

蒋宁,高大伟,林金盛,等. 蝉花的研究进展[J]. 江苏农业科学,2017,45(8):11-14.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.08.003

蝉花的研究进展

蒋宁¹,高大伟²,林金盛¹,马建雄³

(1.江苏省农业科学院蔬菜研究所,江苏南京 210014;

2.扬州大学生物科学与技术学院,江苏扬州 225009;3.江苏鸿升食用菌有限公司,江苏徐州 221200)

摘要:蝉花是我国传统中药材,作为虫草属菌,其研究也备受瞩目。对蝉花的分类与分布、所含化学成分、药理作用、人工培养等方面的研究进展进行综述,以期对蝉花的进一步开发利用提供参考。

关键词:蝉花;分类;分布;化学成分;药理作用;人工培养;进展

中图分类号:S567.3⁺90.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)08-0011-04

蝉花别称蝉草、蝉茸、胡蝉等,是麦角菌科真菌大蝉草(*Cordyceps cicadae* Shing)的无性型蝉拟青霉[*Paecilomyces cicadae* (Miquel) Samson],寄生于山蝉(*Cicada flammata* Dist)形成的虫菌复合体中^[1]。蝉花是我国传统中药材,其有散风热、镇惊、明目之功效,主治小儿天吊、夜啼心悸,祛风止痛,麻疹、目赤、多泪^[2],其子座及寄主昆虫的尸体(菌核)可作为药用部分。随着野生蝉花资源的日趋减少,其人工培养物和开发利用备受关注,国内外已有众多学者对其化学成分、药理作用、人工培养进行了探究。

1 蝉花的分类及其分布

Miquel最早于1838年命名蝉花的无性型为蝉棒束孢(*Isaria cicadae*);1895年Massee将蝉花的有性型归于虫草属,并命名为[*Cor-byiceps cicadae* (Miq) Massee];1974年Samson将蝉花无性型蝉棒束孢归于拟青霉属,并命名为蝉拟青霉^[3]。国内学者幸兴球于1975年首次对蝉花规范命名,证明我国传统中药材蝉花即大蝉草^[4];1991年陈祝安等进一步证实了中药蝉花主要是由有性型大蝉草和无性型蝉拟青霉组成^[5],其中有性型大蝉草的比例仅占0.4%左右。当前市场上供应的为野生蝉花,其无性型以蝉拟青霉为主,无性型蝉拟青霉的分生孢子梗上的分枝多局限于分生孢子梗顶部,瓶梗粗而短,密集,分生孢子大,约 $6\sim 11\times 2.0\sim 3.5\mu\text{m}$ ^[6]。每年4—8月受此虫草菌感染的山蝉若虫头部开始长出子实体,20d左右子实体现出地面,地点一般发生于海拔200~400m山地的竹林或海拔700~950m的针阔叶混交林地,国内主要分布于安徽、浙江、云南、广东、陕西、江西、四川等省,以及其他亚洲热带、亚热带地区^[7]。

2 蝉花的化学成分

收稿日期:2015-12-03

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2013321);江苏省苏北科技发展规划(编号:BN2014025)

