

猴头菇多糖的提取方法及其开发应用研究进展

裴小平 (中山市技师学院食品化工系, 广东中山 528429)

摘要 随着社会经济的快速发展,生存环境的持续恶化,越来越多的人出现健康问题。现代医学和药理学的很多研究都表明,猴头菇多糖具有降血压、抗肿瘤、抗衰老、降血脂、提高免疫力等多种生理功能。对猴头菇多糖的提取方法进行了着重阐述,并综述了目前国内外对猴头菇多糖的生理功能及其开发应用的最新研究进展,同时对其发展前景进行了展望,以期对猴头菇的深度开发利用提供理论依据。
关键词 猴头菇多糖;提取制备;生理功能;开发应用
中图分类号 S646 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)34-0038-05

Research Advances on *Hericium erinaceus* Polysaccharide Extraction Method and Application
PEI Xiao-ping (Department of Food & Chemical Engineering, Zhongshan Technician College, Zhongshan, Guangdong 528429)
Abstract With the rapid development of social economy and the progressive deterioration of the living environment, more and more people are troubled by health problems. A number of studies of modern medical science and pharmacology indicated that *Hericium erinaceus* polysaccharide had the physiological function of reducing blood pressure, anti-tumor, anti-aging, reducing blood fat and enhancing immunity. The extraction method of *Hericium erinaceus* polysaccharide was mainly reviewed in this assay, meanwhile, the latest research progress of the physiological function and application of *Hericium erinaceus* polysaccharide at home and abroad was also summarized, and its development prospect was also prospected to offer theoretical basis for the further development and utilization of *Hericium erinaceus*.
Key words *Hericium erinaceus* polysaccharide; Extraction & preparation; Physiological function; Development and application

猴头菇是一种著名的药膳两用食用菌,与熊掌、燕窝、鱼翅共称为“四大名菜”^[1]。猴头菇多糖是猴头菇中最主要的活性物质,大量文献表明,其具有降血压、抗肿瘤、抗衰老、降血脂、提高免疫力等多种生理功能。利用猴头菇多糖制成的食品深受人们的喜爱,具有广泛的开发前景^[2-3]。因此,笔者对猴头菇多糖的提取方法进行了着重阐述,并综述了目前国内外对猴头菇多糖的生理功能及其开发应用的最新研究进展,并对其发展前景进行了展望,以期对猴头菇的深度开发利用提供理论依据。

1 猴头菇多糖的提取工艺

猴头菇多糖提取方法有很多种,如热水浸提法、酶法、微波法、超声波法、微波辅助酶法和超声波辅助酶法。不同的提取方法,猴头菇多糖得率不同,各方法的应用前景也有差别。实际生产应用中,不能认为多糖得率高的提取方法就一

定是最合适的提取方式,而应该根据实际情况选择最合适的提取方法。

1.1 热水浸提法提取猴头菇多糖 由表1可知,都是热水提取法,但提取过程中提取细节不同,猴头菇多糖的得率明显不同。从提取细节可以发现,水料比、浸提温度、浸提时间、乙醇浓度、pH都是影响热水法提取猴头菇多糖得率的关键因素。正是这些关键因素的差异,导致多糖得率不同。在实际生产中,该采用哪种提取条件,不能简单以多糖得率为唯一标准。因为表1中的研究学者所使用的猴头菇原料存在差异,而多糖得率与猴头菇生长地域、猴头菇品种、猴头菇的部位及提取方法有着密切的关系。这就预示着对猴头菇多糖的提取研究需进一步考察猴头菇生长地域、猴头菇品种、猴头菇的部位对其的影响。

表1 不同条件热水浸提法提取猴头菇多糖得率比较
Table 1 Comparison of extraction rate of *Hericium erinaceus* polysaccharides with hot water under different conditions

作者 Author	提取条件 Extraction conditions	猴头菇多糖得率 <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharide yield//%
和法涛等 ^[4] He Fatao	水料比 33 mL/g,浸提温度 92 ℃,浸提时间 134 min	4.98
秦培鹏等 ^[5] Qin Peipeng	水料比 15 mL/g,浸提温度 80 ℃,浸提时间 2 h,浸提 2 次	8.87
吴志明等 ^[6] Wu Zhiming	水料比 25 mL/g,浸提温度 80 ℃,pH 5.5,浸提时间 3 h	4.50
梁华等 ^[7] Liang Hua	水料比 20 mL/g,乙醇浓度 95 %,浸提时间 4 h	7.29
张素斌等 ^[8] Zhang Subin	水料比 30 mL/g,浸提温度 80 ℃,浸提时间 4 h	5.80
张鑫 ^[9] Zhang Xin	水料比 30 mL/g,浸提温度 100 ℃,提取时间 5 h	4.53

