

水热法提取龙井长叶中茶多糖工艺优化研究

周宇波¹,李霞飞¹,高岳芳^{1*},肖斌¹,杨亚军^{1,2*}

(1.西北农林科技大学园艺学院,陕西杨陵 712100;2.中国农业科学院茶叶研究所,浙江杭州 310000)

摘要:使用水热法对茶多糖进行提取,以期对茶多糖的提取提供新的思路。以龙井长叶茶树叶片为材料,研究提取时间、提取温度、固液比对茶多糖得率的影响,以正交试验优化提取工艺。结果表明,影响茶多糖得率各因素的主次顺序是提取温度>固液比>提取时间,最佳提取工艺参数为提取温度 120℃,提取时间 90 min,固液比为 1:25(g·mL⁻¹),此工艺条件下龙井长叶中茶多糖得率为 110.23 mg·g⁻¹。

关键词:水热法;茶多糖;提取;工艺优化;龙井长叶

中图分类号:S571.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)01-0207-04

Optimization of Extraction Technology of Polysaccharides by Hydrothermal Method from Longjing-changye (*Camellia sinensis*)

ZHOU Yu-bo¹, LI Xia-fei¹, GAO Yue-fang^{1*}, XIAO Bin¹, YANG Ya-jun^{1,2*}

(1. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310000, China)

Abstract: Hydrothermal method was used for the extraction of tea polysaccharides from Longjing-changye leaves. Effects of extraction time, temperature, and solid/water ratio on the yields of tea polysaccharides were studied. The orthogonal experiment was designed to optimize the extraction conditions. The results showed that the order of the factors affecting the extraction was temperature> time> solid/liquid ratio. The optimum yield of tea polysaccharides was 110.23 mg·g⁻¹ at 120℃ with solid/solvent ratio 1:25(g·mL⁻¹) for 90 min.

Key words: hydrothermal; tea polysaccharide; extraction; technology optimization; Longjing-changye

我国是主要茶叶生产国,茶园总面积居世界第一。然而我国茶叶生产总值并不高,其中一个主要原因是在茶叶的生产加工过程中,大量粗老枝叶和茶叶灰末等副产品常被丢弃,造成了自然资源的巨大浪费。研究发现茶多糖在成熟叶片中的含量比嫩芽中高^[1],并且茶多糖的生物活性也得到了广泛关注与研究^[2-6],为茶树叶片的高值化利用开辟了一条新的途径。

目前茶多糖的提取方法很多,Y. F. Wang^[7]等采用热水浸提法对茶花中多糖进行了提取纯化;何晓梅^[8]等采用酶法辅助提取低档绿茶多糖,并对其

抗氧化活性进行了研究;李继伟^[9]等利用响应面法优化了微波辅助下绿茶多糖提取工艺条件;高仁金^[10]等采用超声波辅助酶法对茶叶废料中茶多糖进行提取。这些提取方法同样适用于其他样品多糖的提取,如张强^[11]等采用超声波辅助法提取南瓜叶多糖,并对其抗氧化活性进行研究;刘婷^[12]等使用超声波法对西洋参多糖的提取工艺进行研究;常昕^[13]等采用水提醇沉法对博湖蘑菇多糖提取工艺进行优化。其中热水浸提法是多糖类提取最常用的方法,但却鲜有提及水热法在多糖提取中的应用。

水热法是指在密封的压力容器中,以水为溶剂,

收稿日期:2017-04-07 修回日期:2017-08-30

基金项目:中央高校基本科研业务费(Z109021424);陕西省农业科技创新与攻关(2016NY-013)。

作者简介:周宇波,女,硕士研究生,研究方向:茶叶生物化学。E-mail:827647908@qq.com

* 通信作者:杨亚军,男,研究员,研究方向:茶树资源与改良。E-mail:yjyang@mail.tricaas.com

高岳芳,女,讲师,研究方向:茶叶化学。E-mail:yuefanggao@nwfufu.edu.cn

在高温高压的条件下进行反应,多应用于纳米材料的合成制备^[14-17]。在密闭反应体系中水受热变成蒸汽并形成一定的压强,茶叶中纤维素、半纤维素的碳链发生裂解,形成分子质量更小的水溶性多糖。水热法不需要添加其他化学物质或酶制剂,生产设备也比微波法和超声波法简单,更适合于工业化生产。

