

研究报告

果树枝条栽培灵芝的品质特性分析

黄文丽¹ 陈祖琴¹ 金鑫¹ 黄羽佳² 郑林用^{3*}

(1. 四川省农业科学院生物技术核技术研究所 四川 成都 610066)

(2. 四川省技术创新促进会 四川 成都 610017)

(3. 四川省农业科学院 四川 成都 610066)

摘要:【目的】研究果树枝条作为栽培基质对赤灵芝(菌株: 金地灵芝)子实体品质的影响。【方法】比较果树(苹果、桃树、梨树)枝条和常规杂木屑栽培灵芝的农艺性状、营养成分及活性成分含量的变化, 进一步对其改善睡眠的功能进行评价。【结果】果树枝条栽培的灵芝品质具有较大的差异。3种果树枝条栽培的灵芝菌丝体生长速度显著低于常规组($P<0.05$), 发菌时间延长7–13 d, 同时产量有不同程度的下降。各组间的营养成分含量无明显差异, 而果树枝条组的矿质元素含量均显著大于常规组。此外, 虽然果树枝条组的灵芝多糖含量较常规组低, 但是均能够有效延长小鼠注射戊巴比妥钠后的睡眠时间, 并且梨树枝条组能够有效缩短睡眠潜伏期, 增加小鼠的入睡率($P<0.05$), 改善睡眠功能显著。【结论】利用果树枝条栽培灵芝对其产量和农艺性状指标有一定影响, 但是具有较好的改善睡眠的功能。因此, 通过果树枝条配方优化, 栽培高品质灵芝是切实可行的。

关键词: 灵芝, 果树枝条, 栽培, 品质

Quality characteristics of fruit branch-cultivated *Ganoderma lucidum*

HUANG Wen-Li¹ CHEN Zu-Qin¹ JIN Xin¹ HUANG Yu-Jia² ZHENG Lin-Yong^{3*}

(1. Biotechnology and Nuclear Technology Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China)

(2. Technology Innovation Foundation of Sichuan, Chengdu, Sichuan 610017, China)

(3. Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China)

Abstract: [Objective] To study the effects of cultivation substrate using fruit tree branches on *Ganoderma lucidum* quality characteristics. [Methods] The agronomic traits of strain JINDI *G. lucidum* cultivated with apple/peach/pear branches were analyzed. In addition, the nutritional composition and the content of polysaccharides and the function improving sleep were measured and evaluated. [Results] The growth rate of *G. lucidum* mycelia cultivated with three fruit branches was significantly lower than that in the conventional substrate as control ($P<0.05$), and 7–13 days was

Foundation item: National Industrial Technology System of Edible Fungus of China (No. CARS-24); Science-Technology Support Program of Sichuan Province (No. 2013NZ0015)

*Corresponding author: Tel/Fax: 86-28-84592187; E-mail: zly6559@126.com

Received: July 17, 2015; Accepted: November 20, 2015; Published online (www.cnki.net): December 16, 2015
基金项目: 国家食用菌产业技术体系(No. CARS-24); 四川省科技支撑计划项目(No. 2013NZ0015)

*通讯作者: Tel/Fax: 86-28-84592187; E-mail: zly6559@126.com

收稿日期: 2015-07-17; 接受日期: 2015-11-20; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2015-12-16

prolonged to mycelia grow. And the yield decline of *G. lucidum* in the fruit branch group, to a certain extent, has been found. There were no significant differences in the contents of nutrients in between each group, while the content of the mineral elements in the *G. lucidum* cultivated with three fruit branches were much higher than control. The content of polysaccharide of *G. lucidum* in the fruit branch group was lower compared with control. While all group can effectively prolong the pentobarbital sodium sleeping time of mice, and the pear branches group shorten sleep latency accomplished with 60% of sleep rate. [Conclusion] The yield and content of polysaccharide of *G. lucidum* cultivated with fruit branches were decreased differently with poor agronomic traits. But the pear branches can effectively improve sleeping. It was feasible to use fruit branches for *G. lucidum* cultivation after the optimization of substrate formula.

