

桑叶金花茶中酚类物质动态变化及其抗氧化活性

王吉成¹, 刘轩², 邹先伟², 李倩², 唐劲天², 翟延君¹

1. 辽宁中医药大学药学院, 大连 116600
2. 清华大学工程物理系, 北京 100084

摘要 为探讨桑叶固体双向发酵过程中水溶性酚类物质含量的动态变化及其抗氧化活性,应用三氯化铝比色法、Folin-酚法测定桑叶固体双向发酵物中水溶性总黄酮及总酚酸含量,并以清除 1-1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS⁺)、铁还原能力 3 个指标,评价桑叶固体双向发酵过程中体外抗氧化活性的变化情况。结果发现,随着发酵时间的延长,桑叶固体双向发酵物中水溶性总黄酮、总酚酸均呈先增加后减少的趋势。其中发酵 14 d 水溶性黄酮质量分数最多为 2.16 mg/g,20 d 水溶性总酚酸质量分数最多为 1.48 mg/g。对于体外 3 个抗氧化指标而言,整体表现为:14 d>7 d>11 d>20 d>40 d。

关键词 固体双向发酵;桑叶金花茶;总黄酮;总酚酸;体外抗氧化

中图分类号 R96

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.07.016

Dynamic change and antioxidant activity of phenolics in the mulberry leaf and Jinhua tea

WANG Jicheng¹, LIU Xuan², ZOU Xianwei², LI Qian², TANG Jintian², ZHAI Yanjun¹

1. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China
2. Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract This paper aims to investigate the dynamic change and antioxidant activity of water soluble phenolic substances in mulberry leaves and Eurotium cristatum solid bi-directional fermentation process. The contents of the water soluble total flavonoids and total phenolics were measured by using AlCl₃ method and Folin-Ciocalteu method. At the same time, the antioxidant activity changes of the solid bi-directional fermentation process were evaluated by three in vitro experiments including DPPH assay, ABTS⁺ assay and ferric-reducing power assay. The results showed that during the fermentation process, the water soluble total flavonoids and total phenolics decreased after the initial increase. The water soluble flavonoid content after 14 days' fermentation was the highest, being 2.16 mg/g, and the water soluble phenolics content after 20 days' fermentation was the highest, being 1.48 mg/g. The antioxidant activity displayed an order of 14 d>7 d>11 d>20 d>40 d.

Keywords solid bi-directional fermentation; mulberry leaves and Jinhua tea; total flavonoids; total phenolics; *in vitro* antioxidant activity

桑叶茶是由桑叶加工制作而成的新型茶品。桑叶绿茶甘醇香甜;桑叶乌龙茶爽口醇和,有淡淡的花香气息;桑红茶甘醇醇厚,近似香蕉的果香味^[1]。但桑叶茶普遍存在汤色发

黑,豆腥味重,感官品质不佳等问题,为解决这一问题,本课题组调查了众多茶制品,发现茯砖茶具有“醇、厚、甘、甜、滑”的独特品质。这种特殊品质的产生是由于茯砖茶在渥堆发

收稿日期:2014-12-23;修回日期:2015-03-13

基金项目:中国博士后科学基金特别资助项目(2014T70068)

作者简介:王吉成,硕士研究生,研究方向为中药品质评价与鉴定,电子信箱:419723822@qq.com;翟延君(通信作者),教授,研究方向为中药品质评价与鉴定,电子信箱:lnzyzyj@sohu.com

引用格式:王吉成,刘轩,邹先伟,等.桑叶金花茶中酚类物质动态变化及其抗氧化活性[J].科技导报,2015,33(7):95-99.

酵过程中产生一种优势菌——冠突散囊菌(俗称“金花菌”)^[2-4],这种菌在生长代谢过程中产生的多种胞外酶^[5,6](多酚氧化酶、纤维素酶、果胶酶、蛋白酶等),能够促进茶叶内质成分发生复杂变化,在改变茯砖茶口感的同时,又赋予茯砖茶抗氧化、降血脂、减肥等特殊生理功效^[7,8]。

前期实验发现,利用冠突散囊菌单一菌株发酵制备的桑叶金花茶中总黄酮、总多糖含量明显增加。本实验分析发酵过程中桑叶水溶性酚类物质含量的变化规律,以探明桑叶茶在发酵过程中微生物转化产物的分子类型及活性变化。

