

北京市高等教育精品教材立项项目

# 食用菌学

王贺祥 主编



中国农业大学出版社

北京市高等教育精品教材立项项目

# 食用菌学

王贺祥 主编

中国农业大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

食用菌学/王贺祥主编. —北京:中国农业大学出版社,2004.8

ISBN 7-81066-779-3/S·587

I. 食… II. 王… III. 食用菌类-蔬菜园艺 IV. S646

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 047882 号

**书 名** 食用菌学

**作 者** 王贺祥 主编

**策划编辑** 赵玉琴 孙 勇

**责任编辑** 赵玉琴

**封面设计** 郑 川

**责任校对** 陈 莹

**出版发行** 中国农业大学出版社

**社 址** 北京市海淀区圆明园西路2号 **邮政编码** 100094

**电 话** 发行部 010-62731190,2620,2633

编辑部 010-62732617,2618,2948

**网 址** www.cau.edu.cn/caup

**E-mail** caup @ public. bta. net. cn

**经 销** 新华书店

**印 刷** 涿州市星河印刷有限公司

**版 次** 2004年8月第1版 2007年7月第2次印刷

**规 格** 787×980 16开本 18.75印张 345千字

**印 数** 5 051~8 050

**定 价** 22.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

# 前 言

食用菌学是一门基础学科,它是微生物学的一个重要分支;食用菌学更是一门应用学科,通过本课程的学习,学生不仅能全面了解食用菌学的基本知识,还会得到实验操作和栽培技术的基本训练。本书作者都是高等院校食用菌学的主讲教师和科研工作者,在教材的编写过程中,我们尽可能参考了国内外的最新进展,对食用菌学的现状做了比较系统的阐述,力求概念准确、叙述简明,同时兼顾了食用菌学的系统性。各院校可根据自己的需要和学时,选择性地讲授部分章节。本书最后附有食用菌学实验指导和一些常用的基础知识,以方便同学们使用。

参加本书编写的单位有中国农业大学、河北农业大学、西北农林科技大学、内蒙古农业大学、黑龙江八一农垦大学、天津农学院、河北师范大学和天津师范大学。每一章的作者分别是:第一章为王贺祥,第二章为齐志广、赵宝华,第三章为李明,第四章为郭成金,第五章为袁静、刘变芳,第六章为童应凯,第七章为侯振世,第八章为田景花、李明,第九章为王贺祥、冯昆,附录一为冯昆、王贺祥,附录二至附录八为王贺祥、王谦、刘庆洪、吕润海。

感谢北京市教育委员会将本书纳入北京市高等教育精品教材建设项目。

由于作者水平有限,本书难免会有不妥之处,敬请读者随时向我们提出宝贵意见。

编者

2004.5

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
<b>第一节 食用菌的概念及名称的演变</b> .....	(1)
一、食用菌的概念 .....	(1)
二、食用菌名称的演变 .....	(1)
<b>第二节 食用菌促进农业生态系统的良性循环</b> .....	(4)
<b>第三节 食用菌的营养价值与药用价值</b> .....	(5)
一、食用菌的营养价值 .....	(5)
二、食用菌的药用价值 .....	(8)
<b>第四节 食用菌的标准化生产</b> .....	(10)
<b>第五节 毒菌及中毒类型</b> .....	(11)
<b>第二章 食用菌学基础知识</b> .....	(14)
<b>第一节 食用菌的形态结构和分类地位</b> .....	(14)
一、菌丝体的形态结构 .....	(14)
二、子实体的形态结构 .....	(17)
三、食用菌的分类地位 .....	(21)
<b>第二节 食用菌的生长发育与生活史</b> .....	(25)
一、食用菌的繁殖与生活史 .....	(25)
二、食用菌生理 .....	(31)
三、食用菌生长发育的环境条件 .....	(34)
<b>第三节 食用菌对营养物质的要求</b> .....	(40)
一、食用菌的营养类型 .....	(40)
二、食用菌对营养物质的要求 .....	(41)
<b>第四节 菌种保藏</b> .....	(43)
一、菌种的保藏方法 .....	(43)
二、菌种的退化原因和复壮措施 .....	(46)
<b>第三章 菌种的制作</b> .....	(48)
<b>第一节 母种的制作</b> .....	(49)
一、培养基的制备 .....	(49)