Keywords: *Ganoderma lucidum*, Fruit branches, Cultivate, Quality

赤灵芝(*Ganoderma lucidum*)隶属担子菌门多孔菌目灵芝科灵芝属,在古代中国称瑞草,是一种珍贵食药两用菌。灵芝多糖是灵芝中最主要的成分之一^[1],具有提高人体免疫力、抗肿瘤、降血糖、降血脂、抗氧化、安神、消除放化疗副反应、除胃热、保肝解毒等功效^[2-3]。随着人们保健养生意识的不断增强,对灵芝的品质需求也随之增大。

不同栽培方式和栽培基质对灵芝的品质有着很大的影响。椴木栽培、代料栽培的灵芝在外观、产量等农艺性状指标上差异显著^[4],曹立珍等证明不同栽培方式培养的灵芝子实体多糖含量及其诱导淋巴细胞增殖的活性并无显著性差异^[5]。不同树种作为基质栽培的灵芝子实体外表色泽的深浅及光泽度有明显差异,其生物转化有较大差别^[6]。目前大部分研究证明树皮较厚、形成层发达、不易与木质部剥离、树质坚硬的树种比较适宜于灵芝的栽培,且大多属于壳斗科植物^[7]。然而,目前生态环境破坏严重,椴木原料受到一定的制约。因此,人们不断开发新型的、来源广、成本低的灵芝栽培原料,同时希望能够有效利用一些废弃资源^[8]。已有的一些研究报道显示,利用枝桠材栽培灵芝使产量得到提升^[9];利用桑枝屑和桑枝条栽培灵芝获得高产,同时多糖含量比杂木和椴木灵芝高30%以上^[10-11];郭耀辉等利用中药材非药用部位栽培灵芝,灵芝的活性成分及药效发生变化,菊花栽培的灵芝具有较好的调节免疫及改善睡眠的效果^[12]。

我国果树资源丰富,每年修剪果树产生大量的

枝干、枝条,通常被当作垃圾处理或者用来烧火做饭,资源没有得到合理有效利用,同时还污染环境。近年来,果树枝条作为食用菌栽培基质,不仅解决果树枝条资源浪费,同时解决食用菌栽培原料不足问题。有研究表明,利用苹果枝条、桃树枝条成功栽培香菇、鲍鱼菇,并获得了较高的产量^[13-15]。我们利用四川特色的果树枝条作为灵芝的栽培原料,通过考察菌丝体的生长、子实体的外观以及产量等农艺性状指标,结合其营养成分、活性成分以及其药理作用,研究果树枝条对栽培灵芝品质的影响,探讨果树枝条作为灵芝栽培基质的可行性。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株:赤灵芝(*Ganoderma lucidum*,菌株名:金地灵芝),由四川省农业科学院土壤肥料研究所提供。菌种在PDA培养基(g/L,土豆200,葡萄糖20,琼脂粉20)上转接活化,于28℃培养,备用。

1.1.2 栽培原料:苹果树枝条、桃树枝条、梨树枝条均来源于四川龙泉。

1.2 灵芝栽培

灵芝栽培方法采用代料栽培,选用22 cm×42 cm×0.025 cm的聚丙烯袋,每袋栽培干料1 kg,每种栽培基质配方100袋,3个重复。表1显示试验分组及其栽培基质配方。

1.3 农艺性状指标测定

灵芝菌丝接种后,分别测定菌丝的生长速度、

表1 果树枝条栽培灵芝基质配方
Table 1 The substrate formula of fruit branches for *G. lucidum* cultivation

组别 Groups	栽培基质配方 Substrate formula			
	主料 Major material (%)		辅料 Supplements (%)	
	常规组 Control	杂木屑 15		
苹果组 Apple group	苹果枝条 15	棉籽壳	玉米芯	麸皮8, 石膏1,
桃树组 Peach group	桃树枝条 15	60	15	蔗糖1
梨树组 Pear group	梨树枝条 15			

