

云南野生牛肝菌

营养与安全研究

孙丽平 庄永亮 著



科学出版社

云南野生牛肝菌营养 与安全研究

孙丽平 庄永亮 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

云南野生牛肝菌营养价值高、味道鲜美,深受人们的喜爱。但是,野生牛肝菌富集金属元素的特征,也逐渐受到人们的关注。目前野生牛肝菌的营养和安全评价是一个热门的研究课题。

本书对野生牛肝菌基本成分、营养评价、多糖活性、热处理影响及金属健康风险分析等方面进行了阐述,主要是作者的一些最新研究成果总结,是一部理论性和实用性都较强的书。

本书可作为大专院校、科研机构相关专业的学生和研究人员参考书,对相关食品企业和检验机构的从业人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

云南野生牛肝菌营养与安全研究 / 孙丽平, 庄永亮著. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-052564-2

I. ①云… II. ①孙… ②庄… III. ①野生植物-牛肝菌属-食品营养-研究-云南 ②野生植物-牛肝菌属-食品安全-研究-云南 IV. ①Q949.329

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第081401号

责任编辑: 张 桥 宁 倩 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 东方人华

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 720 × 1000 B5

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 10 1/4 插页: 5

字数: 204 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

相比较于人工栽培食用菌,野生食用菌种类繁多,形态色泽各异,多数野生食用菌口感脆、鲜,加之其生长期短、采获量低,虽价格高,但备受消费者的追捧。随着冷链物流在我国的兴起和发展,越来越多的消费者可在第一时间品尝到新鲜的野生食用菌,国内外野生食用菌的采获量和消费量日益增长。这也激发了学者对野生食用菌生物营养性能和食用安全性的全面研究。

野生食用菌低脂、低热量、高蛋白,营养价值很高,菌体富含生物活性因子。同时,野生食用菌种类繁多,可对生物活性物质进行广泛筛查和鉴定,一旦筛选到具有显著活性的目标物质,可进行菌种纯化、可控化菌丝发酵,在低环境污染条件下获得真菌原料。因此,对野生食用菌生物营养性能的综合分析是其深加工利用技术研发的基础。

野生食用菌在生长过程中对基质中的矿物质具有富集甚至超富集的作用,其在富集对人体有益的矿物元素的同时,也吸附了有害的矿物元素,如对人体有害的典型金属和类金属元素镉、铅、汞、砷等。研究已经证实,富集基质中的矿物质是大型真菌的共性,包括人工栽培的食用菌、水产的藻类等。但是,人工栽培的食用菌可在栽培过程中人为调控基质成分,控制菌体对有害矿物质的富集作用。而野生食用菌生长环境较复杂,一般无法人工干预,且野生食用菌的生长环境经常位于矿藏采冶区,可能其生长的基质、空气、水体等已经受到有害矿物质的污染,菌体往往可富集大量的镉、铅、金、银、铬、汞、砷等有害元素。因此,广泛调查野生食用菌菌体中矿物元素含量水平,研究其富集有害矿质元素的机制,是野生食用菌食品安全风险评价和控制的基础。

云南地处我国西南边陲;地域面积约 394 000km²,海拔 76.4~6740 m,属于低纬高原,全省地形地貌复杂,气候多样,植被丰富,适宜野生食用菌的分化生长。据悉,全球已知的野生食用菌有 2000 多种,我国已鉴定的野生食用菌共有 966 个分类单元。而不完全统计下的云南野生食用菌约有 882 种,自然蕴藏量约为 50 万吨/年,而年均产量约 10 万吨,是当之无愧的“野生食用菌王国”。近年来,云南大力发展野生食用菌产业,野生食用菌采获量稳步增长,收购加工产值逐年提高。云南诸多的野生食用菌中,牛肝菌类是经济价值较大的类群之一。牛肝菌目可分为 18 科 89 属 1024 种或变种,中国现在已经发现的有 28 属 397 种,其中可食用的有 199 种,而云南已知的牛肝菌有 224 种,可以食用的有 144 种,分别占全国总数的 56%和 72%。云南野生食用牛肝菌出口量约占我国牛肝菌出口