二、母种的转接·····	(56)
三、组织分离·····	(59)
四、孢子分离·····	(61)
第二节 原种的制作·····	(65)
一、谷粒原种·····	(66)
二、棉籽皮原种和锯木屑原种·····	(69)
第三节 栽培种的制作·····	(70)
一、栽培种培养基的制备·····	(71)
二、接种·····	(72)
三、培养·····	(74)
四、液体菌种·····	(74)
第四章 木腐型食用菌的栽培·····	(76)
第一节 香菇·····	(76)
一、概述·····	(76)
二、香菇生长发育的条件·····	(77)
三、香菇的栽培技术·····	(79)
四、花菇的栽培技术·····	(86)
第二节 侧耳栽培技术·····	(89)
一、概述·····	(89)
二、侧耳生长发育的条件·····	(91)
三、侧耳的栽培技术·····	(94)
第三节 黑木耳栽培技术·····	(101)
一、概述·····	(101)
二、黑木耳的生物学特性·····	(102)
三、黑木耳生长发育的条件·····	(103)
四、黑木耳栽培技术·····	(104)
第四节 银耳栽培技术·····	(107)
一、概述·····	(107)
二、生物学特性·····	(108)
三、银耳生长发育的条件·····	(109)
四、银耳栽培技术·····	(111)
第五节 金针菇栽培技术·····	(113)
一、概述·····	(113)

---

二、金针菇生长发育的条件 .....	(114)
三、金针菇的栽培技术 .....	(116)
<b>第五章 草腐型食用菌的栽培</b> .....	(120)
<b>第一节 双孢蘑菇的栽培</b> .....	(120)
一、生物学特性 .....	(120)
二、栽培方法 .....	(121)
<b>第二节 草菇的栽培</b> .....	(131)
一、生物学特性 .....	(131)
二、栽培方法 .....	(131)
<b>第三节 鸡腿菇</b> .....	(135)
一、生物学特性 .....	(135)
二、栽培方法 .....	(136)
<b>第四节 竹荪</b> .....	(138)
一、概述 .....	(138)
二、生物学特性 .....	(138)
三、栽培与管理 .....	(141)
四、采收与加工 .....	(143)
<b>第六章 珍稀食用菌的栽培</b> .....	(144)
<b>第一节 白灵菇</b> .....	(144)
一、生物学特性 .....	(144)
二、栽培方法 .....	(145)
<b>第二节 杏鲍菇</b> .....	(148)
一、生物学特性 .....	(148)
二、栽培技术 .....	(149)
<b>第三节 姬松茸</b> .....	(151)
一、生物学特性 .....	(151)
二、栽培技术 .....	(152)
<b>第四节 茶树菇</b> .....	(154)
一、生物学特性 .....	(154)
二、栽培方法 .....	(155)
<b>第五节 灰树花</b> .....	(157)
一、生物学特性 .....	(158)
二、栽培方法 .....	(159)

第六节 大球盖菇	(160)
一、生物学特性	(161)
二、栽培方法	(162)
第七章 药用菌栽培技术简介	(165)
第一节 灵芝	(165)
一、生物学特性	(166)
二、栽培方法	(167)
第二节 猪苓	(170)
一、生物学特性	(170)
二、栽培方法	(171)
第三节 茯苓	(172)
一、生物学特性	(173)
二、栽培方法	(174)
第四节 猴头菇	(177)
一、生物学特性	(178)
二、栽培技术	(180)
第五节 蛹虫草	(182)
一、生物学特性	(182)
二、栽培方法	(183)
第八章 病虫害防治	(185)
第一节 主要病害及其防治	(185)
一、竞争性杂菌及其防治	(185)
二、真菌性病害及其防治	(189)
三、细菌性病害及其防治	(191)
四、病毒性病害及其防治	(192)
五、生理性病害及其防治	(193)
第二节 主要虫害及其防治	(195)
一、昆虫类害虫及其防治	(195)
二、食用菌害螨及其防治	(199)
三、食用菌线虫及其防治	(200)
四、软体动物及其防治	(202)
第九章 食用菌产品的储藏及加工	(204)
第一节 食用菌产品的储藏保鲜	(206)