作者简介:蒋宁(1975—),男,江苏常州人,硕士,副研究员,从事食用菌栽培及深加工技术与开发。E-mail:24297919@qq.com。

现代研究表明,蝉花的化学成分较多,也含有丰富的活性成分。陈祝安等对浙江省的多个蝉花样品进行检测发现,蝉拟青霉的化学成分主要包括糖原、甘露醇、多种生物碱及麦角甾醇等^[5]。高增平等对蝉花中的甘露醇、糖类营养成分进行分析测定,发现甘露醇占2.18%,总糖含量为23.67%,其中多糖占21.73%^[8]。1997年俞滢等测定麦角菌科真菌大蝉草的蛋白质总量为39.35%,其中包括以谷氨酸、天门冬氨酸为主的16种氨基酸,而多糖含量为4.44%,脂肪含量为6.97%,且含有Mg等多种微量元素^[9]。宋玉良等分别应用高效液相色谱法和分光光度法测定蝉花中腺苷及多糖的含量,分别为129.24.16mg/g^[10-11]。于士军等也对蝉花菌丝体及培养基质的营养成分进行研究和分析,发现蝉花菌丝体及培养基质的蛋白含量为16.17%,总糖含量为38.87%,脂肪酸含量为1.43%,其中不饱和脂肪酸含量达1.18%^[12]。矿物质中钙、钠、钾、镁、磷等元素含量丰富,此外还含有腺苷、甘露醇等虫草类真菌的活性成分。

综上所述,蝉花中含有糖原、甘露醇、多种生物碱、蛋白质、多种氨基酸以及多种微量元素等化学成分,且糖类和蛋白质的含量相对较高,这也表明蝉花作为珍稀的食药菌具有良好的营养价值。但不同文献报道的化学成分的含量差异较大,可能是因为测定的样品来自不同地区,不同的生长环境条件可能会导致其所含化学成分不同。另外,蝉花品质的地域差异性也可为蝉花种质资源优化和创新提供丰富的样本。

3 蝉花的药理研究

3.1 免疫调节作用

有研究结果表明,蝉花中多糖含量较高,而多糖具有刺激免疫活性,增强机体免疫系统的功效。金丽琴等对大鼠臀部皮下注射一定剂量的蝉拟青霉总多糖,发现大鼠的白细胞数量明显增高,大鼠肺巨噬细胞内有关酶活性显著升高^[13],试验结果表明蝉拟青霉能激活肺巨噬细胞,有助于增强机体免疫力,推测其作用机制为:蝉拟青霉总多糖通过脾脏、胸腺这2个主要免疫器官自由基的代谢来增强机体的免疫功能。杨介钻等也做过类似的试验,他们采用100mg/kg蝉拟青霉多糖对老龄大鼠进行皮下注射,发现蝉拟青霉多糖使老龄大鼠的白细胞显著增加^[14]。此外,迟秋阳等从人工发酵的蝉花菌

丝体中提取出多糖,并对小鼠进行淋巴转换试验、巨噬细胞吞噬试验,结果表明,蝉花多糖对提高小鼠机体免疫功能有显著的作用^[15]。陈秀芳等研究也发现,蝉拟青霉菌丝体水提取物能够提高大鼠腹腔巨噬细胞和肺巨噬细胞内 ACP, LDH 的活力^[16],电镜观察也发现,蝉拟青霉具有调节环磷酰胺所致免疫抑制大鼠脾脏巨噬细胞的形态结构的作用^[17],并能拮抗环磷酰胺的相关抑制作用。综上所述,蝉花培养物中提取的总多糖具有明显增强机体免疫力的作用,相关的药理药效研究较多,但具备这类生理活性的蝉花多糖的组分、结构与作用机制还未完全明确,仍须深入研究。

3.2 抗肿瘤作用

经研究证实,蝉花含有的多糖、腺苷等多种功能成分能有效抑制肿瘤。1982年 Ukai 等就从蝉花中分离出一种水溶性多糖,并以剂量 20 mg/kg 注射小鼠 S180 肉瘤模型,发现肿瘤的抑制率为 47%^[18]。2006年芦柏震等提取蝉花的粗提物,以不同浓度的蝉花粗提物处理肺癌细胞株 PAA,通过 MTT 法检测细胞活性,发现蝉花粗提物对 G₂/M 期细胞有明显杀伤性,能够抑制肺癌细胞株的生长^[19]。