量的 80%，是云南传统大宗出口农产品之一。

在国家自然科学基金项目“云南野生食用牛肝菌对重金属镉、铅、汞的生物富集作用及其机理研究(21267013)”、云南省自然科学基金项目“滇中地区主要野生贸易食用菌中重金属含量研究(2009ZC033)”、“不同加热方式对野生食用菌营养、保健及安全品质的影响(2009ZC032)”、昆明理工大学学科方向团队建设项目“食品安全分析与检测技术研究”、云南省中青年学术和技术带头人后备人才培养项目“2015HB023”的资助下，针对云南野生食用菌特别是野生食用牛肝菌的营养评价、安全性分析和加工利用技术等问题展开研究，并将代表性的研究成果汇成本书。本书主要分析了云南省不同产地野生牛肝菌的基本组成成分与营养价值，进行了云南野生牛肝菌中生物多糖的制备、结构分析和活性研究，探讨了热处理对野生牛肝菌的营养成分和生理活性的影响，评价了云南野生牛肝菌样本中金属含量水平及可能存在的健康风险。

就云南作为“野生食用菌王国”来讲，剖析野生食用菌的生物营养性和食用安全性可为云南野生食用菌产业的健康发展保驾护航，但是目前的研究还远远不够，需要继续加大研究投入。此外，野生菌存在着种内多样性，且相同品种之间其组分可能因生长环境的变化而存在显著差异，所以相同品种的多样本统计分析在未来的研究是非常必要的。由于作者团队水平和精力有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

著 者

2017年3月

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 野生食用菌	1
1.1.1 野生食用菌的生长	1
1.1.2 野生食用菌的贸易	2
1.1.3 野生食用菌的营养价值	3
1.2 野生牛肝菌简介	4
1.2.1 牛肝菌的形态特点	4
1.2.2 牛肝菌的生长及食用性	5
1.2.3 牛肝菌的营养价值	5
参考文献	6
第 2 章 云南野生牛肝菌的基本成分与营养评价	7
2.1 不同地区不同品种基本成分的分析	7
2.1.1 材料与方法	7
2.1.2 结果与讨论	11
2.1.3 小结	18
2.2 不同地区不同品种牛肝菌矿物质元素	18
2.2.1 材料与方法	18
2.2.2 结果与讨论	20
2.2.3 小结	27
2.3 不同地区灰褐牛肝菌氨基酸的组成分析	27
2.3.1 材料与方法	27
2.3.2 结果与分析	31
2.3.3 小结	39
2.4 一种野生牛肝菌的营养和安全评价体系	40
2.4.1 材料与方法	40
2.4.2 结果与讨论	44
2.4.3 小结	50
参考文献	50
第 3 章 云南野生牛肝菌生物多糖研究	53
3.1 牛肝菌多糖的制备	53

3.1.1	材料与方法	53
3.1.2	牛肝菌多糖的精制	55
3.2	牛肝菌多糖的分级制备及组成	55
3.2.1	材料与方法	55
3.2.2	结果与讨论	58
3.3	牛肝菌多糖的纯化及特性	60
3.3.1	材料与方法	61
3.3.2	结果与讨论	63
3.4	牛肝菌多糖的抗氧化活性	70
3.4.1	材料与方法	71
3.4.2	结果与讨论	73
3.5	牛肝菌多糖的糖基化抑制作用	80
3.5.1	材料与方法	81
3.5.2	结果与讨论	84
3.5.3	小结	88
	参考文献	89
第4章	热处理对野生牛肝菌的影响	93
4.1	不同热处理方式对野生牛肝菌营养价值的影响	93
4.1.1	材料与方法	93
4.1.2	结果与讨论	97
4.2	不同加热方式对抗氧化物质和抗氧化活性的影响	109
4.2.1	材料与方法	109
4.2.2	结果与讨论	112
	参考文献	120
第5章	云南野生牛肝菌中金属健康风险分析	123
5.1	不同地区野生牛肝菌六种金属元素含量及生物富集	123
5.1.1	材料与方法	123
5.1.2	结果与讨论	127
5.1.3	结论	133
5.2	不同地区牛肝菌汞砷含量及不同形态分析	133
5.2.1	材料与方法	134
5.2.2	结果与讨论	135
5.2.3	结论	137
5.3	野生牛肝菌中 Cd 含量与土壤特征的关系	137
5.3.1	材料与数据	137
5.3.2	牛肝菌中 Cd 含量与土壤中 Cd 含量的相关性分析	137

5.3.3 野生菌中 Cd 含量、土壤 Cd 含量和土壤 pH 的相关性分析	138
5.4 仿生消化对牛肝菌中 Cd 的生物利用率	140
5.4.1 材料与方法	140
5.4.2 结果与讨论	143
5.5 美味牛肝菌菌丝体对镉的生物富集	145
5.5.1 材料与方法	146
5.5.2 结果与讨论	147
5.5.3 小结	151
参考文献	151