---

一、冷藏技术 .....	(208)
二、低温气调储藏技术 .....	(209)
三、辐射处理 .....	(210)
四、减压储藏 .....	(210)
五、化学药品或植物生长调节剂处理 .....	(210)
六、速冻加工技术 .....	(211)
第二节 食用菌产品的初级加工 .....	(211)
一、盐渍技术 .....	(211)
二、糖渍技术 .....	(213)
三、干制技术 .....	(213)
四、罐藏技术 .....	(215)
五、冻干加工技术 .....	(216)
第三节 食用菌深度加工 .....	(222)
一、食用菌糖果与休闲食品加工 .....	(222)
二、食用菌饮料加工 .....	(222)
三、食用菌浸膏、冲剂加工 .....	(223)
四、食用菌调味品加工 .....	(223)
五、食用菌美容化妆品加工 .....	(223)
六、食用菌保健药品加工 .....	(223)
附录 .....	(225)
附录一 食用菌学实验指导 .....	(225)
实验一 食用菌母种的制作技术 .....	(225)
实验二 原种的制作技术 .....	(228)
实验三 栽培种的制作技术 .....	(230)
实验四 食用菌的组织分离技术 .....	(232)
实验五 食用菌孢子分离技术 .....	(235)
实验六 平菇的栽培方法 .....	(238)
实验七 香菇的栽培方法 .....	(240)
实验八 双孢蘑菇的栽培方法 .....	(244)
实验九 草菇的栽培方法 .....	(249)
实验十 金针菇的栽培方法 .....	(252)
实验十一 黑木耳的栽培方法 .....	(254)
实验十二 蛹虫草的栽培方法 .....	(257)

---

实验十三	灵芝的栽培方法·····	(259)
实验十四	杏鲍菇的栽培方法·····	(261)
实验十五	白灵侧耳的栽培方法·····	(262)
实验十六	鸡腿菇的栽培方法·····	(264)
附录二	常用培养基配方·····	(267)
附录三	培养料中碳氮比例(C:N)的计算方法·····	(271)
附录四	培养料的含水量·····	(272)
附录五	食用菌产品的分级和卫生指标·····	(274)
附录六	消毒与灭菌·····	(278)
附录七	接种·····	(284)
附录八	食用菌标本的制作技术·····	(285)
参考文献	·····	(289)

# 第一章 绪 论

我国发展食用菌生产的历史悠久,自然植被的种类繁多,菌类资源及用于食用菌人工栽培的工、农业副产品丰富,具有发展食用菌栽培极为有利的条件。2001年我国食用菌总产量是781万t(鲜重),2002年达到876万t,占世界食用菌总产量的65%。2001年全国食用菌出口45.5万t,平均出口价格为每吨1240美元(折合每千克约10.2元人民币),出口量占总产量的5.8%。平菇、香菇、双孢蘑菇、金针菇、黑木耳等食用菌的产量均居世界第一位,是真正的食用菌生产大国。我国食用菌产值在种植业中仅次于粮、棉、油、果、菜,居第六位,已成为农村经济中最具活力的新兴产业,但区域间发展并不平衡,福建、河南食用菌产量已超过100万t,山东超过50万t,江苏、浙江、四川、黑龙江、湖北、江西、河北、湖南超过30万t,陕西、辽宁、云南、广东、广西超过10万t,安徽、吉林超过5万t,山西、内蒙古、贵州、上海、北京、重庆超过1万t,新疆、天津、宁夏为几千吨。食用菌种类间的产量差异更为明显,2001年全国生产平菇259万t、香菇207万t、双孢蘑菇74万t、黑木耳42.4万t、金针菇38.9万t、银耳11.4万t,其余食用菌种类的产量之和不足150万t。

## 第一节 食用菌的概念及名称的演变

### 一、食用菌的概念

食用菌是能够形成大型肉质或胶质的子实体或菌核类组织并能供人们食用或药用的一类大型真菌。子实体是着孢子的器官,常见的食用菌如香菇、平菇、木耳、银耳、金针菇、草菇等,其被食用的部分都是子实体,而茯苓和猪苓则是菌核。多种大型真菌既是营养丰富、味道鲜美的食品,又是对疾病具有一定治疗或预防效果的药用菌,如猴头菇、银耳等。所以,食用菌和药用菌并无明显的界限和标志加以区别,只是各自在功能和用途上有些主次之分。本书对一些功能和用途偏于药用的高等真菌,也一并加以阐述。