陈安徽等建立了中国仓鼠卵巢肿瘤细胞株模型,通过添加人工蝉花、野生孢梗束及基质的提取溶液,采用刃天青染色法检测其抗肿瘤活性,发现人工培育蝉花和天然野生蝉花都具有抗肿瘤活性,且从人工培养的蝉花中分离出 2 种抗肿瘤活性成分,其中一种鉴定为虫草素^[20]。此外也有较多的临床实例报道显示,蝉花孢子粉对肺癌、胰腺癌等均有良好的缓解与抑制作用。可见,蝉花作为一种治疗肿瘤的新资源药物有着广泛的开发利用前景。

3.3 改善肾功能

王琳等分离人胚胎肾小球系膜细胞,进行体外培养^[21]。将试验大鼠随机分为正常对照组、人工蝉花菌丝组、天然蝉花组、冬虫夏草组及洛汀新组,给予相应的药物,收集动物含药血清以含药血清刺激 HMC,采用噻唑蓝 (MTT) 比色法测定对 HMC 增殖的影响。发现人工蝉花菌丝组能显著抑制 HMC 增殖;人工蝉花菌丝组能显著抑制 FN 的合成,其作用与洛汀新组相近。朱戎等的研究结果也证实了这一结论^[22]。通过给予 5/6 肾切除肾小球硬化模型大鼠一定剂量天然蝉花菌丝、大剂量液体培养蝉花菌丝和小剂量蝉花菌丝(混入饲料中),设置模型对照组(模型组)、科素亚治疗组(科素亚组),分别给予相应的干预措施,并对大鼠残余肾作病理组织学分析,观察大鼠残余肾组织形态学改变情况,计算肾小球硬化指数,结果

显示蝉花液体培养菌丝体能有效改善肾衰竭大鼠的肾功能,减缓肾组织内炎性细胞的增生,延缓肾小球硬化的进程。

上述试验结果都证明,人工蝉花菌丝可以有效减缓肾小球硬化及肾纤维化,改善肾功能。但其发挥作用的有效成分研究较少,作用机制仍须进一步明确。

3.4 调节脂类代谢

蝉花中的多糖成分能够有效降低胆固醇、调节机体脂类物质代谢。杨介钻等对老龄大鼠皮下注射 100 mg/kg 蝉拟青霉多糖,观察发现蝉拟青霉多糖组中老龄大鼠外周血中的胆固醇、三酰甘油含量明显低于平行生理盐水组,证明蝉拟青霉多糖能够有效降低老龄大鼠外周血中的胆固醇、三酰甘油水平,有利于机体内脂类物质的运输与代谢^[14]。金丽琴等研究也发现,注射过蝉拟青霉菌丝体水提物的大鼠血液中碱性磷酸酶、尿素氮、胆固醇含量明显下降,而丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶、谷氨酰酶等其他酶的生化指标则无明显变化^[13],相关试验都表明蝉拟青霉有利于大鼠体内脂类物质的代谢,具有预防机体动脉硬化的功效。

4 蝉花的人工培养进展

由于天然野生蝉花资源短缺,近年来蝉花的人工培养受到越来越多的关注,目前蝉花的研究主要集中在液体发酵蝉拟青霉菌丝体和人工固体培养蝉花子实体。

4.1 蝉花菌丝体液体发酵

由于人工大规模培养子实体技术仍未成熟,菌丝体液体发酵因其生产周期较短、发酵条件可控、易实现规模化生产的特点从而成为目前获得蝉花原料的主要来源。当前,液体发酵技术的研究重点在于获得高产的菌丝体及胞外多糖等次级代谢产物的产量。李忠等以菌丝体生物量或胞外多糖、虫草素含量为指标,考察不同菌株的培养基配制、接种量、培养温度、发酵液初始 pH 值、摇床转速等因素对液体发酵的影响,并获得蝉花菌丝体液体发酵培养优化后的最适培养基及最适培养条件^[23-27](表 1、表 2)。

表 1 蝉花菌株编号及来源

编号	菌株来源
1	采自贵州省茂兰自然保护区,分离而得
2	采自浙江安吉備园,分离而得
3	采于江西九江市庐山区莲花镇莲花林场,分离而得
4	南京农业大学实验室筛选登记菌株 022007-9
5	安徽农业大学微生物防治省级重点实验室提供 RCEF1081