彩图

第1章 绪 论

云南地处于我国的西南边陲, 总面积约 394 000km², 全省由南而北跨越 8 个纬度, 北回归线穿过省境南部。全省地势西北高东南低, 海拔 76.4~6740m, 高差异常悬殊。云南属青藏高原南延部分, 属于低纬高原, 全省地形地貌复杂。有研究认为云南高原的抬升与青藏高原的抬升属于同一个过程, 而青藏高原的巨大隆起从根本上影响了云南的气候, 表现为年温差小而日温差大, 全省的大部分地区冬暖夏凉, 全省从南到北出现北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带、北温带(高原气候区域)7 种气候带类型。丰富多彩的气候带和复杂地貌造就全省植被带多样交错, 类型丰富, 进而为各种大型高等真菌的生长、分化提供了适宜的自然条件。据悉, 目前全球已知的食用菌有 2000 多种, 我国食用菌共有 966 个分类单元, 包括 936 种、23 变种、3 亚种和 4 变型^[1]。而不完全统计下的云南野生食用菌约有 882 种, 自然蕴藏量约为 50 万吨/年, 而年均产量约 10 万吨^[2]。近年来, 云南大力发展野生食用菌产业, 野生食用菌产量稳步增长, 收购加工产值逐年提高。云南诸多的野生食用菌中, 经济价值较大的主要为牛肝菌类、松茸类、红菇类、鸡枞类、干巴菌类、珊瑚菌类、鸡油菌类、块菌类等类群^[3]。

1.1 野生食用菌

1.1.1 野生食用菌的生长

野生食用菌主要生长在有松科、壳斗科、桦木科、杨柳科及豆科植物的丛林下, 单生至群生。在云南高原及西北地区, 这几科植物分布非常广泛, 因此大多数有经济价值的野生食用菌都产自这些地区, 并常作为森林的优势种群出现。大多数野生菌在自然界完全处于野生状态, 且常与环境中动植物、微生物等共生或伴生, 不能实现人工栽培, 当生长环境发生变化或受到破坏时, 其生长受到影响甚至消失, 因此非常稀有名贵。

蕈菌属于异养型生物, 按照营养方式的不同可以分为共生型、寄生型和腐生型。云南目前发现的野生食用菌的营养类型主要以共生型和腐生型为主。有些腐生型的食用菌如香菇、草菇、侧耳、木耳、银耳和灵芝等已经可以人工栽培并实现规模化生产, 成为大众食品, 甚至包括一些名贵的食用真菌, 如姬松茸、竹荪等。共生型野生食用菌不仅具有较高的食用价值和药用价值, 还具有重要的生态

价值,这主要在于大多数共生型蕈菌与周围植物根部形成外生菌根共生体,在这种共生关系中,植物为真菌提供生长所需营养,同时真菌能提高植物对土壤养分的吸收能力,促进植物生长。根据共生菌根食用菌与植物的这一关系,有研究认为可利用外生菌根真菌生产菌根化苗木^[4],改善树木营养,提高其抗旱和抗病性,促进生长,利于在贫瘠土壤中生长出茂盛的树林。有研究和多项科技成果表明,培育菌根食用菌生态林^[5-6],不仅能提高植物的抗逆性、抗病性,活化土壤,提高木材的产量,还能提供大量美味珍稀的野生食用菌。一般来讲,能形成外生菌根的树木主要有栎树、松、柳、桦科树木等,而菌根真菌大多数都是较为名贵的食用菌,如牛肝菌、松茸、羊肚菌等。正是由于大多数商品牛肝菌均为外生菌根菌,目前对它们的人工栽培仍然存在不可解决的问题,在很长一段时间内只能依赖于自然资源。

在野生食用菌驯化和人工栽培方面,有报道称在云南的西双版纳等地已先后人工培育成功黑牛肝、冬虫夏草、鸡油菌、干巴菌等珍稀名贵菌种,产量和规模小,价格也较高,菌体的营养价值、风味、口味等还有待于进一步研究。