1.2 酶法提取猴头菇多糖 酶的作用是加快猴头菇细胞壁的破壁效果,从而增加多糖的提取得率。由表2可以发现,

酶法提取猴头菇多糖的得率相对于热水浸提法有显著提高。总体而言,复合酶法多糖提取得率要普遍高于单一酶,并且不同的酶种类其得率也不尽相同。由表2可见,不同学者使用相同的复合酶来提取猴头菇多糖,其得率相差甚大,樊伟伟等^[3]对导致这一结果的原因进行了总结,他们认为猴头菇多糖得率不仅与提取猴头菇部位、提取的条件有关,还与猴

作者简介 裴小平(1983-),男,江西抚州人,讲师,硕士,从事农产品加工与贮藏工程研究。
收稿日期 2016-10-19

头菇品种、生长条件等有关。

表 2 不同种类酶法提取猴头菇多糖得率比较

Table 2 Comparison of extraction rate of <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides with differnet enzymatic methods		
作者 Author	酶种类 Enzyme species	猴头菇多糖得率 <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharide yield// %
张素斌等 ^[10] Zhang Subin	纤维素酶	10.20
张素斌等 ^[10] Zhang Subin	木瓜蛋白酶	9.77
张素斌等 ^[10] Zhang Subin	果胶酶	7.94
张素斌等 ^[10] Zhang Subin	复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶 + 果胶酶)	10.89
张帅等 ^[11] Zhang Shuai	复合酶(纤维素酶 + 果胶酶)	4.38
屈小玄等 ^[12] Qu Xiaoxuan	复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶)	19.22
吴美媛等 ^[13] Wu Meiyuan	复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶)	9.55
苗晓燕等 ^[14] Miao Xiaoyan	纤维素酶	5.93

1.3 超声波/复合酶法提取猴头菇多糖 超声波可以给予提取混合液以很大的速度和加速度,使浸提剂和提取物不断振荡,从而加速提取成分进入溶剂,增加提取率。文献表明,目前用超声波法提取猴头菇多糖的学者较多,得率也较理想。从表 3 中得出,使用超声波提取猴头菇多糖的最大得率为 9.56%,而用“超声波 + 复合酶”相结合的提取方法,其多糖得率显著提高,达到 15.59%。这是因为有超声波的空化作用和酶的破壁双重作用,从而显著提高多糖得率。

表 3 超声波/复合酶法提取猴头菇多糖得率比较

Table 3 Comparison of extraction rate of <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides with ultrasonic/ compound enzymes		
作者 Author	提取方法 Extraction method	猴头菇多糖得率 <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides yield// %
赵洪梅等 ^[15] Zhao Hongmei	超声波	4.85
胡斌杰等 ^[16] Hu Binjie	超声波	6.20
张树海 ^[17] Zhang Shuhai	超声波	5.43
柴军红等 ^[18] Chai Junhong	超声波	9.56
杨凤杰等 ^[19] Yang Fengjie	超声波	7.48
张素斌等 ^[10] Zhang Subin	超声波 + 复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶 + 果胶酶)	15.59

1.4 微波/复合酶法提取猴头菇多糖 微波使细胞内温度突然升高从而使其内部压力增大进而导致细胞破裂;细胞内的物质自由流出,传递到周围被溶解,从而有效成分被提取。理论上讲,超声波对多糖提取效果好,但是价格贵。相比之下,微波设备价格较低,且提取具有选择性高、操作时间短、溶剂消耗量少、有效成分得率高、不产生噪音等特点,适合于热不稳定成分的提取,应用前景广阔。查阅文献发现(表 4),目前国内用微波提取猴头菇多糖的学者不多,具体原因有待进一步研究。

综上所述,提取猴头菇多糖的方法很多,并且方法各异,糖得率也不尽相同。由于各位学者研究采用的猴头菇生长地域、品种、部位、提取条件不同,不能简单地认为猴头菇多糖得率高的提取方式就最适合,只有在猴头菇生长地域、品种、部位一致的情况下,各种多糖提取方式的提取效果才有可比性。张素斌等^[10]的研究结果正好符合这一前提,即在保证猴头菇原料一致的情况下考察不同提取方法的提取效