### 二、食用菌名称的演变

古代人类对食用菌种类的区别是十分混乱的,曾用蕈、菰、芝、耳等名称记载

各种食用菌,后来又称之为蘑菇。英语中 mushroom 被翻译成蘑菇,对欧美人来讲, mushroom 主要指双孢蘑菇,而对我国人民而言,蘑菇往往包括各种食用菌,所以食用菌常被翻译成 edible fungi,但有时 mushroom 与 edible fungi 也混用。

随着科学的发展,对食用菌各种不同的种都给予确切的名称,如香菇、双孢蘑菇、金针菇、黑木耳、猴头菇、银耳、草菇、美味牛肝菌、短裙竹荪等。地球上已知能形成大型子实体的真菌估计约有 10 000 种,其中可以食用的 2 000 多种,有些学者的估计值还要高。我国已发现食用菌 871 种,分属于 16 目 53 科 143 种。其中能够进行人工栽培的有 80 多种,商业化栽培的有 30 多种,表 1-1 列出了 51 种我国能够人工栽培的食用菌。食用菌在真菌分类中绝大部分属于担子菌,极少数属于子囊菌。多数食用菌是菜肴中的珍品,因此也可以说食用菌是一类菌类蔬菜。

表 1-1 我国能够人工栽培的食用菌

名 称	商品名或别名	学 名
1. 双孢蘑菇	白蘑菇、双孢菇、洋菇	<i>Agaricus bisporus</i>
2. 双环蘑菇	大肥菇、高温蘑菇、美味蘑菇、高温洋菇	<i>Agaricus bitorquis</i> (= <i>Agaricus edulis</i> )
3. 金针菇	冬菇、金钱菇、金针蘑	<i>Flammulina velutipes</i>
4. 香菇	花香菇、厚菇、薄菇、香信、香菌	<i>Lentinula edodes</i>
5. 虎奶菇	虎奶菌、南洋茯苓	<i>Pleurotus tuber-regium</i> (= <i>Lentinus tuber-regium</i> )
6. 大斗菇	巨大香菇	<i>Lentinus giganteus</i>
7. 草菇	秆菇、麻菇、苞脚菇	<i>Volvariella volvacea</i>
8. 银丝草菇	树生草菇、丝盖苞脚菇	<i>Volvariella bombycin</i>
9. 姬松茸	巴西蘑菇、巴西菇	<i>Agaricus blazei</i>
10. 皱环球盖菇	大球盖菇	<i>Stropharia rugosoannulata</i>
11. 平菇	侧耳、北风菌、袖珍菇、小平菇	<i>Pleurotus ostreatus</i>
12. 美味侧耳	紫孢平菇	<i>Pleurotus sapidus</i>
13. 凤尾菇	印度平菇	<i>Pleurotus plumonarius</i> (历来误为 <i>Pleurotus sajor-caju</i> )
14. 亚侧耳	黄蘑、元蘑、晚生北风菌	<i>Panellus serotius</i>
15. 榆黄蘑	金顶侧耳	<i>Pleurotus citrinopileatus</i>
16. 红平菇		<i>Pleurotus djamor</i>
17. 黄白侧耳	姬菇、小平菇	<i>Pleurotus comucopiae</i>