1 材料

1.1 原料与试剂

桑叶金花茶由本实验室自制;桑叶产自安徽(生产批号20130701),经辽宁中医药大学翟延君鉴定为桑科植物桑 *Morus alba* L. 的干燥叶;冠突散囊菌由清华大学工程物理系粒子技术与辐射成像教育部重点实验室分离获得并鉴定^[9];芦丁购自成都曼斯特生物科技有限公司(纯度≥98%);没食子酸购自中国食品药品检定研究院(纯度≥98%);2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)购自 Amresco 公司;1-1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)购自 Alfa Aesar 公司;维生素C(VC)购自广州化学试剂厂;其余试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

Ultimate™ 3000 HPLC(美国 Dionex 公司);Variokan Flash 型全波长扫描多功能读数仪(美国 Thermo Scientific 公司);SVE-4A1 型垂直流超净工作台(新加坡 ESCO 公司);微量移液器(美国 Thermo 公司);恒温培养箱(德国 MMM 公司);NANOpure 超纯水系统(美国 Barnstead 公司);EYELA 旋转蒸发仪(日本 Eyela 公司)。

2 方法

2.1 固体双向发酵

按照本实验室前期研究中冠突散囊菌孢子菌悬液的制备方法^[10],得到浓度为 $5.0 \times 10^8 \sim 6.0 \times 10^8$ cfu/mL 的菌悬液。称取固体桑叶 8 g 在 120℃ 下湿热灭菌 30 min。待恢复室温后,加入冠突散囊菌孢子菌悬液 50 mL,并在 30℃ 培养箱中培养 7、11、14、20、40 d。

2.2 桑叶双向固体发酵物中水溶性酚类物质制备

将固体发酵不同天数的桑叶按料液比 1:100(质量体积比)加蒸馏水进行煎煮,煎煮时间为 60 min,趁热过滤,残渣按相同比例加蒸馏水再次煎煮,合并两次滤液,将滤液进行浓缩干燥得浸膏。

2.3 桑叶双向固体发酵物中水溶性黄酮测定

精确称量所得浸膏 0.2 g(生药量)置于 15 mL 离心管中,用 3 mL、70% 乙醇超声提取 20 min,重复操作 2 次,最后用 70% 乙醇定容至 10 mL,制得 0.02 g/mL 的供试品溶液。采用三氯化铝比色法^[8],以芦丁为对照品,在 405 nm 处测定发酵物中总黄酮,标准曲线为: $y = 3.6361x + 0.0075$, $r = 0.9996$ 。

2.4 桑叶双向固体发酵物中水溶性酚酸测定

将上述供试品溶液采用福林酚法,在 756 nm 处测定发酵物中总酚酸,标准曲线为: $y = 5.8477x + 0.0152$, $r = 0.9994$ 。

2.5 体外抗氧化活性测定

2.5.1 供试品溶液制备

精确称量发酵不同天数桑叶 0.5 g(生药量),用 2 mL 蒸馏水溶解,超声提取 2 次后,用适量蒸馏水定容至 5 mL,制成质量浓度为 100 mg/mL 的样品溶液。用 70% 乙醇依次稀释,得到质量浓度为:20、12.5、5、4、2、0.8、0.16、0.032 mg/mL 的供试品溶液。

2.5.2 清除 DPPH 自由基活性

参照文献^[11]稍作改动。将 50 μL 不同质量浓度的提取物及不同质量浓度的 VC 对照品溶液分别加入 96 孔板小孔中,加入 150 μL DPPH 溶液,迅速混匀后置于 37℃ 恒温金属加热器上 30 min 后,在 510 nm 处测定溶液吸光度(A),以等体积的 70% 乙醇代替样品溶液作为阴性对照,实验重复 3 次。样品的抗氧化程度用对 DPPH 自由基的清除率表示:

$$\text{清除率} = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] \quad (1)$$

式中, A_0 为阴性对照组吸光度, A_1 为样品组吸光度, A_2 为样品空白对照组吸光度。

半数抑制率(IC_{50})指的是清除率为 50% 时所需抗氧化剂的质量浓度,根据不同质量浓度抗氧化剂的清除率作曲线求出。

2.5.3 清除 ABTS⁺ 自由基活性

参照文献^[12]稍作改动。将 50 μL 不同质量浓度的样品溶液及不同质量浓度的 VC 对照品加入 96 孔板小孔中,再加入 150 μL ABTS 工作液,混匀,室温下反应 30 min,利用 Arioskan Flash 型全波扫描多功能读数仪,在 735 nm 下测定溶液吸光度(A)。阴性对照以 70% 乙醇代替样品溶液,实验重复 3 次。样品的抗氧化程度用对 ABTS⁺ 的清除率表示:

$$\text{清除率} = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] \quad (2)$$

字母含义及 IC_{50} 计算方法同上。

2.5.4 铁离子的还原/抗氧化能力

参照文献^[13]略做改动。将 200 μL 不同质量浓度的样品溶液分别加入 200 μL 磷酸盐缓冲溶液(pH=6.6, 0.2 mol/L)和 200 μL 1% 铁氰化钾溶液中。上述混合物于 50℃ 恒温反应 20 min,冷却后加入 200 μL 10% 的三氯乙酸水溶液终止反应,3000 r/min 离心 10 min。取上清液 400 μL,加等体积蒸馏水,加 80 μL 0.1% FeCl₃ 溶液,混匀。吸取 200 μL 于 700 nm 处测定其吸光度(A)。空白对照以水代替铁氰化钾溶液,其余步骤与样品相同;阴性对照以 70% 乙醇代替样品溶液,阳性对照以 VC 代替样品溶液,其余步骤与样品相同。所有测量值均为 3 个重复的平均值。

2.6 统计分析

采用 SPSS 17.0 统计学软件进行数据分析,组间比较采用单因素方差分析,以 $P < 0.05$ 为显著性差异, $P < 0.01$ 为极显著性差异。

3 结果

3.1 黄酮、酚酸测定结果

经冠突散囊菌发酵后的桑叶茶,其水溶性黄酮、多酚质量分数均随着发酵程度的加深而呈现出先增加后减小的趋势,可见发酵使桑叶金花茶的内质成分发生了改变。具体结果见表1。

表1 桑叶双向固体发酵物中水溶性黄酮、酚酸质量分数
Table 1 Contents of the water soluble total flavonoids and phenolics in solid bi-directional fermentation products

发酵天数/d	水溶性黄酮质量分数/(mg·g ⁻¹)	水溶性多酚质量分数/(mg·g ⁻¹)
7	1.16	1.17
11	2.21	1.20
14	2.16	1.32
20	1.81	1.48
40	1.58	1.10

3.2 桑叶双向固体发酵物体外抗氧化活性

3.2.1 清除DPPH自由基能力

清除DPPH自由基能力的测定结果及IC₅₀分别见图1和表2。从图1可以看出,不同发酵天数的桑叶茶对DPPH自由基均有清除作用,且在实验质量浓度范围内呈现明显的量效关系。不同天数发酵物对DPPH自由基清除能力存在极显著性差异(P<0.01),且清除能力顺序为:14 d>7 d>11 d>20 d>40 d。其中14 d发酵物的IC₅₀为3.85 mg/mL,远高于VC(0.04 mg/mL)。

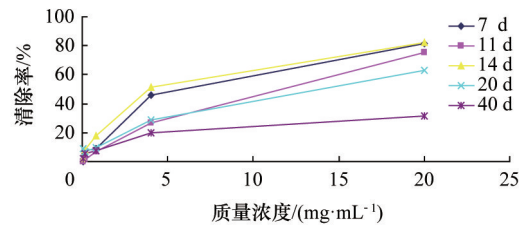


图1 发酵不同天数发酵物清除DPPH自由基能力

Fig. 1 Scavenging capacity of products towards DPPH free radical at different fermentation times

表2 不同天数发酵物的清除自由基能力

Table 2 Scavenging capacity of products towards free radical at different fermentation times

样品	DPPH法			ABTS法		
	线性回归方程	r	IC ₅₀ /(mg·mL ⁻¹)	线性回归方程	r	IC ₅₀ /(mg·mL ⁻¹)
发酵7 d	y=0.0351x+0.1451	0.9494	10.11	y=0.2301x+0.0172	0.9992	2.10
发酵11 d	y=0.0366x+0.0376	0.9881	12.63	y=0.2321x+0.0424	0.9980	1.97
发酵14 d	y=0.1160x+0.0529	0.9907	3.85	y=0.1992x+0.0768	0.9902	2.12
发酵20 d	y=0.0274x+0.0957	0.9813	14.76	y=0.2286x+0.0505	0.9956	1.97
发酵40 d	y=0.0038x+0.1589	0.9340	89.76	y=0.2212x+0.0403	0.9978	2.08
VC	y=12.883x-0.0644	0.9968	0.04	y=25.557x-0.1324	0.9989	0.02