本试验将水热法应用于茶多糖的提取,并结合提取温度、料液比、提取时间 3 个因素研究茶多糖提取得率。运用单因素试验和正交试验优化提取工艺,为茶多糖的提取提供崭新的思路与试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

龙井长叶,陕西省汉中市南郑县牟家坝镇何氏家庭农场多年生茶园的成熟叶片。试验所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

MC-MRH-100 高温高压反应釜(北京满仓科技有限公司);FW-400AD 高速万能粉碎机(天津鑫博得仪器有限公司);80 目标准检验筛(浙江省上虞市大亨桥化验仪器厂);AL204 电子分析天平(梅特勒-托利多有限公司);SHB-Ⅲ循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);WFZ UV-2102C 紫外可见分光光度计(尤尼柯仪器有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 粗多糖提取 将茶树叶片于 80℃ 下烘干、粉碎、过 80 目筛。准确称取茶粉 2 g,并使用搅拌提取的方法,在转速 400 r·min⁻¹ 条件下,利用高温高压反应釜对茶多糖进行水热提取。

1.3.2 粗多糖得率测定 将提取液真空抽滤、弃残渣,滤液定容至 250 mL,定容后的溶液使用苯酚硫酸法^[18]在 490 nm 处测定吸光度值。根据葡萄糖标准曲线得出多糖浓度,再代入多糖得率公式,即得到茶多糖得率。

1.3.3 葡萄糖标准曲线的绘制 精确称取 105℃ 下干燥至恒重的葡萄糖标准品 100 mg,用蒸馏水溶解后定容至 100 mL 容量瓶中,再吸取该溶液 10 mL 至 100 mL 容量瓶中,即得到葡萄糖标准溶液。精确量取 0、0.2、0.4、0.6、0.8 mL 和 1.0 mL 的葡萄糖标准溶液,补水至 1.0 mL,配制成 0、20、40、60、80 μg·mL⁻¹ 和 100 μg·mL⁻¹ 的葡萄糖标准待测液。在葡萄糖标准待测液中加入 1.0 mL 5% 苯酚溶液,混匀后再加入 3.5 mL 浓硫酸,充分混匀,静置 20 min 后在波长 490 nm 处测定吸光度值,以葡萄糖质量浓度 x 为横坐标、吸光度值 y 为纵坐标绘制葡萄糖标准曲线(图 1)。

1.3.4 水热法提取

1.3.4.1 单因素试验 1)不同料液比处理:准确称取已预处理的茶叶粉末 2.0 g,分别按料液比 1:15、1:20、1:25 和 1:30(g·mL⁻¹)于 120℃ 下浸提 60 min。2)不同浸提温度处理:准确称取已预处理的茶叶粉末 2.0 g,在料液比 1:20 条件下,分别于 100、120、140℃ 和 160℃ 条件下浸提 60 min。3)不同浸提时间处理:准确称取已预处理的茶叶粉末 2.0 g,在料液比 1:20(g·mL⁻¹)、120℃ 条件下,分别浸提 30、60、90 min 和 120 min。

1.3.4.2 正交试验 在单因素试验基础上,以粗多糖提取率为考察指标,用正交试验 L₉(3³)优化龙井长叶中茶多糖水热法的提取工艺,设置因素水平(表 1)。

表 1 因素与水平
Table 1 Factors and levels

水平	因素		
	A 提取 时间/min	B 提取 温度/℃	C 固液 比/(g·mL ⁻¹)
1	30	100	1:15
2	60	120	1:20
3	90	140	1:25