续表 1-1

名 称	商品名或别名	学 名
18. 刺芹侧耳	杏鲍菇、刺芹菇、干贝菇	<i>Pleurotus eryngii</i>
19. 阿魏侧耳	阿魏菇(含白灵菇)	<i>Pleurotus ferulae</i> , <i>Pleurotus ferulae</i> var. <i>nebrodensis</i>
20. 鲍鱼菇		<i>Pleurotus abalonus</i>
21. 盖囊侧耳	盖囊菇、高温平菇、夏季鲍鱼菇	<i>Pleurotus cystidiosus</i>
22. 滑菇	滑子蘑、珍珠菇	<i>Pholiota nameko</i>
23. 黄伞	金柳菇、黄柳菇、柳蘑、多脂鳞伞	<i>Pholiota adiposa</i>
24. 长根菇	奥德蘑、水鸡	<i>Oudemansiella radicata</i>
25. 鳞长根菇		<i>Oudemansiella radicata</i> var. <i>furfuracea</i>
26. 真姬菇	海鲜菇、蟹味菇、松茸菇、灵芝菇、玉蕈、斑玉蕈、胶玉蘑	<i>Hypsizigus marmoreus</i>
27. 杨树菇	柳松菇、柳环菇、柱状田头菇	<i>Agrocybe aegerita</i> (= <i>Agrocybe cylindracea</i> )
28. 茶薪菇	茶树菇	<i>Agrocybe chaxinggu</i>
29. 毛头鬼伞	鸡腿菇	<i>Coprinus comatus</i>
30. 小孢毛头鬼伞	白鸡腿菇	<i>Coprinus oxatus</i>
31. 高大环柄菇	棉花菇	<i>Macrolepiota procera</i>
32. 巨大口蘑	金福菇、洛巴依口蘑、仁王口蘑 (日本名)	<i>Tricholoma giganteum</i>
33. 灰离褶伞	松毛菌	<i>Lyophyllum cinerascens</i>
34. 紫丁香蘑	裸口蘑	<i>Lepista nuda</i>
35. 黑木耳	细木耳、川耳、云耳	<i>Auricularia auricula</i>
36. 毛木耳	粗木耳、牛皮木耳、黄背木耳、白背木耳	<i>Auricularia polytricha</i>
37. 琥珀褐木耳	斤耳、黄褐木耳	<i>Auricularia fuscosuccinea</i>
38. 皱木耳	沙木耳、网纹木耳	<i>Auricularia delicata</i>
39. 银耳	白木耳、雪耳、通江银耳	<i>Tremella fuciiformis</i>
40. 金耳	云南黄木耳	<i>Tremella aurantialba</i>
41. 血耳	红耳	<i>Tremella sanguinea</i>
42. 榆耳	榆蘑	<i>Gloeostereum incamatum</i>
43. 灰树花	舞茸、栗蘑、云蕈	<i>Grifala frondosa</i>
44. 牛舌菌	牛排菌、肝脏菌	<i>Fistulina hepatica</i>

续表 1-1

名 称	商品名或别名	学 名
45. 猴头菌	猴头菇	<i>Hericium erinaceus</i>
46. 分枝猴头菌	菜花菇	<i>Hericium ramosum</i>
47. 长裙竹荪	竹荪	<i>Dictyophora indusiata</i>
48. 短裙竹荪	竹荪	<i>Dictyophora duplicata</i>
49. 棘托竹荪	竹荪	<i>Dictyophora echinovolvata</i>
50. 红托竹荪	竹荪	<i>Dictyophora rubrovolvata</i>
51. 茯苓	支苓、皖苓、鄂苓、闽苓、松茯苓	<i>Wolfiporia cocos</i> (= <i>Poria cocos</i> )

引自黄年来. 中国食用菌. 2000, 19:3~5。

## 第二节 食用菌促进农业生态系统的良性循环

我国每年农林业的秸秆、枝杈及酿造工业的副产品总量估计达 6 亿 t, 其中 75%~80% 被用于牛羊的饲料、秸秆还田及农民的燃料等, 剩余的 20%~25% 如果被焚烧, 将造成极大的资源浪费和环境污染。

木腐型食用菌以前采用段木栽培法, 现已改用“代料”栽培, 所谓“代料”, 是指代替段木栽培木腐型食用菌的各种有机物。代料栽培食用菌, 不仅可以保护林木, 而且具有生产周期短、生物效率高、便于工厂化生产等优点。利用农林业的秸秆、枝杈及酿造工业的副产品栽培食用菌, 还可以消除环境污染, 因此食用菌产业是一项利废为宝、化害为利的有机物转化途径。

食用菌同其他植物相比, 具有繁殖快、生物效率高的特点。1 hm<sup>2</sup> 菇房若周年栽培双孢蘑菇一年可生产 22 t 蛋白质, 相比而言, 多数农作物每公顷每年的蛋白质产量仅为 1~2 t。食用菌不仅美味可口, 而且有很高的营养价值和药用价值。1998 年全国食用菌产量为 400 万 t, 2000 年为 660 万 t, 2001 年达 781 万 t。按各种食用菌的平均生物学效率为 30% 来计算, 2001 年栽培食用菌所利用的 2 603.3 万 t 工农业副产品仅占全国工农业副产品总量的 4.3%, 所以有很大的发展潜力。