果,结果见表 5。

表 4 微波/复合酶法提取猴头菇多糖得率比较

Table 4 Comparison of extraction rate of <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides with microwave / compound enzymes		
作者 Author	提取方法 Extraction method	猴头菇多糖得率 <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides yield// %
吴美媛等 ^[20] Wu Meiyuan	微波法	13.92 ± 0.13
朱美静 ^[21] Zhu Meijing	微波法	4.84
苗晓燕等 ^[22] Miao Xiaoyan	微波 + 复合酶(纤维素酶 + 果胶酶)	8.01

表 5 不同方法提取猴头菇多糖得率比较

Table 5 Comparison of extraction rate of <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides with different extraction methods		
提取方法 Extraction method	猴头菇多糖得率 <i>Hericium erinaceus</i> polysaccharides yield	
热水浸提法 Hot water extra-ction method	5.80	
纤维素酶法 Cellulase method	10.20	
木瓜蛋白酶法 Papain	9.77	
果胶酶法 Pectinase	7.94	
复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶 + 果胶酶)法 Compound enzymes (cellulase + papain + pectinase)	10.89	
超声波 + 复合酶(纤维素酶 + 木瓜蛋白酶 + 果胶酶)法 Ultrasonic + compound enzymes (cellulase + papain + pectinase)	15.59	

从表 5 可知,在猴头菇原料一致的前提下,各种多糖提取方式的效果差异明显。提取效果根据多糖得率大小的排序是超声波 + 复合酶法、复合酶法、单一酶法、热水浸提法。这个排序结果与理论排序基本一致,因为酶和超声波具有破壁和空化作用,能加速多糖的溶出效果,从而提高多糖得率。在实际的生产应用中,人们应该根据猴头菇的部位、品种及其用途等不同,选择经济实惠、得率可靠的提取方法及其相应提取工艺。

2 猴头菇多糖的生理功能

2.1 提高免疫力及抗肿瘤 生存环境的持续恶化,人们生活压力的不断增加,癌症已经成为我国死亡人数最高的疾

病。据文献报道^[23],猴头菇多糖有提高人体免疫力和抑制肿瘤的作用。李雪等^[24]研究发现,猴头菇多糖可以对小鼠 S-180 肉瘤有明显的抑制效果,抑制率达到 75.92%。姜颖等^[25]确定猴头菇多糖可以抑制小鼠皮下肉瘤的生长,并且以 50 mg/kg 的剂量作用最佳。具振瑶^[26]的研究表明,猴头菇多糖对可能通过调节血清细胞因子 IFN- γ 、IL-2 和 VEGF 水平而发挥抗肿瘤作用。郭焱等^[27]发现,猴头菇多糖可增强人体的细胞免疫能力,展现了其临床治疗肿瘤的能力。罗珍等^[28]认为,猴头菇多糖可以提高淋巴细胞的增殖能力,对小鼠免疫功能有增强作用。韩伟等^[29]研究发现,猴头菇多糖可以增强 LAK 细胞对肿瘤细胞的杀伤活性。Wang 等^[30]发现,猴头菇多糖有抗人造肺转移性肿瘤的作用,且能增加细胞和巨噬细胞数量。猴头菇多糖可以提高免疫力及抗肿瘤的原理^[23]是其作用于肿瘤细胞膜,提高宿主细胞抗自由基作用,抑制肿瘤血管生成,诱导肿瘤细胞分化和凋亡;可以影响癌细胞核酸和蛋白质的合成,干扰肿瘤细胞周期,直接发挥抗肿瘤作用;还能通过调节免疫机制间接发挥抗肿瘤的作用。总之,很多学者的研究结果表明,猴头菇多糖可以提高免疫力,抑制肿瘤的效果明显,这为猴头菇的深度开发指明了方向。