3.2.2 清除ABTS⁺自由基能力

清除ABTS⁺自由基能力的测定结果及IC₅₀分别见图2和表2。从图2可以看出,不同发酵天数桑叶茶对ABTS⁺自由基均有清除作用,且在实验质量浓度范围内呈现明显的量效关

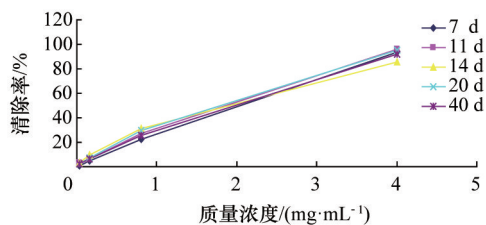


图2 发酵不同天数发酵物清除ABTS⁺自由基能力

Fig. 2 Scavenging capacity of products towards ABTS⁺ free radical at different fermentation times

系。不同天数发酵物对ABTS⁺自由基的清除能力没有显著性差异(P>0.05),且均低于阳性对照VC(IC₅₀=0.026 mg/mL)

3.2.3 铁离子的还原/抗氧化能力

从图3可以看出,随着样品质量浓度增加,吸光度也逐渐

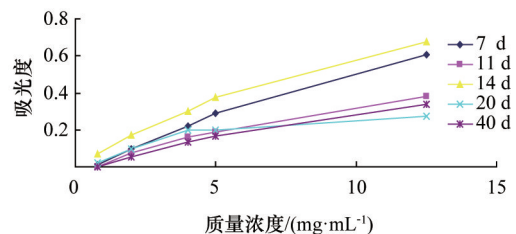


图3 不同天数发酵物的铁离子还原能力

Fig. 3 Ferric-reducing power of products at different fermentation times

增加。表明在实验质量浓度范围内,样品质量浓度越高,还原能力越强。各样品之间对铁离子还原能力存在极显著性差异($P < 0.01$),还原能力大小顺序为:14 d > 7 d > 11 d > 20 d > 40 d。

3.2.4 总多酚、总黄酮质量分数与抗氧化活性的相关性

不同天数发酵物清除DPPH、ABTS⁺自由基能力及铁离子还原能力与总多酚质量分数的相关系数为0.8160、0.2458、0.6282;与总黄酮质量分数的相关系数为0.4680、0.2047、0.5185;而与酚类物质(总黄酮和总多酚)质量分数的相关系数为0.8071、0.3285、0.7357。分析表明,总多酚质量分数与清除DPPH自由基活性相关性最好,呈正相关;铁还原能力与酚类物质质量分数相关性最好,具有正相关;清除ABTS⁺自由基能力与三者质量分数的相关性较差,这也与发酵天数对桑叶提取物的ABTS⁺自由基清除能力无显著性影响相吻合。可以推测桑叶提取物的抗氧化作用是多个成分相互协调的结果^[14]。

4 讨论

4.1 桑叶固体双向发酵物中总多酚和总黄酮的变化

由表1可知,总黄酮和总多酚质量分数在整个固体双向发酵过程中的变化趋势基本相同,均是先升高后降低,这与报道的发酵桑叶茶可使桑叶中总黄酮质量分数呈现先增加后降低的趋势相同^[15]。主发酵期间,总多酚和总黄酮逐渐被浸提出来,质量分数均有所增加,且总多酚的增加量较总黄酮的增加量少且平缓。发酵到14 d时总黄酮质量分数达到峰值2.16 mg/g,而总多酚质量分数在发酵20 d时达到峰值1.48 mg/g,之后两类物质含量均减少,可能是单宁类物质聚合、酚类物质氧化作用的结果^[16,17]。

4.2 桑叶固体双向发酵物抗氧化活性

由结果可知,桑叶固体双向发酵物对DPPH自由基清除能力及铁还原能力二者较为一致地描述了发酵过程中抗氧化活性的变化规律,均为14 d > 7 d > 11 d > 20 d > 40 d,这与发酵过程中水溶性黄酮、总多酚质量分数的增加有一定的关系^[18]。酚类物质中的类黄酮(黄酮、异黄酮、花色苷、黄酮醇等)和酚酸类有极强的抗氧化活性,能清除人体自由基^[19]。但其中发酵7 d比较特殊,可能是发酵过程中产生了某些非酚类物质具有抗氧化活性^[20],却未被检测出来。这是本次实验的不足,有待后续进行有效成分的指认。