1.3.5 样品的测定 吸取样品液 0.1 mL,补水至 1 mL,加入 5% 苯酚 1 mL 混匀后再加 3.5 mL 浓硫酸充分混匀,静置 20 min 后于 490 nm 下测定吸光度。由回归方程求出其浓度。根据浓度和稀释倍数计算茶多糖得率。公式即:

$$\text{多糖得率}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{\text{测量浓度}(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) \times \text{稀释倍数} \times \text{提取液体积}(\text{mL})}{\text{原料干重}(\text{g}) \times 1\,000}$$

(1)

2 结果与分析

2.1 葡萄糖标准曲线

图 1 为葡萄糖标准溶液在波长 490 nm 下建立的标准曲线图,标准曲线为 $y = 0.013x - 0.001$, $R^2 = 0.999$ 。表明在 0~100 μg·mL⁻¹ 的葡萄糖浓度范围内,质量浓度与吸光度值呈良好的线性关系。

2.2 水热法单因素试验结果

2.2.1 提取温度对茶多糖得率的影响 由图 2 可知,随着温度的升高,茶多糖提取率先增加后减少,在 120℃ 时达到最大值 108.26 mg·g⁻¹,之后随着温度的提高,得率下降。说明提取温度升高对茶多糖得率的升高作用有一定的限度,到达极限后再升高温度,反而会使茶多糖得率降低。因此当茶粉质量为 2 g,提取时间为 60 min,固液比为 1:20 时,最佳提取温度为 120℃。

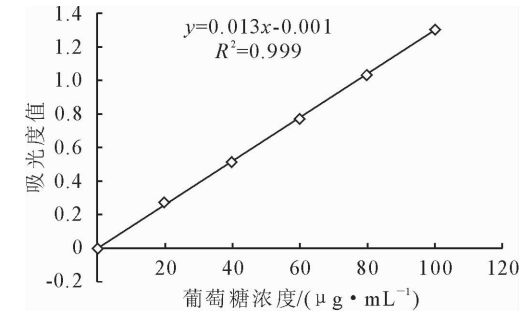


图 1 葡萄糖标准曲线

Fig. 1 Standard curve of glucose

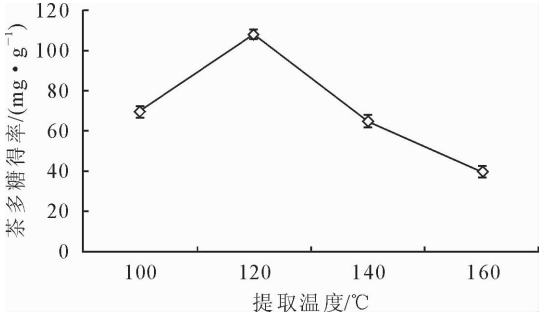


图 2 提取温度对茶多糖得率的影响

Fig. 2 Effect of extraction temperature on tea polysaccharide yield

2.2.2 提取时间对茶多糖提取率的影响 由图 3 可知,随着提取时间的增加,提取率先略有升高再降低,当提取时间为 60 min 时,茶多糖得率最高,为 109.75 mg · g⁻¹,之后增加提取时间反而导致得率下降。说明提取时间的延长对茶多糖得率的升高作用有一定的限度,到达极限后再增加提取时间,反而会使茶多糖得率降低。因此当茶粉质量为 2 g,提取温度为 120℃,固液比为 1 : 20 时,最佳提取时间为 60 min。同时发现,当提取时间为 90 min 时,得率下降并不明显,可知提取时间对多糖得率的影响并不明显。

2.2.3 固液比对茶多糖提取率的影响 由图 4 可知,随着固液比的增加,茶多糖提取率先增加后又减少,且在 1 : 20 时,得率最高,达到 108.45 mg · g⁻¹,说明液料比升高对茶多糖得率的升高作用有一定的限度,到达极限后再升高液料比,反而会使茶多糖得率降低。因此当茶粉质量为 2 g,提取温度为 120℃,提取时间为 60 min 时,最佳提取固液比为 1 : 20。