1.1.2 野生食用菌的贸易

从古至今,野生食用菌都是美食家的嗜好品。世界许多国家都有采集野生食用菌的传统。据统计,全球 210 个国家和地区,具有显著采集野生食用菌传统的有 47 个,即全世界有 1/5 的国家以出售为目的采集野生食用菌。世界野生食用菌交易市场及野生食用菌交易方式多种多样,野生食用菌市场主要为当地的农贸市场和定期开放的野生食用菌专门交易市场。交易方式主要分为三种:一是农户分散采集,于当地农贸市场直接卖给消费者;二是收购商分散收集,卖给当地收购商,再由收购商卖给野生食用菌加工公司,这是目前全世界主要的野生菌交易方式;三是采集、加工、销售一体化,由加工企业统一管理各个环节,使野生食用菌产品的生产和消费具有可溯源性,从而保证了野生菌食用的安全性,美国主要采用这一模式。目前,全球野生食用菌总产量中,有 10%~15% 进入国际贸易,主要的出口国为中国、波兰、西班牙和加拿大等几个生产大国,主要的进口国为日本、美国、德国和东盟等国家和地区。我国野生菌产业于 20 世纪 90 年代开始发展,目前已经形成一定的规模。在对外贸易中,中国野生食用菌产业表现出较强的国际竞争力,十多年间市场占有率稳步提高。

云南一直以来都是我国野生食用菌的主要分布省份和重点产区。2013 年云南野生食用菌产量 7 万吨,产值 57.4 亿元,分别较上年增长 16.7%、29.3%;2014 年野生食用菌产量 8 万吨,实现产值 67.8 亿元。云南野生菌的出口品种主要为松茸、牛肝菌和块菌。云南鲜松茸出口量占全国 80% 以上;牛肝菌干片占全国 58%;

块菌占全国 45.6%。在野生菌出口中,鲜松茸 96%出口至日本,少量到韩国;牛肝菌主要出口至意大利、德国、法国等欧洲国家;块菌主要出口至法国、日本、德国和西班牙。值得注意的是,近年来由于国际野生菌市场经济下滑、国内野生菌产品生产不规范等原因导致云南野生菌对外贸易量下滑,出口依存度逐渐减弱。为保证云南食用菌产业发展,政府引导调整优化产业结构,多元化开拓市场,集中布局,区域化发展,加大资源保护力度,加强可持续发展,重点培植一批龙头企业,打造“云菌”品牌,强化科技支撑,科学编制食用菌产业“十三五”发展规划^[7]。

1.1.3 野生食用菌的营养价值

野生食用菌一般具有鲜美的风味和丰富的营养物质,是一种健康美味的食品,深受人们的喜爱,特别是亚洲及欧洲地区对野生食用菌有极大的消费需求。在美国,蘑菇被称为“上帝的美食”;在日本,香菇享有“植物学食品的顶峰”的美称;我国古人食用、药用菌类物质历史悠久,在 6000~7000 年前的仰韶文化时期就有采食蘑菇的记录,在《吕氏春秋》中有对食用菌“味之美者,越骆之菌”的高度赞美。营养性能上,野生食用菌具有高蛋白、低脂肪、低热量的特点,同时菌体富含人体所需的矿物质、氨基酸、维生素、生物碱、活性多糖等生物活性物质。

对野生食用菌的营养价值进行综合评价一直是食品营养学和医药学的研究热点。这主要是因为:①野生食用菌品种繁多,可进行生物活性物质的广泛筛选;②野生食用菌富含真菌多酚、真菌多糖(含膳食纤维)、非蛋白氨基酸、活性生物碱、色素等生物活性物质;③一旦筛选到高活性目标物质,可进行菌种纯化、可控化菌丝发酵,低成本、低环境污染便可获得大批量的原料物质。

葡萄牙 Ferreira 研究团队自 2007 年开始,对欧洲国家(葡萄牙、波兰)出产的野生食用菌中高生物活性的酚酸和多糖进行了广泛的筛查和活性验证,陆续发表高水平研究论文 100 余篇^[8-10]。研究发现野生食用菌富含多酚和多糖;醇提多酚的酚酸组成中没食子酸、咖啡酸、绿原酸、对香豆酸、阿魏酸、对苯甲酸等含量较高;醇提多酚和水溶性多糖均可表现显著的体外抗氧化活性、人体肿瘤细胞生长抑制活性、广谱抗菌作用、机体免疫力增强活性、抗炎作用等;同时,野生食用菌的活性物质之间具有协同作用。对比研究了紫丁香蘑野生子实体与可控条件下发酵菌丝体的营养成分、生物活性成分及其抗氧化作用,发现可控条件下发酵的菌丝体中葡萄糖和生育酚含量高、抗氧化活性强,认为可控条件下的菌丝体发酵是解决工业化生产、降低环境污染等问题的有效途径。研究制备了具有协同抗氧化作用的野生菌提取物微胶囊,用于功能性食品添加剂。体外仿生消化模型探讨了食用菌菌体被消化前后生物活性物质的生物利用率、结构体的变化及生物活