满袋天数以及菌袋的污染率, 成熟后采摘, 55 °C 烘干至恒重, 称重测定其产量。产量以均袋干重计, 为总重量/总袋数。

1.4 营养成分测定

将采集的灵芝送至四川省农业科学院分析测试中心进行营养成分的测定。

1.5 灵芝多糖含量测定

灵芝粉碎后, 称取 10 g 粉末, 按 1:20 的料水比添加蒸馏水, 100 °C 热水浸提 1 h, 浸提 2 次, 合并上清液, 旋转蒸发浓缩, 真空冷冻干燥获得灵芝水提取物。参考文献[16]方法, 采用苯酚-硫酸法测定灵芝多糖的含量。

1.6 改善睡眠功能试验

1.6.1 直接睡眠实验: SPF 级 6 周龄 18–22 g 的

BALB/C 小鼠 50 只, 随机分成 5 组, 每组 10 只。分为对照组、常规配方组、苹果枝条配方组、桃树枝条配方组、梨树枝条配方组。实验组每天给予 75 mg/(kg·bw) 的灵芝提取物, 对照组给予相同体积的生理盐水, 连续灌胃 30 d。末次给药 30 min 后, 观察各组小鼠的睡眠发生率。睡眠以翻正反射消失为判断指标, 当小鼠置于背卧位时, 60 s 内不能翻正, 即认为翻正反射消失, 进入睡眠。记录空白对照组与受试样品组入睡动物数及睡眠时间。

1.6.2 延长戊巴比妥钠睡眠时间实验: 分组和给药同 1.6.1。末次给药 30 min 后, 各组小鼠腹腔注射 60 mg/(kg·bw) 戊巴比妥钠, 以翻正反射消失为指标, 观察睡眠时间。

1.6.3 戊巴比妥钠阈下剂量催眠实验: 分组和给药同 1.6.1。末次给药 30 min 后, 各组小鼠腹腔注射 30 mg/kg·bw 戊巴比妥钠最大阈下催眠剂量, 记录小鼠入睡潜伏期的时间, 同时 30 min 内入睡小鼠只数。

1.7 数据处理

数据以平均值±标准差表示, 采用方差分析 One-way ANOVA 和非参数检验 Chi square 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 果树枝条栽培灵芝的农艺性状比较

不同栽培配方栽培灵芝的农艺性状见表 2, 3 种

表2 不同栽培基质配方对灵芝农艺性状的影响
Table 2 The agronomic traits of different substrate formula for *G. lucidum* cultivation

组别 Groups	菌丝生长速度 Mycelial growth rate (mm/d)	发菌时间 Mycelial growth period (d)	污染率 Contamination (%)	菌盖直径 Cap diameter (mm)	菌袋干重 Mean weight (g)
常规组 Control	6.43±0.92 ^a	36	8.7	8.95±0.74 ^a	91.43
苹果组 Apple group	4.42±0.31 ^c	47	11.3	6.80±0.45 ^b	81.43
桃树组 Peach group	4.31±0.62 ^c	49	12.4	6.89±0.31 ^b	64.14
梨树组 Pear group	4.83±0.85 ^b	45	11.4	5.72±0.22 ^c	52.97

注: 各数据之间显著性差异($P<0.05$).

Note: There were significant differences in each group ($P<0.05$).

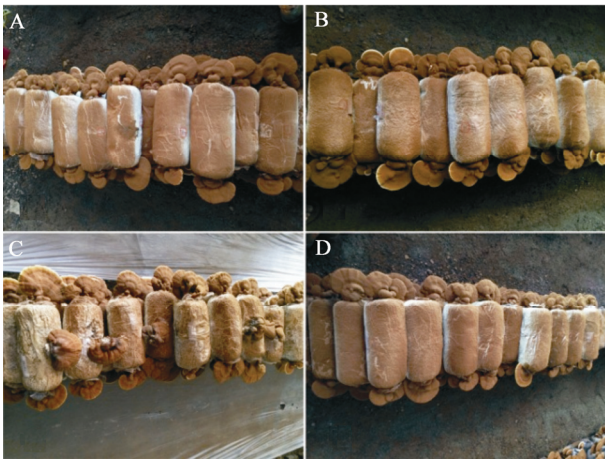


图1 不同栽培基质配方灵芝子实体外观性状

Figure 1 The appearance of fruit body of *G. lucidum* cultivated on the different substrate formula