2.3 正交试验结果

由表 2 中极差 R 值可得,影响茶多糖得率的主要次因素顺序为:提取温度>固液比>提取时间,水热法提取茶多糖的最佳工艺组合为 A₃B₂C₃,即提取温度 120℃、提取时间 90 min、固液比 1 : 25 (g · mL⁻¹)。

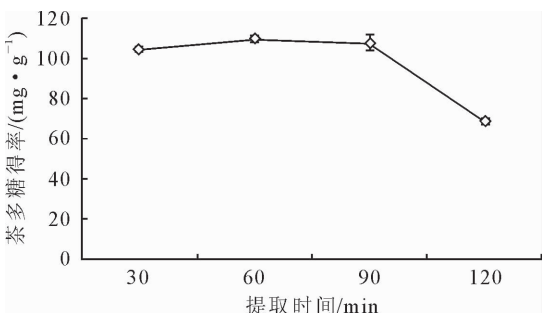


图 3 提取时间对茶多糖得率的影响

Fig. 3 Effect of extraction time on tea polysaccharide yield

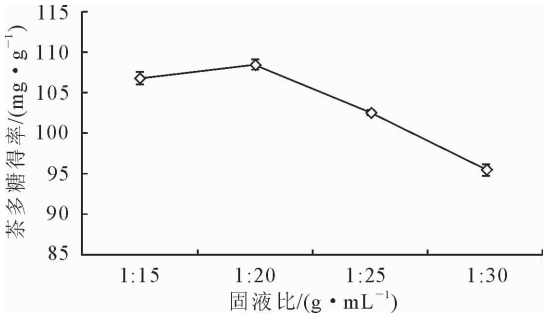


图 4 固液比对龙井长叶中茶多糖得率的影响

Fig. 4 Effect of solid/solvent ratio on tea polysaccharide yield

表 2 龙井长叶中茶多糖提取 L₉(3³)正交试验结果

Table 2 Orthogonal array design L₉(3³)with experimental results of polysaccharide yield from longjing-changye

编号	因素			
	提取时间 /min	提取温度 /℃	固液比 /(g · mL ⁻¹)	得率 /(mg · g ⁻¹)
1	30	100	1 : 15	12.60
2	30	120	1 : 20	99.11
3	30	140	1 : 25	97.50
4	60	100	1 : 20	68.84
5	60	120	1 : 25	100.72
6	60	140	1 : 15	74.99
7	90	100	1 : 25	95.46
8	90	120	1 : 15	97.48
9	90	140	1 : 20	89.41
K1	69.73	58.97	61.69	
K2	81.52	99.10	86.04	
K3	94.12	87.3	97.89	
R	24.39	40.13	36.20	
优水平	A ₃	B ₂	C ₃	
主次因素	B	C	A	

2.4 验证试验

由表 3 可知,按照正交试验优化得到的最佳提取工艺条件,即提取温度 120℃、提取时间 90 min、固液比 1 : 25 (g · mL⁻¹)。平行做了 3 次试验,茶多糖得率达到(110.23±0.49)mg · g⁻¹,高于正交试验表中各试验的结果,且该工艺重现性好,结果可靠。

表 3 验证试验结果

Table 3 The results of verification tests

编号	因素			得率 /(mg·g ⁻¹)
	提取 时间/min	提取 温度/℃	固液 比/(g·mL ⁻¹)	
1	90	120	1 : 25	109.68
2	90	120	1 : 25	110.65
3	90	120	1 : 25	110.36
平均值				110.23

3 结论与讨论

本研究采用水热提取法对龙井长叶中茶多糖进行提取,运用苯酚-硫酸法测定茶多糖得率,并在单因素试验的基础上,通过正交试验优化,得到水热法提取龙井长叶中茶多糖的最佳工艺条件为:提取温度 120℃,提取时间 90 min,固液比 1 : 25 (g·mL⁻¹),多糖得率为 110.23 mg·g⁻¹。