性的变化,发现体外仿生消化模型处理可有效溶出菌体中的多酚、多糖等活性物质,且对其分子结构影响不大,说明食用菌菌体多酚、多糖等的生物可利用性能较高,其分子构型较稳定,表示其可能在人体内发挥高的生物活性。

香港中文大学的 Ng 研究团队就亚洲国家流行食用的栽培食用菌和部分野生食用菌的生物活性物质进行了研究^[11-13]。从野生食用菌红菇 (*R. vinosa*) 子实体中分离表征了具有抗氧化和护肝作用的多糖;采用分子印迹技术从 25 种栽培和野生食用菌中分离、纯化了咖啡酸和咖啡酸苯乙酯两种抗氧化物质;采用动物实验评价了 25 种食用菌提取物分子印迹纯化前后的抗红细胞溶血和抑制脑部脂质过氧化的生物活性,发现纯化后的生物活性明显衰减,认为生物活性是提取物中多酚、黄酮、萜类化合物的协同作用;25 种食用菌中美味牛肝菌的活性成分含量高、生物活性强。

1.2 野生牛肝菌简介

牛肝菌隶属于真菌门担子菌亚门层菌纲牛肝菌目,是菌物界中大型担子菌的重要类群。牛肝菌因肉质肥厚、极似牛肝而得名。牛肝菌中除少数品种有毒或味苦而不能食用外,大部分品种均可食用。据报道,牛肝菌在美国、法国、澳大利亚、瑞典、加拿大、意大利、德国、泰国等国家均有分布。我国的牛肝菌主要分布在西南地区的云南、四川、贵州和西藏等省区,其次在南方的广东、广西、福建、台湾、湖南、海南等省区含量也非常丰富,华北及华东沿海各省也有食用牛肝菌的分布^[14]。

食用牛肝菌具有很高的食用价值和药用价值,是我国重要的野生食用菌资源,野生食用牛肝菌也是云南蕴藏量和产量最高的野生食用菌种类之一。牛肝菌目可分为 18 科 89 属 1024 种或变种,中国现在已经发现的有 28 属 397 种,其中可食用的有 199 种,而云南已知的牛肝菌有 224 种,可以食用的有 144 种,分别占全国总数的 56% 和 72%。云南野生食用牛肝菌出口量约占我国牛肝菌出口量的 80%,是云南传统大宗出口农产品之一,出口值达几千万美元^[7, 15]。

1.2.1 牛肝菌的形态特点

牛肝菌主要由菌盖和菌柄组成,菌盖的下表面(子实层体)通常是密集的菌管而不是片状的菌褶,但有一些子实层体也可以发育成菌褶状、皱孔菌状或腹菌状。菌盖通常表面光滑,但有的会有鳞片、绒毛、粉末等,干或者黏;菌盖边缘平滑或者有不规则的膜状延伸,呈半球形、凸镜形、扁半球形、中凹形、平展形或者不规则形;菌盖的直径差异比较大,长的可达 15cm,短的小于 1.5cm;颜色多种

多样,如赤褐色、黄褐色、橙赤色、淡灰褐色、橘黄色、黑褐色、紫褐色等,受伤变色或者不变色,变色可变蓝色、黑色、赤色等。菌肉大部分为白色,少数为淡白色、黄色或者黄白色,受伤变色或者不变色,变色情况与菌盖变色相似。菌柄肉质,大部分为中生,形状通常为圆柱形、纺锤形或长椭圆形,表面光滑,部分会有网纹、鳞片、纵条纹、粉末等。