注：A：常规配方组；B：苹果枝条组；C：桃树枝条组；D：梨树枝条组。

Notes: A: Control; B: Apple Group; C: Peach Group; D: Pear Group.

果树枝条组的灵芝菌丝体生长速度显著低于常规组($P<0.05$)，发菌时间延长7–13 d，同时菌袋的污染率较对照组有所上升，其外观性状也逊色于常规配方组($P<0.05$)，并且产量均有不同程度的下降。总体来说，常规配方组栽培的灵芝农艺性状较果树枝条栽培的更优(图1)。

2.2 果树枝条栽培灵芝的营养成分分析

各组之间的蛋白质含量、粗脂肪含量、氨基酸总量均无明显差异，而果树枝条组的矿质元素含量均远远大于常规组(表3)，梨树枝条组钙、镁、铁、

锌的含量较常规组有极显著差异($P<0.01$)，桃树枝条组的钙、镁、锌的含量较对照组有极显著差异($P<0.01$)，苹果枝条组的钙、铁、锌的含量较对照组有显著差异($P<0.05$)。

2.3 果树枝条栽培灵芝的多糖含量变化

多糖是灵芝的最重要的活性成分之一，3种果树枝条组的灵芝多糖含量均比常规组低，苹果枝条配方和桃树枝条配方栽培的灵芝(图2)，其多糖含量与常规配方组差异不显著($P\geq 0.05$)，而梨树枝条栽培的灵芝，其多糖含量显著低于常规组($P<0.05$)。

2.4 果树枝条栽培的灵芝改善睡眠的作用

3种果树枝条组与常规组在给予灵芝水提取物60 min内，均未发现小鼠进入睡眠，说明灵芝提取物无直接睡眠现象。灵芝提取物对小鼠睡眠的作用见表4，3种果树枝条组与常规组较空白对照组均能够有效延长戊巴比妥钠的睡眠时间($P<0.05$)，各组间无明显差异($P\geq 0.05$)；梨树枝条组能够缩短睡眠潜伏期，增加小鼠的入睡率(60%)，与空白对照组比差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

不同的栽培基质对灵芝的品质有着很大的影响，大多数认为质地坚硬、树皮较厚、不易与木质部剥离的壳斗科树种适宜灵芝栽培^[17]，且壳斗科不同树种栽培的灵芝子实体外观有明显差异，其生物转化速度亦有较大差别^[6]。3种果树枝条栽培的灵芝菌丝体生长速度慢，污染率较高，并且产量均低

表3 不同基质配方栽培灵芝的营养成分分析
Table 3 The analysis of nutritional composition of *G. lucidum*

组别 Groups	氨基总量 Total aa (%)	蛋白质 Protein (%)	粗脂肪 Lipid (%)	钙 Calcium (%)	镁 Magnesium (%)	铁 Ferrum (mg/kg)	锌 Zinc (mg/kg)
常规组 Control	9.12	16.9	3.19	0.051	0.056	108	35.1
苹果组 Apple group	8.66	16.3	3.43	0.074	0.059	127	43.2
桃树组 Peach group	9.68	16.7	3.23	0.093	0.072	103	65.8
梨树组 Pear group	9.56	16.6	3.03	0.14	0.070	180	101.0