2.2 降血糖降血压 高血糖高血压会导致一些并发症,如脑血栓、心绞痛、糖尿病等。许春平等的^[31]研究表明,猴头菇多糖具有降血糖降血压的生理功能。张文等^[32]和 Du^[33]研究结果表明,猴头菇多糖可以显著降低血糖,并且 Du^[33]认为高剂量组的猴头菇多糖比降血糖药格列本脲效果还好。Wang 等^[30]发现,猴头菇多糖能明显降低血糖浓度,并对血清中甘油三酸酯和总胆固醇含量有明显效果。李小定等^[34]研究表明,猴头菇多糖可以显著降低血糖。李洁莉^[35]发现,猴头菌丝体可以舒张血管、降血压。猴头菇多糖降血糖降血压的原理^[31]是其可以改善胰岛细胞形态和功能,促进胰岛素分泌;能促进肝脏、肌肉等外围组织和靶器官对糖的利用;能改变糖代谢酶活性;还能提高免疫,清除自由基,降低血糖。总之,前人的研究结果对于目前被“三高”疾病困扰的人群来说有参考价值,也为猴头菇的深度开发提供了潜在的消费对象。

2.3 降血脂 大量研究表明,高血脂症是脑卒中、冠心病、心肌梗死、猝死的危险因素。此外,高血脂症也是促进高血压、糖耐量异常、糖尿病的一个重要危险因素。高血脂症还可导致脂肪肝、肝硬化、胆石症、胰腺炎、眼底出血、失明、周围血管疾病、跛行、高尿酸血症。研究表明^[31],猴头菇多糖可以降血脂,保护机体健康。韩爱丽^[36]在研究珊瑚状猴头菌多糖时发现其能够降低血脂水平,降低动脉硬化发生的危险性。Keun 等^[37]从猴头菌液体培养物中得到了一种分子量小于 40 kD、含糖量 91.2%、蛋白质含量 8.8% 的胞外聚合物,具有良好的降血脂作用。殷伟伟等^[38]在研究食药真菌降血脂作用时发现,猴头菇多糖具有降血脂的功能。殷关英等^[39]在研究猴头菇多糖时也发现其具有降血脂的作用。张静等^[40]在研究猴头菇活性成分研究时发现,猴头菇多糖

具有降血脂的功效,对防治心血管疾病有积极意义。猴头菇多糖能降血脂的作用原理^[31]是因为多糖对脂肪酶活动有一定的抑制作用,从而减少体内游离脂肪酸的产生;多糖还能抑制胆酸与脂类物质结合,甚至减少肠道对脂类物资的吸收。总之,猴头菇多糖的降血脂作用,对目前中高收入人群的“富贵病”有治疗效果,缓解甚至彻底解决患者的痛苦。

2.4 抗氧化抗衰老 由于活性氧生成过多或机体抗氧化能力不足,从而引发链式脂质过氧化反应损伤细胞膜,进而使细胞死亡,加速了机体衰老。猴头菇多糖具有提高抗氧化酶活性、清除体内自由基、抑制脂质过氧化的作用,从而起到抗氧化抗衰老的效果^[41]。杜志强等^[41]发现,猴头菇多糖具有较强的抗氧化作用,是一种良好的生物活性物质。刘阳等^[42]研究表明,采用猴头菇多糖提取物对老年痴呆模型的小白鼠进行灌胃,证实了猴头菇有明显的改善老年痴呆的记忆障碍。刘浩等^[43]证实,猴头菇提取物可改善小白鼠的学习记忆能力,提高记忆力,对于机体抗疲劳、提高记忆力等具有显著作用。张虎成等^[44]研究证实,猴头菇菌丝子实体提取物均有清除氢氧根离子和氧离子的自由基能力。总之,猴头菇多糖抗氧化延缓衰老的功能,与现代社会人们爱美、重视健康、延长寿命的要求相符合,具有广泛的应用前景。

除上述介绍的生理功能之外,猴头菇多糖还具有抗溃疡和炎症、抑菌、保肝、抗辐射、抗突变、提高机体耐缺氧能力和抗疲劳等生理功能。根据猴头菇多糖的各种生理功能,将其开发出不同类型的产品,可以深度开发利用猴头菇原料,大幅度提高其附加值,从而造福人类。