如果在农作物的栽培过程中过量使用化肥, 将造成具有致癌作用的 N-亚硝酸的前体硝酸离子(NO<sub>3</sub>)和亚硝酸离子(NO<sub>2</sub>)的含量在农产品中大幅超标。施用有机肥料, 发展绿色农业或有机农业是当今农业的发展趋势。有机农业绝对禁止使用化肥和化学农药。但由于化肥效益明显和施用方便, 所以农民不愿生产和使用有机肥。生产食用菌后的菌糠粗蛋白含量高于 10%。其他肥用指标

(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O)也达到或超过了人粪尿、猪粪和牛粪(表 1-2),是优质的有机肥料。栽培食用菌的同时就生产出了大量优质的有机肥。施用这种有机肥料,农作物中的硝酸盐和亚硝酸盐含量将会降低,消费者可得到更安全的农产品。所以,发展食用菌产业不仅可以致富,而且还能减少农作物秸秆的剩余量和促进有机农业的发展。

表 1-2 食用菌糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)的菌糠肥用价值分析(%)

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
平菇菌糠	1.70	0.61	1.13
人粪尿	0.60	0.16	0.30
猪粪	0.60	0.60	0.50
牛粪	0.59	0.28	0.14

2001年,我国食用菌产量为781万t,利用的工农业副产品总量为2603.3万t,出菇后原料重量约减少一半,即产生1301.7万t干菌糠,除少数菌糠被进一步加工利用外,绝大部分可作为优质有机肥料用于农业。菌糠的含氮量为1.7%,1301.7万t菌糠的含氮量是22.1万t,相当于48.0万t尿素的含氮量,能满足128万hm<sup>2</sup>(1920万亩)土地一个生长季节对氮的需求。

食用菌是一个一箭三雕的产业。第一只雕是食用菌产品;第二只雕是减少了秸秆的剩余量,降低了焚烧秸秆对环境的污染;第三只雕是生产了大量的有机肥,促进了有机农业的发展。这3只雕1只比1只大,1只比1只更重要。

### 第三节 食用菌的营养价值与药用价值

食用菌不仅是一类味道鲜美、营养丰富的食品,而且可以用做保健品或药品。著名食用菌学家、香港中文大学张树庭(S. T. Chang)教授将食用菌的价值高度概括为“可食可补可药”。

#### 一、食用菌的营养价值

食用菌美味可口、营养丰富,美味可通过色、香、味的优劣来评判,而营养价值则需要采用科学的方法进行检测,如化学成分分析,包括氨基酸、脂肪酸、维生素、矿物质及核酸的光谱分析等。食用菌的营养成分取决于其遗传基础所导致的生物化学特性,此外,环境条件和培养基质对营养成分也有影响;食用菌和其

他生物一样,收获后仍进行代谢,不同发育阶段的子实体及其采收后的储存和加工方式,也导致化学成分的改变。

### (一)蛋白质

世界各国进行商业栽培的4种食用菌为双孢蘑菇、香菇、平菇和草菇。它们的蛋白质含量一般占其子实体湿重的1.75%~3.63%,平均值为3.5%。这些数据表明,食用菌的蛋白质含量分别比芦笋和卷心菜高2倍、比柑橘高4倍、比苹果高12倍;按干重计算,食用菌通常含有19%~35%的蛋白质,而稻米仅含7.3%、小麦为13.2%、大豆为39.1%、牛奶为25%。因此,食用菌的天然蛋白质含量虽低于动物肉类食品,但却高于其他大多数食物甚至包括牛奶。据估计,全世界每年约有5亿人患蛋白质营养不良症,大力发展食用菌产业,是解决世界粮食不足,特别是解决严重缺乏蛋白质的有效途径之一。

### (二)必需氨基酸

对食用菌粗蛋白的测定是一种间接分析氨基酸总量的方法,它受到样品中各种非蛋白氮的干扰,因此酸解或碱解后对全氨基酸的定量分析是更为准确的方法。蛋白质由20种氨基酸组成,人体虽能把某些氨基酸转化为另一些氨基酸,但有8种是人体不能自身合成的,只能从食物中获得,它们被称为必需氨基酸。这8种必需氨基酸在蛋白质合成时必须同时存在,并且在数量上有适当的比例,如果其中的一种或多种供应不足,则细胞中所有其他氨基酸的利用将以相应的比例减少。动物蛋白与植物蛋白相比,前者所含氨基酸的种类平衡因而质量高,后者常缺乏一些重要的氨基酸,如禾谷类所含赖氨酸很少,豆科类常缺少蛋氨酸和色氨酸。通常栽培的食用菌含有人类所必需的8种氨基酸,各种食用菌中赖氨酸含量都很高,但蛋氨酸和色氨酸含量很少。除普通氨基酸和酰胺之外,食用菌还含有不常见的氨基酸和相关的氮化合物,如甲硫氨酸亚砷、 $\beta$ -丙氨酸、磺基丙氨酸、羟脯氨酸、 $\alpha$ -氨基己二酸、刀豆氨酸、瓜氨酸、鸟氨酸等。