5 结论

利用冠突散囊菌对桑叶进行固体双向发酵,可使桑叶中水溶性黄酮及多酚类物质呈现先升高后降低的趋势;其发酵产物的抗氧化活性与酚类物质质量分数变化有一定的关联性,但发酵7 d的抗氧化活性却具有特殊性。

参考文献(References)

[1] 王忠华, 吴月燕, 张燕忠. 不同加工工艺制成桑叶茶的感官品质及营养活性成分分析[J]. 蚕业科学, 2011, 37(2): 272-277.

Wang Zhonghua, Wu Yueyan, Zhang Yanzhong. Analysis on organoleptic quality and nutrient active ingredients of mulberry-leaf teas made by different processing techniques[J]. Science of Sericulture, 2011, 37(2): 272-277.

[2] 温琼英, 刘素纯. 茯砖茶发花中优势菌的演变规律[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增1): 56-62.

Wen Qiongying, Liu Suchun. Evolutionary regulation of dominant fungi in Fuzhuan Brick tea during the Fungus growing process[J]. Journal of Tea Science, 1991, 11(Suppl 1): 56-62.

[3] Xu A, Wang Y, Wen J, et al. Fungal community associated with fermentation and storage of Fu zhuan brick tea[J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 146(1): 14-22.

[4] 陈云兰. 茯砖茶“冠突散囊菌”的分离鉴定及其对茯砖茶品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2004.

Chen Yunlan. "Jinhua fungus": Its taxonomic position and its influence on quality of Fuzhuan Brick tea[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2004.

[5] 蔡正安, 刘素纯, 刘仲华, 等. 茯砖茶中冠突散囊菌纤维素酶的酶学性质研究[J]. 茶叶科学, 2010, 30(1): 57-62.

Cai Zheng'an, Liu Suchun, Liu Zhonghua, et al. Cellulase enzymatic property of *Eurotium cristatum* from brick tea[J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(1): 57-62.

[6] 刘巧林. 液态发酵茶工艺参数及相关酶活性的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2007.

Liu Qiaolin. Studies on technologic parameters of liquid fermentation and interrelated enzyme activity of tea[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2007.

[7] 黄秋桂, 张灵枝, 龚雪梅, 等. 黑茶优势菌对绿茶浸提液发酵过程多酚类化合物的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 164-167.

Huang Qiugui, Zhang Lingzhi, Gong Xuemei, et al. Effect of fermentation with preponderant fungi from dark tea on tea polyphenols of green tea extracts[J]. Journal of Food Science, 2014, 35(11): 164-167.

[8] 欧阳梅, 熊昌云, 屠幼英, 等. 冠突散囊菌对茶叶品质成分及其抗氧化活性影响[J]. 菌物学报, 2011, 30(2): 343-348.

Oyang Mei, Xiong Changyun, Tu Youying, et al. Effects of *Eurotium cristatum* on tea quality and antioxidant activity[J]. Mycosystema, 2011, 30(2): 343-348.

[9] 郝鹏飞. 辣椒叶“金花”菌发酵产物及活性研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.

Hao Pengfei. Study on the fermentation products and activity of pepper leaves and "Jinhua fungus"[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2013.

[10] 王吉成, 刘轩, 徐志伟, 等. 中药桑叶固体发酵前后抗氧化活性的研究[J]. 中国医药导报, 2014, 11(33): 33-38.

Wang Jicheng, Liu Xuan, Xu Zhiwei, et al. Antioxidant activities of the solid fermentation products in mulberry leaves[J]. Chian Medical Herald, 2014, 11(33): 33-38.

[11] Prior R, Wu X, Schaichs K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(10): 4290-4302.

[12] Hu F, Schmidt K, Stoyanoba S, et al. Radical scavengers from the entomogenous deuteromycete *Beauveria amorphpha*[J]. Planta Medica, 2002, 68(1): 64-65.