表 2 蝉花菌丝体液体发酵培养基及发酵条件

菌株编号	培养基	接种量	温度 (°C)	pH 值	摇床转速 (r/min)	菌丝体生物量 (g/L)	胞外多糖含量 (g/L)	虫草素含量 (mg/L)
1	葡萄糖 3%, 蛋白胨 1.5%, K ₂ HPO ₄ 0.1%, MgSO ₄ 0.05%	6%	25~27	7	150	20.48		
2	马铃薯汁 20%, K ₂ HPO ₄ 0.4%, 蛋白胨 0.5%	8%	26		160		5.64	
3	PDA 培养基, 葡萄糖 2.5%、蛋白胨 0.3%、蝉蜕 3%	6%	28		210	6.97		
4	蔗糖 1%, 甘油 0.5%, 豆饼粉 6%, 酵母膏 1%, K ₂ HPO ₄ 0.05%, MgSO ₄ 0.075%, FeSO ₄ ·ZnSO ₄ 0.001%, CaCl ₂ 0.01%	2 亿个/L	22		140	21.00		14.80
5	麸皮 3%, 酵母粉 4%, 丝氨酸 0.15%, K ₂ HPO ₄ 0.05%, MgSO ₄ 0.01%, CaCl ₂ 0.02%	5%	25	6	130	12.18		33.73

由表 1、表 2 可知,上述试验结果存在一定的差异,可能是由试验菌株的来源、培养条件的不同而造成的。综上可知,碳源、氮源、无机盐对蝉花菌丝体的生长有着显著影响,且蝉花的合适培养条件范围为:接种量 5% ~ 6%,培养温度 25 ~ 28 °C,初始 pH 值 6 ~ 7,摇床转速 130 ~ 160 r/min。

目前,蝉花的液体发酵仍处于研究阶段,还未能进行实际规模化应用。主要在于蝉花优质菌种缺乏,有关作用机制没有完全明确,制约了其规模化生产蝉花次级代谢物以及其他产品的发展。所以,进一步明确人工蝉花活性成分的作用机制,对蝉花培养条件更细致地优化、选育优良品种、推进工厂化进程势在必行。

4.2 蝉花人工子实体的培养

目前,蝉拟青霉已经初步实现人工小规模培养孢梗束,但大规模栽培人工蝉花子实体的技术仍不成熟。冯立才对采自上海松江区天马山的野生蝉花进行分离后获得蝉拟青霉菌株,并以基本相似的培养基组分(大米、小麦、玉米粉、麸皮、豆饼等),按常规灭菌、接种后 22 °C 或室温培养,均获得了孢梗束^[28]。但这种培养方法获得的蝉花仅有子座(子实体)而无虫体,外观上与野生蝉花有较大区别,在市场上推广有一定的难度。胡海燕等在试验中采集分离多个地方的蝉拟青霉菌株后,以家蚕幼虫和蚕蛹为寄主,通过浸渍法感染家蚕幼虫和蚕蛹,发现蝉拟青霉对蚕幼虫和蚕蛹均有较好的感染力,但大部分感染的幼虫并不能正常产生孢梗束,而感染的蚕蛹则可以产生孢梗束^[29]。贵州大学选择蝉拟青霉孢子液,将家蚕幼虫作为感染体置于蝉拟青霉孢子液中感染后,常温培养并获得了蝉花人工培育孢梗束,初步实现了以虫体为基物进行蝉花的人工培育。