### (三)脂肪

常见食用菌的粗脂肪含量占其干重的1.1%~8.0%,平均为4%。一般而言,食用菌的脂肪种类齐全,包括游离脂肪酸和甘油单酯、甘油双酯、甘油三酯、甾醇、甾醇酯和磷酸酯等,其中非饱和脂类含量高于饱和脂类。

食用菌所含的脂肪酸中,至少有74%为非饱和脂肪酸(表1-3)。这些非饱和脂肪酸主要为亚油酸。在人们的日常饮食中,非饱和脂肪酸是必需的营养物质。而动物脂肪中所含的大量饱和脂肪酸对过多摄入的人不利。因此,食用菌中含有高比例的非饱和脂肪酸,是其作为健康食品的重要因素之一。



表 1-3 食用菌中脂肪酸、非饱和脂肪酸及饱和脂肪酸的含量(干重%)

食用菌种类	脂肪酸总量	非饱和脂肪酸	饱和脂肪酸
草菇	3.0	3×85.4	3×14.6
香菇	2.1	3×80.1	3×19.9
双孢蘑菇	3.1	3×80.5	3×19.5
凤尾菇	1.6	3×79.3	3×20.7
黑木耳	1.3	3×74.2	3×25.8
银耳	0.6	3×77.2	3×22.8

胆固醇(cholesterol)是甾类化合物的脂类中的一个成员(甾类化合物是四碳氢化合物环戊烷多氢菲的衍生物),它是真核生物膜的一种重要的结构成分,但是血清中胆固醇含量的升高会增加患心血管疾病的可能性,因此胆固醇在一般公众的心目中名声不太好。在人类的食品中,动物类食品蛋白质含量高,胆固醇含量也高,植物类食品蛋白质含量低,胆固醇含量也低,随着人们生活水平的提高,动物类食品的消费数量提高,胆固醇的摄入量也明显增加,患心血管疾病的可能性也随之提高。食用菌蛋白质含量高,胆固醇含量低,多吃食用菌不会引起胆固醇偏高。

#### (四)维生素、矿物质及纤维素

食用菌中含有多种维生素,如硫胺素(维生素 B<sub>1</sub>)、核黄素(维生素 B<sub>2</sub>)、生物素和抗坏血酸(维生素 C)。以每克干子实体中所含的毫克数表示,草菇的维生素 B<sub>1</sub> 含量为 0.35 mg,双孢蘑菇为 1.14 mg,香菇为 7.8 mg;维生素 B<sub>2</sub> 的含量草菇为 1.63~2.98 mg,而在双孢蘑菇和香菇中高达 5.0 mg。

食用菌是一类较好的矿物质源,其菌丝吸收基质中的矿物质并转运到子实体中。食用菌含量最高的矿物质是钾,其次是磷、硫、钠、钙和镁,这些属于主要矿质元素或称之为大量矿质元素,占总灰分的 56%~70%;此外,食用菌还含有微量元素如铜、铁、锰、铝等。

平菇含有 7.4%~27.6%的纤维素成分,双孢蘑菇为 10.4%,草菇为 4%~20%。纤维素被认为是有利于健康的食品成分,给糖尿病人以高纤维素膳食可以减少其对胰岛素的需要量,并稳定病人的血糖浓度。

#### (五)核酸

微生物的特点是核酸含量较高,如酵母菌的核酸含量为其干重的 6.0%~12.0%、细菌为 8.0%~16.0%、海藻为 3.0%~8.0%、食用菌的核酸含量为 2.7%~4.1%,其中双孢蘑菇的核酸含量为 2.66%、鲍鱼菇为 2.93%、凤尾菇为 4.06%、草菇为 3.88%(表 1-4)。