3 猴头菇多糖的开发应用

3.1 猴头菇多糖在药品上的开发应用 王钰涵等^[45]开发了猴头菇胃黏附片,该产品利用其多糖对大鼠急性胃黏膜损伤有很好的保护和修复作用。张建芳等^[46]利用猴头菇多糖制成复方猴头颗粒产品,发现口服该产品可以防止抗结核化疗产生的胃肠道反应,减少中断治疗率,提高抗结核药物的依从性,从而提高肺结核的治愈率。胡洪勇等^[47]开发的猴头菌提取物颗粒治疗药物性胃炎疗效显著。余静珠等^[48]研制的猴头菌片联合莫沙比利,对老年人功能性消化不良疗效明显。王利丽等^[49]开发了猴头菌口服液,它能显著地提高小鼠的记忆和学习能力,能极显著地提高免疫抑制小鼠的细胞免疫应答水平,还能对由糖尿病引起的体重下降有改善作用,同时不会引起副作用。陈慧敏等^[50]开发的猴头菌片联合铝碳酸镁对胃癌术后消化不良有较好的治疗作用。上述各位学者开发的产品其治疗效果都是利用猴头菇多糖的生理功能,为人类的健康保驾护航。

3.2 猴头菇多糖在食品上的开发应用

3.2.1 猴头菇多糖饮料。孟祥敏等^[51]经过研究开发出猴头菇多糖含量为 6.0 mg/mL 的口服液。张东升等^[52]将猴头菇多糖和维生素 C 以及牛磺酸等辅料生产出了猴头菇复合饮料。任文武等^[53]先利用微波浸提提取猴头菇多糖然后再调制,开发出了一种营养保健、安全性饮料制品。陶静等^[54]先用酶法提取猴头菇多糖,然后调制成饮料。刘晓光等^[55]利

用珊瑚状猴头菇、鲜奶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、木糖醇、柠檬酸钠等按照一定比例,成功研发出乳酸菌饮料。范红明等^[56]采用摇瓶发酵法成功研制出了猴头菌酸奶,该产品感官指标、理化指标、微生物学指标均符合国家标准。王世强等^[57]将猴头菇发酵液与牛奶混合,采用普通酸奶的制作工艺生产出凝固型猴头菇酸奶。朱维红等^[58]将猴头发酵液、乳粉及乳酸菌按一定比例成功制成一种融天然菇香的风味保健酸奶。

3.2.2 猴头菇多糖保健酒。邹东恢等^[59]将猴头菇和枸杞混合制得浸提液,然后调配成酒精度数为30%的枸杞猴头菇保健酒。左蕾蕾等^[60]则用猴头菇作为原料,枸杞与蜂蜜作为辅料,配制出一种缓解疲劳为主的保健酒。

除此之外,猴头菇多糖还可以开发成蜜饯、罐头、香辣酱、醋和保健茶等。猴头菇多糖具有很多的生理功能,利用其生理功能开发新产品的前景广阔,为猴头菇的深加工利用、大幅度提高其附加值开辟了新思路。

4 展望

目前,学者对猴头菇多糖的提取、生理功能及其应用开发研究较多,但在研究过程中仍存在许多问题。首先,猴头菇多糖传统热水提取工艺的提取效率低,花费时间长;而新方法如微波萃取、超声波萃取、复合酶法提取成本高,推广有难度。因此,找到经济实惠且适合现实生产的提取方法有重要意义。其次,文献报道提取的猴头菇多糖多为初提混合物,进行分离纯化的报道不多,采用新技术对其分离纯化,进一步明确构效关系极为重要。再次,猴头菇多糖具有多种生物活性,有大量的治疗效果已被许多试验证明,但其作用机理还未完全弄清楚。在猴头菇多糖研究进程中,有必要对以上存在的问题进行深入研究,为后期的深加工产品的生产及推广打下良好基础。

参考文献

- [1] 杨凤杰,沈素娟,冯文婕. 响应面法优化超声提取食用猴头菇多糖的工艺研究[J]. 山东化工,2015,44(8):22-27.
- [2] 张素斌,黄劲峰. 猴头菇多糖提取方法的比较[J]. 食品与发酵工业,2014,40(4):233-237.
- [3] 樊伟伟,黄惠华. 猴头菇多糖研究进展[J]. 食品科学,2008,29(1):355-358.
- [4] 和法涛,刘光鹏,朱凤涛,等. 响应面法优化热水法浸提猴头菇多糖工艺提高多糖得率[J]. 食品科技,2015,40(1):210-215.
- [5] 秦塔鹏,刘涛. 猴头菌多糖热水浸提工艺研究[J]. 安徽农业科学,2014,42(15):4784-4786.
- [6] 吴志明,李公斌,辛秀兰,等. 猴头菇多糖的提取工艺[J]. 食品研究与开发,2011,32(7):36-38.
- [7] 梁华,李雪林,陆亚春. 猴头菇多糖提取工艺研究[J]. 食品与机械,2006,22(1):35-38.
- [8] 张素斌,黄劲峰. 猴头菇多糖提取方法的比较[J]. 食品与发酵工业,2014,40(4):233-237.
- [9] 张鑫. 东北猴头菇多糖的提取及其缓解体力疲劳功能的研究[D]. 长春:长春工业大学,2015.
- [10] 张素斌,黄劲峰. 猴头菇多糖提取方法的比较[J]. 食品与发酵工业,2014,40(4):233-237.
- [11] 张帅,沈楚燕,董基. 酶法提取猴头菇多糖的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2010,31(2):76-79.
- [12] 屈小玄,郑永清,毛珊,等. 响应面法优化复合酶法提取猴头菇多糖的工艺研究[J]. 食品科技,2015,40(7):182-187.
- [13] 吴美媛,周英,何慧明,等. 猴头菇多糖复合酶法提取及重金属去除工艺研究[J]. 食品研究与开发,2013,34(16):15-17.
- [14] 苗晓燕,朱维红,陈梅香,等. 猴头菌丝体多糖提取工艺比较研究[J].