1.2.2 牛肝菌的生长及食用性

牛肝菌是一类外生菌根真菌,与高等植物共生,共生植物主要有高山松、云南松、马尾松、桦树、冷杉、铁杉、云杉、山毛榉、鹅耳枥、白蜡树、栎、榆、柞、山杨、白栎、麻栎等。有研究表明云南松林下野生食用菌中,有23科35属111种出现在野生食用菌交易农贸市场中,约占野生贸易真菌种类总数的53.62%,其中,云南松林下野生食用菌优势种类中就包含牛肝菌属(*Boletus*)的小美牛肝菌、双色牛肝菌、美味牛肝菌、灰褐牛肝菌、铜色牛肝菌、中华牛肝菌、华丽牛肝菌、华美牛肝菌、褐盖牛肝菌等,以及疣柄牛肝菌属(*Leccinum*)的黄皮疣柄牛肝菌等。牛肝菌的生长情况还与寄生植物的树龄及林内郁闭度有关,牛肝菌是一种菌根真菌,它的生长发育需要植物根系提供一定的营养元素,才能由营养性生长转入生殖性生长,从而形成子实体。不同树龄的根系提供营养状态不同,生理活动以及新陈代谢强弱有一定区别。牛肝菌的发生需要一定的散射光,不同郁闭度下的光照、湿度有明显差异,所以在郁闭度较大的密林中牛肝菌的发生量相对减少。另外,牛肝菌的生长与海拔高度、林地土壤和坡度也有一定的关系。

牛肝菌为肉质大型真菌,富含人体所需的营养成分,经适当烹饪后味道鲜美、质地一般较脆嫩,因此,大部分无毒、无苦辣味的牛肝菌种类都可食用^[14]。常见的可食牛肝菌如美味牛肝菌、小美牛肝菌、双色牛肝菌、灰褐牛肝菌、铜色牛肝菌、中华牛肝菌、华丽牛肝菌、华美牛肝菌、褐盖牛肝菌、黄皮疣柄牛肝菌等都是口味和营养价值极佳的种类。此外,黑点疣柄牛肝菌味道也相当鲜美。甚至一些受怀疑的牛肝菌种类也是可食的,如红脚牛肝菌,因其有明显的伤变蓝色而常被怀疑有毒,其实却是一种优良的食用菌。实际上,野生菌的可食性鉴别具有明显的区域特色,许多研究中被怀疑可食性的种类在一些地方却普遍食用,如苦粉孢牛肝菌、虎皮小牛肝菌、血红绒盖牛肝菌、琥珀乳牛肝菌等在云南各地均被采食和销售。当然,目前在野生牛肝菌菌种的分类鉴定和可食性分析问题的科学研究上还存在诸多争论,需要进一步的解释。

1.2.3 牛肝菌的营养价值

牛肝菌作为野生食用菌中不可或缺的一大类,同样具有非常好的营养价值及

保健功能。新鲜牛肝菌含 90% 左右的水分, 如此高的水分含量使得牛肝菌外观新鲜、口感脆嫩, 但货架期较短。牛肝菌的基本营养成分含量因菌种和产地的不同而有所差异, 但其组成结构基本相同, 碳水化合物(功能性多糖)和粗蛋白含量较高, 粗脂肪含量较低。食用菌多糖是从真菌中分离出的高分子多聚物, 真菌多糖按功能不同可分为结构多糖和活性多糖。活性多糖有纯多糖和杂多糖之分。纯多糖一般是由 10 个以上单糖通过糖苷键连接起来的; 杂多糖除含多糖链外往往含有肽链和(或)脂类成分。研究表明, 牛肝菌多糖对异源的、同源的, 甚至遗传性的肿瘤都有一定的抑制作用。此外, 牛肝菌多糖还具有增强免疫力、抗细菌、抗病毒和抗凝集的作用。目前, 在野生食用牛肝菌营养价值的深度研究上还有所欠缺, 本课题组对此问题进行了系列的研究, 得到一些研究结果, 将在后续章节详细介绍。

