der-champignon.de>

荷兰蘑菇协会(VPN/ZLTO Vakgroep Paddestoelen)

<http://www.zlto.nl>

瑞士蘑菇协会(Verband Schweizer Pilzproduzenten, VSP)

<http://www.champignonsuisse.ch>

意大利食用菌协会(Associazione Italiana Fungicoltori, AIF)

<http://www.fun.go.it>

澳大利亚蘑菇种植者协会(Australian Mushroom Growers Association, AMGA)

<http://www.mushrooms.net.au/>

新西兰蘑菇种植者联合会(The Commercial Mushroom Growers Federation New Zealand)

<http://www.mushroomgrowers.org.nz/>

南非蘑菇种植者联合会(South African Mushroom Farmers Association, SAMFA)

<http://MushroomInfo.co.za>

乌干达蘑菇种植者协会(Uganda Mushroom Growers Association, UMGA)

<http://www.ugandamushroomassociation.bravehost.com/>

日本特用林产振兴会(Japan Special Forest Product Promotion Association, JSFPPA)

<http://www.nittokusin.jp/>

韩国蘑菇协会(Korean Mushroom Growers Association, KMGA)

<http://www.mushkorea.org>

中国食用菌协会(China Edible Fungi Association, CEFA)

<http://www.cefa.org.cn/>

世界食用菌产业蓬勃发展,国际间的各种交流也日渐频繁。每年国际上都举办各种类型农业、园艺、食品专业展览会、交易会,这些大会都有与食用菌相关



的专题。各种形式国际会展促进了各国食用菌界的相互交流、贸易往来和投资合作。除了经贸交流外,食用菌研究领域的学术交流也非常活跃。目前,国际上比较有影响力的专门以食用菌为主题的学术会议有:

国际食用菌大会(International Congress on Mushrooms) 它是国际食用菌科技界和产业界规模最大的盛会。大会致力于促进国际食用菌科技交流和合作,推动全球食用菌科技和产业的发展。1950年在英国举行了第一届国际食用菌大会,之后每3~5年召开一次。截至2010年底,先后在英国、法国、德国、日本、澳大利亚、荷兰、美国、南非等国家召开了17届大会,会议代表由第1届的几十人发展到2008年第17届的600人。第18届国际食用菌大会由中国主办,于2012年8月在北京通州召开。

国际药用菌大会(International Conference on Medicinal Mushrooms) 该大会从2001年起,每2年举办一次。第5届国际药用菌大会2009年在中国南通安惠召开,涉及的议题涵盖了食药用菌生物学研究和产品的诸多方面,包括食药用菌的活性成分、生物技术在食药用菌产品开发中的应用,以及药用菌的生态学、营养学、系统发育学、遗传学和毒理学等。第6届国际药用菌大会于2011年9月在克罗地亚的Zagreb市举行。

国际蘑菇生物学和蘑菇产品大会(International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products) 该会议致力于食用菌生物学和食用菌产品开发信息交流,包括食用菌的遗传学、基因组学、分子生物学,食用菌的进化、分类、多样性、生理生化、营养与药用,栽培技术与生物转化,食用菌创新产品等方面的研究与进展。第7届大会于2011年10月在法国的阿卡雄(Arcachon)召开。

蘑菇工业大会(Mushroom Industry Conference) 始于1956年,其第53届年会于2011年6月在美国宾夕法尼亚州Mendenhall召开。该大会是北美蘑菇界的重要会议,旨在推动北美蘑菇产业的发展和福利的提高。参会者有企业界和学术界人士,议题广泛,涉及食用菌产业发展的关键问题,主要聚焦食用菌产业发展的最新进展、挑战和机遇,食品安全、饮食健康,法律法规,食用菌栽培技术创新、病害控制,与食用菌生产相关的能源、环境等问题等。

国际食用菌会议给不同国家、不同地区的科学家们提供了关于食用菌的学术交流的平台,也为食用菌界产业人士了解最新的科研动态、研究进展及新技术、新成果打开了窗口。科研成果及其推广应用为食用菌产业的持续发展提供了坚实的基础和强有力的技术支持。