- 食品研究与开发,2013,34(6):30-33.
- [15] 赵洪梅,孙君,谢春阳. 响应面优化超声波提取猴头菇多糖工艺的研究[J]. 农产品加工(创新版),2011,3(11):73-77.
- [16] 胡斌杰,师兆忠. 超声法提取猴头菇多糖最佳工艺优化研究[J]. 化学世界,2009,70(9):557-560.
- [17] 张树海. 猴头菇多糖提取及纯化的研究[J]. 食品研究与开发,2006,27(11):103-106.
- [18] 柴军红,龚振杰,杨春文,等. 超声波法提取猴头下脚料多糖工艺研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(11):5874-5876.
- [19] 杨凤杰,沈素娟,冯文婕. 响应面法优化超声提取食用猴头菇多糖的工艺研究[J]. 山东化工,2015,44(8):22-27.
- [20] 吴美媛,王喜周,余甜文,等. Box-Behnken 效应面法优化微波提取猴头菇多糖工艺[J]. 食品研究与开发,2014,35(9):23-35.
- [21] 朱美静. 猴头菌多糖的提取及理化性质的研究[D]. 无锡:江南大学,2006.
- [22] 苗晓燕,陈萍,崔珏,等. 微波酶解协同提取猴头菌丝体多糖工艺[J]. 食品科学,2012,33(2):94-97.
- [23] 夏松柏. 猴头菇多糖对 S180 荷瘤小鼠的抑瘤作用及对血清细胞因子水平的影响[J]. 实用药物与临床,2014,17(1):5-8.
- [24] 李雪,李鹏飞,李晓东,等. 5 种长白山野生食用菌的抗肿瘤活性研究[J]. 食品与机械,2015,31(1):151-154.
- [25] 姜颖,于英君,刘国良,等. 猴头多糖对小鼠皮下移植肉瘤的抑制作用及机制探讨[J]. 山东医药,2015,55(30):8-10.
- [26] 具振瑶. 猴头菌多糖对 S-180 荷瘤小鼠血清 IFN- γ 、TNF- α 、IL-2、VEGF 的影响[D]. 哈尔滨:黑龙江中医药大学,2013.
- [27] 郭焱,崔健丽,朱娜. 猴头菇多糖对 TGF- β 1 抑制的 T 淋巴细胞增殖的影响[J]. 中国实验诊断学,2012,16(1):48-49.
- [28] 罗珍,黄萍,郭重仪,等. 猴头菇多糖增强免疫功能的实验研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(4):182-183.
- [29] 韩伟,刘瑞丽,张晓坚. 猴头菇多糖纯化及活性研究[J]. 安徽医药,2008,12(9):793-794.
- [30] WANG J C, HU S H, SU C H, et al. Antitumor and Immunoenhancing Activities of Polysaccharide from Culture Broth of *Hericium* spp [J]. Kaohsiung journal of medical sciences, 2001, 17(9):461-467.
- [31] 许春平,刘帅,孙斯文. 不同来源多糖在降血糖降血脂方面的研究进展[J]. 食品研究与开发,2014,35(15):115-118.
- [32] 张文,陈建伟,李祥,等. 猴头菌粉提取物对 2 型糖尿病小鼠降血糖作用研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(7):176-180.
- [33] DU Z Q. Studies of *Hericium erinaceum* Polysaccharide on lowering blood sugar [C]. Bali Island, Indonesia :2010 International Conference on Biomedicine and Engineering,2012,3(7):109-110.
- [34] 李小定,荣建华,吴谋成. 真菌多糖生物活性研究进展[J]. 食用菌学报,2002,9(4):50-58.
- [35] 李洁莉. 猴头菌药效成分研究和猴头菌属的分子生物学鉴定[D]. 南京:南京师范大学,2002.
- [36] 韩爱丽. 珊瑚状猴头菌多糖降血脂胆固醇作用及机制的研究[D]. 太原:山西农业大学,2014.
- [37] KEUN B, YANG C H, SONG J B, et al. Hypolipidemic effect of an exopolysaccharide produced from a submerged mycelial culture of *hericium erinaceus* [J]. Bioscience biotechnology and biochemistry, 2003, 67(6):1292-1298.
- [38] 殷伟伟,张松. 食药两用真菌降血脂作用的研究与应用[J]. 菌物研究,2006,4(4):82-86.
- [39] 殷关英,申建和,陈琼华. 猴头菇多糖和蛋白多糖的抗凝血和降血脂作用[J]. 中国生化药物杂志,1991,57(3):36-39.
- [40] 张静,张家臣,高智席,等. 猴头菇活性成分研究进展[J]. 南方农业,2016,10(12):186-188.
- [41] 杜志强,王建英. 猴头菇多糖抗氧化活性及耐缺氧功能的研究[J]. 江苏农业科学,2011,39(5):398-399.
- [42] 刘阳,姜殿君. 猴头菌提取物对老年痴呆小鼠的作用[J]. 中国现代医药杂志,2010,12(12):10-11.
- [43] 刘浩,李华. 猴头菌提取物抗衰老作用研究[J]. 山东医药,2009,49(16):37-38.
- [44] 张虎成,杨国伟,杨军,等. 猴头菇提取液抑菌及抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂,2013,23(5):114-120.
- [45] 王钰涵,蒋殿欣,王黎荣,等. 猴头菌胃黏附片对胃黏膜损伤保护作用的研究[J]. 人参研究,2016,28(2):26-28.
- [46] 张建芳,王谦信,严宇仙. 复方猴头颗粒预防抗结核化疗胃肠道不良反应 45 例临床观察[J]. 中国中医药科技,2015,22(4):470.
- [47] 胡洪勇,李正修. 猴头菌提取物颗粒治疗药物性胃炎 56 例临床疗效观察[J]. 中国医药指南,2012,10(21):51-52.