池爱萍^[19]等以紫阳富硒茶为原料,采用传统热水法,对经过 80%乙醇沉淀后的茶渣用 80℃热水浸提 4 h,茶多糖得率为 3.97%,低于本试验中最佳得率 110.23 mg·g⁻¹。郭艳红^[20]等采用酶法,结果表明质量分数 0.8%的茶叶水解酶,在 pH 5.5,温度 48℃的条件下,茶多糖含量最高,得率为 2.01%,同样低于本试验的 110.23 mg·g⁻¹。本试验中茶多糖得率相对于传统热水浸提法和酶提取法较高的原因,一方面与使用水热法有关,当温度高于 100℃时,水受热形成蒸汽使细胞壁中纤维素、半纤维素等亲水性成分和一些分子量较大的多糖充分发生裂解,而且加速了其形成水溶性多糖的时间。另一方面可能与试验中使用搅拌提取有关,搅拌可以提高反应体系的传质速率,缩短反应时间,加快多糖的溶出。因此本试验的提取时间不仅远低于传统热水提取法的浸提时间,还低于酶解法。此外茶多糖的提取率及影响茶多糖提取率的因素主要与茶叶的品种、年龄、生长环境、加工状态、所在器官部位等多种因素有关^[21],这些因素不同也会导致得率的差异。

本试验使用水热法提取茶多糖,为茶多糖的高效、高得率的提取开辟了崭新的途径,进一步开展茶多糖的纯化,结构鉴定和生物活性等方面的探索与分析,将为茶多糖工业化提取及茶多糖在药品、食品等领域的开发提供技术指导。

参考文献:

[1] 肖颖,叶兆伟,余荣珍,等.信阳毛尖茶加工废弃物中茶多糖提取工艺研究[J].湖北农业科学,2011(13):2728-2730.
XIAO Y, YE Z Y, YU R Z, *et al.* Extraction technology of polysaccharide from reject of Xinyang Maojian tea[J]. Hubei Ag-

ricultural Sciences, 2011(13):2728-2730. (in Chinese)

[2] WANG Y, SHAO S, XU P, *et al.* Fermentation process enhanced production and bioactivities of oolong tea polysaccharides[J]. Food Research International, 2012, 46(1):158-166.

[3] 李淑琴,陈海霞,曲志爽,等.红茶多糖的体外抗氧化及糖苷酶抑制活性研究[J].食品安全质量检测学报,2014(6):1615-1620.
LI S Q, CHEN H X, QU Z S, *et al.* Studies in *vitro* antioxidant and glycosidase inhibitory effects of polysaccharides in black tea[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2014(6):1615-1620. (in Chinese)

[4] CHI A P, LI H, KANG C Z, *et al.* Anti-fatigue activity of a polysaccharide conjugates from Ziyang green tea[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 80:556-572.

[5] 蒋成视,谢昆,薛春丽,等.普洱茶多糖抗疲劳作用研究[J].安徽农业科学,2012,40(1):154-155.
JIANG C Y, XIE K, XUE C L *et al.* Study on the effect of the polysaccharide from Pu-erh tea on the anti-fatigue[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(1):154-155. (in Chinese)

[6] 夏道宗,张元君,倪达美,等.安吉白茶多糖抗肿瘤及免疫调节研究[J].茶叶科学,2013,33(1):40-44.
XIA D Z, ZHANG Y J, NI D M, *et al.* Study on antitumor and immune regulation activities of anjibaicha polysaccharide[J]. Journal of Tea Science, 2013, 33(1):40-44. (in Chinese)

[7] WANG Y F, YU L, ZHANG J C, *et al.* Study on the purification and characterization of a polysaccharide conjugate from tea flowers[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2010, 47(2):266-270.