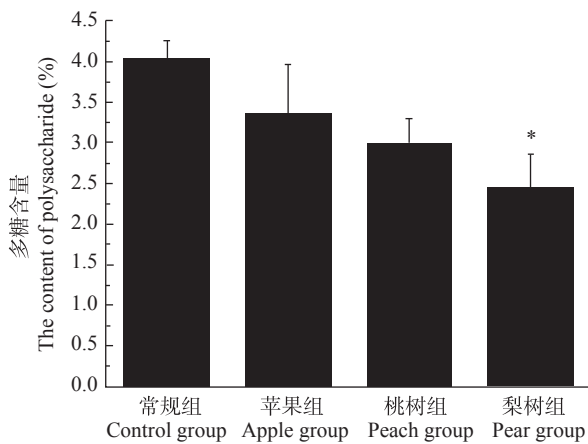


图 2 不同配方栽培的灵芝多糖含量的变化

Figure 2 The content of polysaccharide of *G. lucidum* in each group

注: *: 与常规组相比较差异显著($P < 0.05$).

Note: *: There was significant different with control group ($P < 0.05$).

于常规组,含水量的变化可能是原因之一。果树枝条粉碎后木屑较粗,导致其保水性能不佳,而常规组的杂木屑大多来源于壳斗科,粒径较细,保水性更优。从营养成分来看,果树枝条栽培的灵芝子实体的蛋白、氨基酸、脂肪等含量与常规组无差别,栽培基质为灵芝的生长提供了充足的碳源和氮源;果树枝条栽培的灵芝子实体的矿质元素的含量较常规组显著上升,这可能是因为果树枝条本身的矿质元素含量较常规组高,灵芝的吸附作用导致了栽

培基质中矿质元素的转移,这与 Jo 等^[8]的研究结果一致,栽培基质的改变是导致灵芝中矿质元素升高的直接原因。

果树枝条对栽培灵芝的活性成分及改善睡眠的功能有一定的影响,果树枝条栽培的灵芝多糖含量较低,梨树枝条组较常规组有显著差异。目前有关高等真菌多糖合成的代谢途径研究基本空白,但已有的研究表明,不同微生物细胞体系中多糖合成代谢的基本途径十分相似^[18],其共同的特点是都由常见的单糖重复单元组成^[19-20]。果树枝条中含有丰富的多酚类物质,对糖代谢有一定的抑制作用。研究表明苹果多酚提取物对体外蛋白质非酶糖化有抑制作用,并且可有效抑制 α -淀粉酶和 β -葡萄糖苷酶活性^[21-23]。虽然如此,果树栽培的灵芝在一定程度上具有改善睡眠的效果,梨树组栽培的灵芝改善睡眠的作用最佳。多糖可能不是灵芝改善睡眠功能唯一的活性成分,有研究发现,微量元素锌对睡眠剥夺模型大鼠的学习记忆能力有明显的保护作用^[24]。Cherasse 等发现含锌的酵母提取物具有促进非快速眼运动睡眠的作用^[25]。本研究发现,梨树栽培的灵芝中锌离子的含量较其他组高出约 2-3 倍,这可能是梨树枝条组改善睡眠作用的主要原因,同时也有可能与灵芝中其他成分相关,值得进一步深入研究。

表 4 灵芝提取物对睡眠的影响

Table 4 The function of *G. lucidum* extract to improve sleeping

组别 Groups	动物只数 Number of mouse	睡眠潜伏期 Sleeping latency (min)	睡眠时间 Sleeping time (min)	阈下剂量催眠入睡率 Sleep rate under threshold dose
空白组 Blank	10	36.13±8.1	34.15±6.2	10% (1 只)
常规组 Control	10	40.11±11.4	52.37±10.8*	10% (1 只)
苹果组 Apple group	10	36.19±10.7	50.29±12.0*	20% (2 只)
桃树组 Peach group	10	41.18±8.2	48.89±7.3*	30% (3 只)
梨树组 Pear group	10	28.38±6.8	49.00±7.5*	60% (6 只)*

注: *: 与空白组对比有显著差异($P < 0.05$).

Note: *: There was significant different with Blank ($P < 0.05$).