参 考 文 献

- [1] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 等. 中国食用菌名录. 菌物学报, 2010, 29: 1-21
- [2] 高峻, 黄伟, 李荣春, 等. 科学发展返生态食用菌产业 助推云南高原特色农业建设. 中国食用菌, 2015, 34: 77-81, 86
- [3] 于富强, 王向华, 刘培贵. 云南食用菌资源应用开发前景与展望. 中国野生植物资源, 2002, 21: 21-25
- [4] 王艺, 丁贵杰. 干旱胁迫对马尾松菌根化苗木生长的影响. 森林与环境学报, 2016, 36: 173-179
- [5] 王林军, 刘宏伟. 兴安落叶松菌根食用菌生态林的探讨. 内蒙古林业调查设计, 2014, 37: 107-108
- [6] 李倩, 黄建国. 外生菌根真菌改善树木钾素营养的研究进展. 贵州农业科学, 2011, 39: 107-110
- [7] 云南食用菌产业发展办公室. 云南食用菌产业发展工作 2014 年总结及 2015 年工作要点. <http://www.cefa.org.cn/2015/02/28/8254.html>
- [8] Pinto S, Barros L, Sousa M J, et al. Chemical characterization and antioxidant properties of *Lepistanuda* fruiting bodies and mycelia obtained by in vitro culture: Effect of collection habitat and culture media. Food Research International, 2013, 51: 496-502
- [9] Ribeiro A, Ruphuy G, Lopes J C, et al. Spray-drying microencapsulation of synergistic antioxidant mushroom extracts and their use as functional food ingredients. Food Chemistry, 2015, 188: 612-618
- [10] Taofiq O, Calhelha R C, Heleno S, et al. The contribution of phenolic acids to the anti-inflammatory activity of mushrooms: Screening in phenolic extracts, individual parent molecular and synthesized glucuronated and methylated derivatives. Food Research International, 2015, 76: 821-827
- [11] Sekete M, Ma D, Wang B, et al. An acid-tolerant lectin coupled with high Hg^{2+} potentiated hemagglutination enhancing property purified from *Amanita hemibapha* var. *ochracea*. Process Biochemistry, 2014, 49: 535-539
- [12] Liu Q, Tian G, Yan H, et al. Characterization of polysaccharides with antioxidant and hepatoprotective activities from the wild edible mushroom *Russula vinosa* Lindblad. Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62: 8858-8866
- [13] Wang L, Ma Z, Du F, et al. Feruloyl esterase from the edible mushroom *Panus giganteus*: A potential dietary supplement. Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62: 7822-7827
- [14] 李泰辉, 宋斌. 中国食用牛肝菌的种类及其分布. 食用菌学报, 2002, 9: 22-30
- [15] 宋斌, 李泰辉, 吴兴亮, 等. 滇黔桂牛肝菌资源的初步评价. 贵州科学, 2004, 22: 90-96

第2章 云南野生牛肝菌的基本成分与营养评价

野生牛肝菌作为野生食用菌中不可或缺的一大类，具有非常好的营养价值及保健功能。据报道，野生食用牛肝菌不仅味道鲜美、风味独特，而且具有高蛋白、低脂肪的特点，并含有丰富的微量元素、维生素及生物活性糖类^[1]。近年来，牛肝菌作为一种绿色食品日益受到重视，对牛肝菌的食用、药用价值的研究越来越深入。

2.1 不同地区不同品种基本成分的分析

野生食用牛肝菌不仅味道鲜美、营养丰富，而且具有良好的生理活性^[2,3]。本节测定了云南不同地区灰褐牛肝菌、美味牛肝菌和铜色牛肝菌三种野生食用牛肝菌的基本成分，进一步对其分析比较，旨在为更好地利用野生牛肝菌资源提供一定的理论依据。

2.1.1 材料与方法

1. 样品的采集与制备

2015年6~9月期间，采集了昆明地区的石林、富民、嵩明、寻甸和禄劝，曲靖地区的宣威、马龙、沾益和陆良，红河州的开远，文山州的砚山和丘北，普洱地区的墨江和宁洱，玉溪地区的江川、通海和峨山，楚雄州的武定、禄丰、南华和姚安共计21个区域的灰褐牛肝菌、美味牛肝菌和铜色牛肝菌三种野生食用菌样品。

样品采集当天带回实验室，削除表面不可食部分，先后用流动水和超纯水清洗，冷冻干燥，研磨粉碎，过40目筛，于棕色抽真空的干燥器中储存备用。

2. 蛋白质含量的测定

野生牛肝菌蛋白质含量的测定根据GB/T 5009.5—2010采用凯氏定氮法测定，牛肝菌的蛋白质换算系数为5.38。

3. 脂肪含量的测定

野生牛肝菌脂肪含量的测定根据GB/T 5009.6—2003采用索氏抽提法，将样

品用石油醚抽提后，蒸去溶剂所得的物质，称为粗脂肪，称量计算其脂肪含量。

4. 灰分含量的测定

野生牛肝菌灰分含量的测定根据 GB 5009.4—2016 采用灼烧法，即在马弗炉中 550℃ 下灼烧 6 h 后，称量计算其灰分含量。

5. 游离氨基酸总量的测定

野生牛肝菌中游离氨基酸总量采用茚三酮比色法测定。测定原理是含有自由氨基的化合物，如蛋白质、多肽、氨基酸的溶液与水合茚三酮共热时，能产生紫色化合物，可用比色法进行测定。氨基酸与茚三酮的反应分两个步骤。第一步是氨基酸被氧化形成 CO_2 、 NH_3 和醛，茚三酮被还原成还原型茚三酮；第二步是所形成的还原型茚三酮与另一个茚三酮分子和 NH_3 缩合生成有色物质。