蝉花的虫体为山蝉,以蚕蛹为基质的培育虽获得成功,但与野生品相比仍具有一定的差异性。宋捷民等将蝉科昆虫山

蝉幼虫作为寄主,在糙米固体培养基上接种,模拟野生培养条件,结果也获得了成功,首次获得蝉拟青霉与蝉虫一体的复合体^[30]。综上,蝉拟青霉已能实现人工培养出孢梗束,若以大米、小麦等为基物,接种后菌丝体生长迅速,并形成相应的孢梗束;若以蚕蛹为蝉拟青霉感染的基物,则可以得到与野生蝉花形态相类似的孢梗束和虫体。因此,研究并开发合适的培养物,获得高产、仿野生形态的人工蝉花,并形成规模化和标准化生产技术已经是蝉花产业发展的关键所在。

4.3 野生品与人工培养品的比较

研究证实,蝉花的人工培养品与野生品虽然在外观形态上有较大的差异,但在化学成分上却较为相近(表 3)。许多研究者对蝉花的野生品和人工培养品的功能成分进行了含量测定,例如,葛飞等测得 1 株蝉拟青霉菌体发酵菌丝体和天然蝉花子实体中虫草多糖、甘露醇、麦角甾醇、腺苷、氨基酸总量以及必需氨基酸总量、不饱和脂肪酸的含量,发现两者化学成分基本一致,且人工培养品的相关含量略高于野生品^[31]。刘森琴等通过微波法提取并检测了人工蝉花和野生蝉花的虫草素和腺苷含量、虫草酸含量和虫草多糖含量,发现人工蝉花的虫草酸含量和野生蝉花相当,其中人工蝉花的虫草多糖含量略高,腺苷含量较野生蝉花略低,且在人工品中未测得虫草素成分^[32]。滕晔等比较了野生蝉花与人工培养品中氨基酸、无机元素的成分,结果显示,固体培养品和野生品的氨基酸与无机元素成分较为一致,且含量差异较小;但是液体培养品的无机元素含量明显高于野生品^[33]。张红霞等也对人工培育蝉花子实体和天然蝉花子实体的化学成分进行 HPLC 检测分析,发现人工子实体与天然蝉花一些必需氨基酸的含量略高于野生品。虽然在各成分的含量上有一些差异,但整体组分种类具有一致性^[34]。

表 3 蝉花野生品与人工品的比较

指标	蝉花来源	
	野生品	人工培养品
无性型	蝉拟青霉	蝉拟青霉
外观形态	棒状子实体、虫体复合物	孢梗束
子座	野生山蝉	大米、小麦;家蚕若虫、蚕蛹;山蝉若虫
化学成分	多糖、蛋白质(含 17 种氨基酸)、甘露醇(虫草酸)、麦角甾醇、腺苷等	多糖、蛋白质(含 15 种氨基酸,无胱氨酸和丙氨酸)、甘露醇(虫草酸)、麦角甾醇、腺苷等
无机元素	Ca、Zn、Fe、Cr、Al 等	Ca、Zn、Fe、Al、Mn 等
功能疗效	滋补强壮、免疫调节、镇静、催眠作用、镇痛、降温和解热、改善肾功能	增强免疫、镇静、抗惊厥、镇痛解热、改善肾功能、延缓肾小球硬化

大量证据证实,人工蝉花与野生蝉花在化学成分上极为相近,在试验动物或体外细胞系模型上都具有相似的、较好的药理效果,但是现阶段的研究并未进入临床试验期。如果要证明人工蝉花子实体可以作为野生品的替代品、作为冬虫夏草的替代品,其安全性方面,仍须要进行大量的研究考证及药理、毒性试验验证。

5 讨论

5.1 蝉花生产菌株的规范化

近些年,蝉花虽受到广大研究者的密切关注,相关研究进

展也有较多报道,如在蝉花液体深层发酵技术领域。但是由于不同试验者(实验室)采集的菌株来自不同地区,且液体发酵培养后在色泽、菌丝体形态、菌丝量方面有较大的差异,研究结果差异显著,各文献之间的相互参考性大大降低。如许明敏等所做培养条件优化试验时发现,其发酵 6 d 的菌丝量干质量仅为平均水平的一半左右^[35];文欣所选的试验菌株液体发酵菌丝体不成球形,且发酵液颜色为黑色,与一般蝉花发酵液的淡黄色、浅粉红有着显著差别^[25]。上述情况表明,各地区所谓的“蝉花”菌株在分类上可能不同,这对蝉花的产业化开发造成了困难。因此,开展积极有效的蝉花种源鉴定、建