利用果树枝条栽培灵芝对其产量及生产周期有一定影响,但是可提高其矿质元素含量及改善睡眠的效果。因此,果树枝条栽培灵芝是可行的,可以通过筛选最佳的栽培基质,实现灵芝的优质高产与果树枝条的有效循环利用。

致谢:感谢四川省农业科学院土壤肥料研究所微生物室提供的灵芝菌株。

参考文献

- [1] Wasser SP. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2002, 60(3): 258-274
- [2] Paterson RRM. *Ganoderma*-A therapeutic fungal biofactory[J]. Phytochemistry, 2006, 67(18): 1985-2001
- [3] Lin ZB. Modern Research of *Ganoderma Lucidum*[M]. 4th Edition. Beijing: Beijing Medical University Press, 2015: 222-360 (in Chinese)
林志彬. 灵芝的现代研究[M]. 第4版. 北京: 北京大学医学出版社, 2015: 222-360
- [4] Jiang DH. Effects of medium formulae and cultivating ways on yield and quality of *Ganoderma lucidum*[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2001, 19(1): 76-79 (in Chinese)
蒋冬花. 培养基配方与栽培方式对灵芝产量和质量的影响[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2001, 19(1): 76-79
- [5] Cao LZ, Lin ZB. Comparison of the effects of polysaccharides from wood-cultured and bag-cultured *Ganoderma lucidum* on murine spleen lymphocyte proliferation *in vitro*[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2003, 38(2): 92-97 (in Chinese)
曹立珍, 林志彬. 段木栽培及袋栽灵芝多糖对体外培养小鼠脾淋巴细胞增殖活性的比较[J]. 药学报, 2003, 38(2): 92-97
- [6] Lyu ML, Ying GH, Si JP. The effects of cultivation medium to the appearance and yield of tree-cultivated *Ganoderma lucidum*[J]. Edible Fungi of China, 2008, 27(5): 22-24 (in Chinese)
吕明亮, 应国华, 斯金平. 基质对段木灵芝栽培外观与产量的影响[J]. 中国食用菌, 2008, 27(5): 22-24
- [7] Liu RS, Li CQ. Effect of six kinds of broad-leaved species cultivated *Ganoderma lucidum* on the yield and quality of spore[J]. Edible Fungi of Zhejiang, 2008, 16(3): 38,45 (in Chinese)
刘荣松, 李朝谦. 六个阔叶树种对栽培灵芝孢子粉产量和质量的影响试验[J]. 浙江食用菌, 2008, 16(3): 38,45
- [8] Jo EY, Choi JY, Choi JW, et al. Influence of food waste compost on the yield and mineral content of *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes*, and *Pholiota adiposa* fruiting bodies[J]. Mycobiology, 2013, 41(4): 210-213
- [9] Lin XS, Lin YQ, Li KB, et al. Study on cultivation of *Ganoderma lucidum* with branches of the tree[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2004, 20(1): 38-39 (in Chinese)
林兴生, 林衍铨, 李开本, 等. 枝桠材栽培灵芝研究初报[J]. 广西科学院学报, 2004, 20(1): 38-39
- [10] Li N, Li QH. Whole application of byproduct of mulberry[J]. China Food Industry, 2006(7): 22-23 (in Chinese)
李娜, 李全宏. 桑副产品的综合利用[J]. 中国食品工业, 2006(7): 22-23
- [11] Ren DZ, Luo GQ, Wu JA, et al. The high yield of *Ganoderma lucidum* cultivated with mulberry[J]. Guangdong Sericulture, 2000, 34(2): 46-49 (in Chinese)
任德珠, 罗国庆, 吴剑安, 等. 桑枝灵芝的高产栽培研究[J]. 广东蚕业, 2000, 34(2): 46-49
- [12] Guo YH, Luo X, Yu MY, et al. Active ingredients and efficacies of *Ganoderma lucidum* cultivated on non-medicinal parts of Chinese medicinal herbs[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2011, 51(6): 764-768 (in Chinese)
郭耀辉, 罗霞, 余梦瑶, 等. 中药非药用部位栽培灵芝的活性成分及药效变化[J]. 微生物学报, 2011, 51(6): 764-768
- [13] Zhu CD, Zhu YD. Techniques of Shiitake cultivated with peach branches[J]. Edible Fungi, 2013(3): 59-60 (in Chinese)