[13] 张小娜, 邹先伟, 李莹, 等. 茯砖茶不同溶剂提取物抗氧化活性研究

- [J]. 中国医药导报, 2014, 11(10): 9-13.
Zhang Xiaona, Zou Xianwei, Li Ying, et al. Antioxidant activities of different extracts from Fuzhuan Brick Tea[J]. Chian Medical Herald, 2014, 11(10): 9-13.
- [14] 肖洪, 黄先智, 沈以红, 等. 不同发酵条件对桑叶茶生物活性成分含量的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 216-220.
Xiao Hong, Huang Xianzhi, Shen Yihong, et al. Effects of different fermentation conditions on the contents of bioactive ingredients in fermented mulberry leaf tea[J]. Journal of Food Science, 2013, 34(23): 216-220.
- [15] 白海娜, 王振宁, 张华, 等. 多酚类化合物与黑木耳多糖协同抗氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(22): 124-134.
Bai Haina, Wang Zhenning, Zhang Hua, et al. Study on synergistic effect of polyphenols and an Auricularia polysaccharides combination on antioxidant activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(22): 124-134.
- [16] 黄晓杰, 柴哲, 杨忠燕, 等. 蓝莓酒发酵过程中抗氧化物质变化规律研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 103-105.
Huang Xiaojie, Chai Zhe, Yang Zhongyan, et al. Research of the change rules of antioxidant substances of blueberry wines during fermentation[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(17): 103-105.
- [17] 郭敏, 张宝善, 徐辉艳, 等. 柿酒发酵过程中酚类物质的变化规律研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(10): 219-222.
Guo Min, Zhang Baoshan, Xu Huiyan, et al. Study on change regulation of phenolic compounds during persimmon wine fermentation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(10): 219-222.
- [18] 王宁, 张海宁, 马永昆, 等. 蓝莓酒发酵过程中酚类物质动态变化及其抗氧化活性研究[J/OL]. 现代食品科技, [2014-12-05], <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1620.TS.20141205.1157.045.html>.
Wang Ning, Zhang Haining, Ma Yongkun, et al. Study on dynamic change of phenolics and antioxidant activity in the fermentation process of blueberry wine[J/OL]. Modern Food Science and Technology, [2014-12-05], <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1620.TS.20141205.1157.045.html>.
- [19] Patricia B, Remedios C, Jose Antonio S P, et al. Influence of metallic content of fino sherry wine on its susceptibility to browning[J]. Food Research International, 2002, 35: 785-791.
- [20] 谢丽源, 甘炳成, 彭卫红, 等. 灵芝深层发酵产物抗氧化活性与抗氧化能力分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 105-109.
Xie Liyuan, Gan Bingcheng, Peng Weihong, et al. Analysis of antioxidant substances and antioxidant capacity of submerged fermentation product of *Ganoderma lucidum*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(2): 105-109.

(责任编辑 王媛媛)

·学术动态·



中国科学技术协会

2014年度“中国科学十大进展”评选结果揭晓

2015年2月10日,2014年度“中国科学十大进展”评选结果在北京揭晓:

- 1) 阐明独脚金内酯调控水稻分蘖和株型的信号途径;
- 2) 发现新生期心脏具有重新生成冠状动脉的能力;
- 3) 提出并验证了一种既可提高产量又可降低环境成本的种植模式;
- 4) 利用溶液法制备出高性能量子点发光二极管;
- 5) 合成出具有空前硬度和热稳定性的纳米孪晶金刚石;
- 6) 提出并证实极体移植可有效阻断线粒体遗传病的传递;
- 7) 利用极体高通量测序结果精确推演出母源基因组信息;
- 8) 证实青藏高原通过下部地壳物质流动和上部地壳沿断层块体滑移两种方式向东扩张;
- 9) 利用纳米限域的单铁催化剂实现天然气直接制乙烯;
- 10) 发现炎症性半胱天冬酶是胞内细菌脂多糖的先天免疫受体。

“中国科学十大进展”由科学技术部基础研究管理中心组织开展,由《中国基础科学》、《科技导报》、《中国科学院院刊》、《中国科学基金》、《科学通报》5家编辑部从2014年度中国科研机构独立完成或中国科研机构在国际合作中作为主要完成单位取得的自然科学研究成果中推荐270项,评审专家委员会据此评选出30项候选进展,然后请中国科学院院士、中国工程院院士、“973计划”顾问组和咨询组专家、“973计划”项目首席科学家、国家重点实验室主任等专家函评投票选出最终的“中国科学十大进展”。

年度“中国科学十大进展”评选活动始创于2005年,最初由科学技术部基础研究管理中心、科技导报社共同举办,曾命名为“中国基础研究十大新闻”。此次是第10届评选活动。《科技导报》已连续10年参与“中国科学十大进展”评选活动。