[48] 余静珠,朱勇,陈宏. 猴头菌片联合莫沙比利治疗老年功能性消化不良[J]. 中国现代医学杂志,2011,21(11):1436-1439.

[49] 王利丽,郭红光,王青龙,等. 鲜猴头菌口服液益智保健功效初步研究[J]. 菌物学报,2011,30(1):85-91.

[50] 陈慧敏,李晓波. 猴头菌片结合西药治疗胃癌根治术后消化不良临床观察[J]. 上海中医药杂志,2009,43(3):23-25.

[51] 孟祥敏,王辉. 猴头多糖口服液的制备工艺研究[J]. 食品工业,2013,34(3):65-68.

[52] 张东升,徐谟,王红连,等. 猴头菇复合饮品澄清工艺研究[J]. 食品工业科技,2011,32(7):233-236.

[53] 任文武,詹现璞,杨耀光,等. 猴头菇饮料加工技术[J]. 农产品加工·学刊,2012,28(5):143-144.

[54] 陶静,周涛,李春阳. 酶法生产猴头菇饮料工艺研究[J]. 食品科技,2012,37(10):92-97.

[55] 刘晓光,李长乐. 珊瑚状猴头菌乳酸菌饮料的研制[J]. 现代农村科技,2015,43(19):60-61.

[56] 范红明,邓功成,何艳,等. 猴头菌酸奶的研制[J]. 现代农业科技,2014,42(3):287-288.

[57] 王世强,屈艳. 猴头菇复合保健酸奶的研制[J]. 中国酿造,2009,27(10):166-167.

[58] 朱维红,苗晓燕,张筱梅. 猴头保健酸奶研制及其相关因子研究[J]. 食品研究与开发,2012,33(4):93-95,99.

[59] 邹东恢,郭宏文. 枸杞猴头菇发酵酒的工艺研究[J]. 酿酒,2012,39(3):83-85.