朱春弟, 朱元弟. 桃树枝条栽培香菇技术[J]. 食用菌, 2013(3): 59-60
- [14] Li ZY, Wang H, Mou YC, et al. The bag-cultivated Shiitake with apple branches in spring[J]. Edible Fungi, 2006(2): 24-25 (in Chinese)
李志勇, 王华, 牟永臣, 等. 苹果枝条春季袋料栽培香菇试验[J]. 食用菌, 2006(2): 24-25
- [15] Wang DY, Liu KC, Dang L, et al. *Pleurotus abalonus* cultivation with fruit branches[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2007(3): 174-175 (in Chinese)
王德源, 刘可春, 党立, 等. 利用果树枝条木屑栽培鲍鱼菇技术[J]. 陕西农业科学, 2007(3): 174-175
- [16] Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances[J]. Analytical Chemistry, 1956, 28(3): 350-356
- [17] Zhang HJ, Cao LS, Ye SQ. Basswood-Cultivation of *Ganoderma lucidum* with high yield and excellent quality[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2004(3): 30-32 (in Chinese)
张海娟, 曹隆枢, 叶少青. 段木灵芝优质高产栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2004(3): 30-32
- [18] Liu GQ, Zhao Y, Wang XL, et al. Biosynthesis and fermentation control of polysaccharides from *Ganoderma lucidum*[J]. Mycosystema, 2011, 30(2): 198-205 (in Chinese)
刘高强, 赵艳, 王晓玲, 等. 灵芝多糖的生物合成和发酵调控[J]. 菌物学报, 2011, 30(2): 198-205
- [19] Levander F, Radstrom P. Requirement for the phosphoglucosyltransferase in polysaccharide biosynthesis in glucose- and lactose-utilizing *Streptococcus thermophilus*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(6): 2734-2738
- [20] Walling E, Dols-Lafargure M, Lonvaud-Funel A. Glucose fermentation kinetics and exopolysaccharide production by *Pediococcus damnosus* IOEB8801[J]. Food Microbiology, 2005, 22(1): 71-78
- [21] Peng GB, Zheng XB, Ji AQ, et al. The advances of study and applications on physiological functions of fruit polyphenols[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(11): 157-163 (in Chinese)
彭功波, 郑先波, 冀爱青, 等. 果树多酚类物质生理功能及应用研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 157-163
- [22] Liu JC, Zhang QL, Jiao ZG, et al. Inhibitory effect of peach flower extract on tyrosinase and its kinetics analysis[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 836-841 (in Chinese)
刘杰超, 张巧莲, 焦中高, 等. 桃花提取物对酪氨酸酶的抑制作用及其动力学分析[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 836-841
- [23] Wang XY, Liu JC, Zhang CL, et al. Inhibitory effects of apple polyphenol extract on non-enzymatic glycosylation of proteins *in vitro*[J]. Food and Nutrition in China, 2014, 20(8): 52-55 (in Chinese)
王晓燕, 刘杰超, 张春岭, 等. 苹果多酚提取物对体外蛋白质非酶糖化的抑制作用[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(8): 52-55
- [24] Chen J. The protective effect of zinc on learning and memory in rats induced by sleep deprivation and the relative mechanisms[D]. Tianjin: Master's Thesis of Tianjin Medical University, 2005 (in Chinese)
陈俊. 锌对睡眠剥夺大鼠学习记忆的保护作用及其相关机制[D]. 天津: 天津医科大学硕士生论文, 2005
- [25] Cherasse Y, Saito H, Nagata N, et al. Zinc-containing yeast extract promotes non-rapid eye movement sleep in mice[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2015, 59(10): 2087-2093