1) 试剂的制备

(1) 1/15 mol/L 磷酸氢二钠：称取 23.9g 十二水磷酸氢二钠 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)，加水溶解后转入 1L 容量瓶中，定容至刻度，摇匀。

(2) 1/15 mol/L 磷酸二氢钾：称取经 110℃ 烘干 2h 的磷酸二氢钾 (KH_2PO_4) 9.08g，加水溶解后转入 1L 容量瓶中，定容至刻度，摇匀。

(3) pH 8.0 磷酸盐缓冲液：取 1/15 mol/L 的磷酸氢二钠溶液 95mL 和 1/15 mol/L 磷酸二氢钾溶液 5mL，混匀。

(4) 2% 茚三酮溶液：称取水合茚三酮 2g，加 50mL 水和 80mg 氯化亚锡 ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 搅拌均匀，分次加少量水溶解，放在暗处，静置一昼夜，过滤后加水定容至 100mL。

(5) 10mg/mL 标准储备液：称取 250mg 甘氨酸溶于适量水中，转移定容至 25mL。

(6) 200μg/mL 标准工作溶液：取 2mL 10mg/mL 标准储备液加入蒸馏水定容至 100mL。

2) 标准曲线的制作

准确取标准液 0.3mL、0.4mL、0.5mL、0.6mL、0.7mL 加水补足至 1mL 于 25mL 比色管中，各加 pH 8.0 磷酸盐缓冲液 0.5mL 和 2% 茚三酮溶液 0.5mL；取 1mL 蒸馏水，相同操作作为空白。沸水浴 15min，待冷却后加水定容至 25mL，放置 10min 后，分别于 570nm 处测定吸光度，绘制标准曲线，如图 2-1 所示。

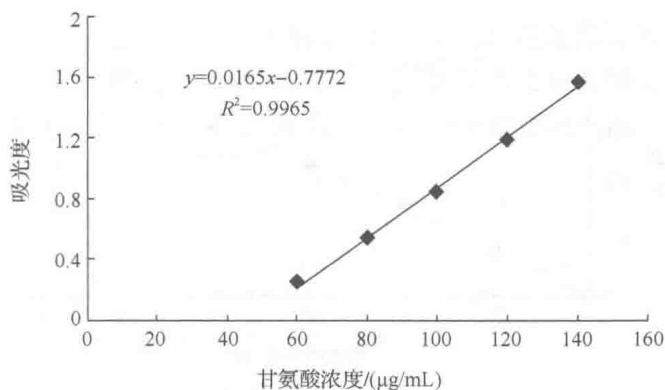


图 2-1 游离氨基酸总量标准曲线

3) 样品的测定

将三种牛肝菌样品加入一定量的蒸馏水，匀浆，水浴提取，离心，将样品提取液稀释到合适浓度，取 1mL 按照标准曲线测定方法依次加入试剂使样品反应并测量吸光度，计算样品中游离氨基酸总量。

6. 可溶性总糖含量的测定

野生牛肝菌可溶性总糖含量采用苯酚-硫酸法测定。测定原理：多糖在硫酸的作用下先水解成单糖，并迅速脱水生成糖醛衍生物，然后与苯酚产生橙黄色化合物，通过比色法测定总糖含量。

1) 试剂的制备

(1) 5%苯酚溶液：称取苯酚 5g，定容至 100mL 的棕色容量瓶中，溶解后混匀。

(2) 葡萄糖标准储备溶液(1mg/mL)：称取无水葡萄糖 100.0mg，加少量水使其溶解并定容于 100mL 容量瓶中。

(3) 100 $\mu\text{g/mL}$ 葡萄糖标准工作溶液：取 10 mL 1 mg/mL 葡萄糖标准储备溶液加入蒸馏水定容至 100mL。

2) 标准曲线的制作

准确取标准液 0.2mL、0.4mL、0.6mL、0.8mL、1.0mL 加水补足至 1mL，加 1.0mL 5%的苯酚溶液，迅速摇匀，立即加入 5.0mL 浓硫酸摇匀；取 1mL 蒸馏水，相同操作作为空白。沸水浴 30min，取出冷却至室温，分别于 490nm 处测定吸光度 A 。以吸光度 A 为纵坐标，葡萄糖含量(μg)为横坐标，绘制标准曲线，如图 2-2 所示。