[60] 左蕾蕾,曾里,曾凡骏. 香菇猴头菇枸杞保健酒的研制[J]. 食品研究与开发,2012,33(3):95-98.

(上接第 31 页)

表 5 不同处理经济性状
Table 5 Economic characters of different treatments

品种(系) Varieties (lines)	肥力 Fertility	产量 Yield kg/hm ²	均价 The average price 元/kg	产值 The output value 元/hm ²	上等烟 Superior tobacco %	上中等烟 The secondary tobacco //%
CT141	高	2 563.20 abAB	21.97 bcAB	56 313.05 aA	34.47 abcAB	76.85 abcABC
	中	2 632.50 abA	22.15 bcAB	58 323.15 aA	35.17 abAB	85.62 aA
	低	2 373.00 bcdABcd	18.30 dC	43 420.05 fF	17.52 gE	80.45 abAB
豫烟 6 号 Yuyan 6	高	2 485.35 abABC	22.05 bcAB	54 814.95 abcABC	32.41 abcdAB	85.64 aA
Yuyan 6	中	2 381.40 bcdABC	21.58 cBC	51 398.70 bedBCDE	28.20 abcdeABCD	86.97 aA
	低	2 108.25 defCDE	23.52 abcAB	49 592.40 cdeCDEF	28.47 abcdeABCD	80.70 abAB
豫烟 11 号 Yuyan 11	高	2 262.45 cdeBCD	22.66 abcAB	51 257.40 bedBCDE	36.17 aA	80.89 abAB
Yuyan 11	中	2 374.65 bcdABCD	22.24 abcAB	52 818.60 bedABCD	31.34 abcdABC	86.40 aA
	低	2 046.30 efCDE	21.97 bcAB	44 959.80 efEF	26.83 bcdefABCDE	78.49 abABC
湘烟 3 号 Xiangyan 3	高	2 221.65 cdeBCDE	24.58 abAB	54 612.00 abcABC	21.59 efgCDE	65.45 cdCD
Xiangyan 3	中	2 034.45 efDE	24.43 abcAB	49 707.75 cdeCDEF	25.11 defgBCDE	69.01 bcdBCD
	低	1 917.453 fE	22.84 abcAB	43 790.55 fF	18.81 fgDE	61.56 dD
NC-YATAS6	高	2 473.50 abABC	22.63 abcAB	55 975.35 abABC	34.9 abAB	85.65 aA
	中	2 254.65 cdeBCDE	22.94 abcAB	51 723.00 bedBCD	33.62 abcdAB	75.93 abcABCD
	低	1 912.50 fE	25.14 aA	48 069.75 defDEF	26.12 cdefgABCDE	65.76 cdCD
NC55	中	2 674.15 aA	21.91 bcAB	58 615.55 aA	35.19 abAB	85.67 aA

注:同列数据后不同小写字母表示不同品种间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示不同品种间差异极显著($P<0.01$)。
Note:Different capital letters and lowercases in the same column indicated significant differences between varieties at 0.01 and 0.05 levels.

参考文献

[1] 胡国松,郑伟,王震东,等. 烤烟营养原理[M]. 北京:科学出版社,2000.

[2] 刘江,黄成江,李天福,等. 有机肥与施氮量对烤烟生长发育的影响[J]. 作物研究,2008,22(3):178-180.

[3] 张延春,陈治锋,龙怀玉,等. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(6):787-792.

[4] 晋艳,杨宇虹,邓云龙,等. 施肥水平对烟株长势及烟叶质量的影响[J]. 烟草科技,1999(6):39-42.

[5] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.

[6] 史宏志,韩锦峰,王彦亭,等. 不同氮量和氮源下烤烟精油成分含量与香吃味的关系[J]. 中国烟草科学,1998(2):1-5.

[7] 徐安传,胡巍耀,李佛琳,等. 中国烤烟种植品种现状分析与展望[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2011,26(S2):104-109.

[8] 邵岩,宋春满,邓建华,等. 云南与津巴布韦烤烟致香物质的相似性分析[J]. 中国烟草学报,2007,13(4):19-25.

[9] 易建华,蒲文宣,张新要,等. 不同烤烟品种区域性试验研究[J]. 中国农村小康科技,2006(6):21-24.

[10] 周金仙. 云南烤烟主要推广优良品种生态适应性分析[J]. 中国农学通报,2007,23(3):171-175.