立和规范蝉拟青霉菌种的标准显得极为重要。

5.2 蝉花规模化、标准化生产

虫草属菌虽具有广阔的市场,但可进行规模化生产的菌株品种较少,目前主要是蛹虫草。蛹虫草作为虫草属菌的模式种,也是虫草素的产生菌,对抑制肿瘤、提高免疫力、抗炎作用均有良好的效果^[36]。蝉花具有与蛹虫草较为相近的功能,并且对改善肾功能、调节脂类代谢有良好的效果。而蝉拟青霉生长的营养需求以及液体发酵条件均较为简单易控,部分菌株腺苷含量相对较高,可为工厂化生产虫草素及其他代谢产物提供的新途径。

蝉花液体发酵菌丝体与天然野生蝉花外形上有较大的差异,很难被消费者接受,因此对蝉花的开发利用只停留在液体发酵上显然不够。当前,蝉花人工子实体栽培技术仍不完善,还须深入研究蝉花子实体形成机理,掌握其生长规律,加快实现蝉花子实体规模化、标准化生产技术的突破。

5.3 蝉花深加工产品的开发

当前对蝉花的利用还是以生药形式(主要为野生、菌丝体子实体)的初级产品,而市场上其他虫草菌如冬虫夏草、蛹虫草皆已开发出深加工产品,如虫草胶囊、虫草口服液、虫草酒等,获得了广大消费者的青睐。随着蝉花的活性成分与结构、作用机理的不断明确,可以更深入地开发蝉花制品如蝉花胶囊、蝉花保健酒等来满足市场的需求,使其良好的药用保健价值真正造福于民。

参考文献:

- [1]浙江省卫生厅.浙江省中药炮制规范[M].杭州:浙江科学技术出版社,1994:3471.
- [2]广东中药志编辑委员会.广东中药志(第2卷)[M].2版.广州:广东科学技术出版社,1996:816.
- [3]卫亚丽,杨茂发,邹晓,等.蝉棒束孢菌的生物学活性研究进展[J].贵州农业科学,2014(12):142.
- [4]幸兴球.大蝉草和小蝉草的分类[J].微生物学报,1975,1(1):20-26.
- [5]陈祝安.虫生真菌蝉拟青霉的研究[J].真菌学报,1991,10(4):280-287.
- [6]陈祝安,刘广玉,胡菽英.蝉花的人工培养及其药理作用研究[J].真菌学报,1993,12(2):138-144.
- [7]宋斌,林群英,李泰辉,等.中国虫草属已知种类及其分布[J].菌物研究,2006,4(4):10-26.
- [8]高增平,卢建秋,陈广耀,等.蝉花中营养成分的研究[J].天然产物研究与开发,1993,5(1):86-90.
- [9]俞滢,顾蕾,陈启琪,等.蝉花的化学成分分析[J].杭州师范学院学报,1997(6):61-63.
- [10]宋玉良,宋捷民,严建伟.高效液相色谱法测定蝉花中腺苷的含量[J].中药新药与临床药理,2000,11(6):367.
- [11]Zhu Z Y, Song J S J, Xin J X J, et al. Detection of polysaccharides in cordyceps cicadae by UV-spectrophotometry[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2001, 18(6): 441-442.
- [12]于士军,柴新义,樊美珍.蝉花菌质主要营养成分和活性成分分析[J].食品与机械,2015,31(1):155-158.
- [13]金丽琴,吕建新,袁谦,等.蝉拟青霉对大鼠免疫功能和血液生化指标的影响[J].温州医学院学报,2001,31(6):344-346.
- [14]杨介钻,金丽琴,吕建新,等.蝉拟青霉多糖抗衰老作用的实验研究[J].中国老年学杂志,2004,24(4):343-344.
- [15]迟秋阳,陈宝骥,杨晓华,等.蝉花多糖的提取及其免疫药理作用的研究[J].军队医药杂志,1996,6(5):44-46.
- [16]陈秀芳,金丽琴,吕建新,等.蝉拟青霉对大鼠腹腔及肺泡巨噬细胞的激活作用[J].中国病理生理杂志,2002,18(6):694-697.
- [17]陈秀芳,金丽琴,吕建新,等.蝉拟青霉减轻环磷酰胺所致免疫抑制效应的实验研究[J].温州医学院学报,2002,32(6):351-353.
- [18]王琪,刘作易.药用真菌蝉花的研究进展[J].中草药,2004,34(4):469-471.
- [19]芦柏震,姜志明,牟翰舟,等.蝉花粗提物对肺癌细胞作用的实验研究[J].中国中医药科技,2006,13(5):328-329.
- [20]陈安徽,邵颖,李继武,等.人工培育蝉花虫草的抗肿瘤活性[J].食品科学,2015,36(9):194-197.
- [21]王琳,陈以平.人工培育蝉花菌丝对人系膜细胞增殖及细胞外基质合成的影响[J].中医研究,2006,19(10):9-11.
- [22]朱戎,陈以平,邓跃毅.液体培养蝉花菌丝对5/6肾切除大鼠肾小球硬化的干预作用[J].上海中医药杂志,2010,44(5):4-8.
- [23]李忠,刘爱英,金道超.蝉拟青霉深层发酵的研究[J].河北大学学报(自然科学版),2010,30(6):682-687.
- [24]陈显群,羊悦,杨胜利.蝉花液体发酵产胞外多糖培养基优化研究[J].食用菌,2015(1):10-13.
- [25]文欣.蝉花真菌的筛选及其液态发酵工艺的优化[D].长沙:湖南农业大学,2013.
- [26]历晓腊.蝉拟青霉液体深层发酵技术研究[D].南京:南京农业大学,2011.
- [27]李瑞雪,胡飞,陈安徽,等.蝉拟青霉高产虫草素菌株液体培养工艺的研究[J].徐州工程学院学报,2007,22(10):23-30.
- [28]冯立才.上海天马山蝉花的初步研究[J].上海应用技术学院学报(自然科学版),2002,2(2):125-127.
- [29]胡海燕,邹晓,罗力,等.传统中药蝉花的活体家蚕人工培养[J].中国中药杂志,2009,34(17):2140-2142.
- [30]宋捷民,滕晔,宋玉良,等.蝉花的仿野生培育[C]//第六次临床中药学学术年会暨临床中药学学科建设经验交流会论文集,2013.
- [31]葛飞,夏成润,李春如,等.蝉拟青霉菌丝体与天然蝉花中化学成分的比较分析[J].菌物学报,2007,26(1):68-75.
- [32]刘森琴,温鲁,夏敏,等.人工培育蝉花的活性成分含量测定[J].安徽农业科学,2008,36(2):429-467.
- [33]滕晔,官宗华,宋玉良.野生蝉花与人工培养品中氨基酸、无机元素成分的比较[J].浙江中医药大学学报,2012,36(10):1123-1127.
- [34]张红霞,高新华,陈伟,等.人工培育蝉花与天然蝉花中化学成分的比较[J].食用菌学报,2012,19(3):59-62.
- [35]许明敏,余文娟,潘丽辉,等.蝉花深层发酵培养条件优化的研究[J].广东农业科学,2012(16):116-119.
- [36]马吴伟,潘苏华.蛹虫草研究进展[J].亚太传统医药,2008,4(11):148-150.