[8] 何晓梅,张颖,许星云,等.低档绿茶多糖的酶法辅助提取及抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2015,36(10):153-157.
HE X M, ZHANG Y, XU X Y, *et al.* Enzymatic-assisted extraction process and antioxidant activities of tea polysaccharide from low quality green tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(10):153-157. (in Chinese)

[9] 李继伟,龚伟发,穆素芬,等.微波辅助提取绿茶多糖条件的响应面优化[J].应用化工,2016,45(11):2009-2012.
LI J W, GONG W F, MU S F, *et al.* Optimization of polysaccharides extraction conditions from green tea by microwave assisted extraction method through response surface analysis[J]. Applied Chemical Industry, 2016, 45(11):2009-2012. (in Chinese)

[10] 高仁金,李天霖.超声波辅助酶法从茶叶废料中提取茶多糖的研究[J].化学工程与装备,2015(12):20-22.
GAO R J, LI T L. Ultrasound bath-assisted enzymatic hydrolysis procedures as extraction technology of tea polysaccharides from tea waste[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2015(12):20-22. (in Chinese)

[11] 张强,王锐,张京芳.南瓜叶多糖提取工艺及抗氧化活性研究[J].西北林学院学报,2016,31(6):232-235.
ZHANG Q, WANG R, ZHANG J F. Extraction and antioxidant activity of polysaccharide from pumpkin leaves[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(6):232-235. (in Chinese)

[28] 殷 贺,李正国,王仰麟,等. 基于时间序列植被特征的内蒙古荒漠化评价[J],地理学报,2011,66(5):653-661.
YIN H,LI Z G,WANG Y L,*et al.* Assessment of desertification using time series analysis of hyper-temporal vegetation indicator in Inner Mongolia[J]. Acta Geographica Sinica, 2011,66(5):653-661. (in Chinese)

[29] 闫伟兄,陈素华,乌兰巴特尔,等. 内蒙古典型草原区植被 NPP 对气候变化的响应[J],自然资源学报,2009,24(9):1625-1634.
YAN W X,CHEN S H,WU L,*et al.* Net primary production in response to climate changes in Inner Mongolia steppe[J]. Journal of Natural Resources. 2009, 24(9):1625-1634. (in Chinese)

[30] 朱文泉,潘耀忠,龙中华,等. 基于 GIS 和 RS 的区域陆地植被 NPP 估算—以中国内蒙古为例[J]. 遥感学报,2005,9(3):300-307.
ZHU W Q,PAN Y Z,LONG Z H,*et al.* Estimating net primary productivity of terrestrial vegetation based on GIS and RS:a case study in Inner Mongolia, China[J]. Journal of Remote Sensing,2005,9(3):300-307. (in Chinese)

[31] 国志兴,王宗明,张 柏,等. 2000-2006 年东北地区植被 NPP 的时空特征及影响因素分析[J]. 资源科学,2008,30(8):1226-1235.
GUO Z X,WANG Z M,ZHANG B,*et al.* Analysis of temporal-spatial characteristics and factors influencing vegetation NPP in northeast China from 2000 to 2006[J]. Resources Science. 2008,30(8):1226-1235. (in Chinese)

[32] 赵国帅,王军邦,范文义,等. 2000—2008 年中国东北地区植被净初级生产力的模拟及季节变化[J]. 应用生态学报,2011,22(3):621-630.
ZHAO G S,WANG J B,FAN W Y,*et al.* Vegetation net primary productivity in Northeast China in 2000—2008: Simulation and seasonal change[J]. 2011,22(3):621-630. (in Chinese)

[33] 蒋冲,王飞,穆兴民,等. 气候变化对陕南汉江流域植被净初级生产力的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(1):51-57
JIANG C,WANG F,MU X M,*et al.* Effects of climate changes on net primary productivity(NPP) of vegetation in Han River basin[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013,28(1):51-57. (in Chinese)

[34] 吴文浩,李明阳,卜子汇. 基于开放式数据库的江苏省植被净生产力遥感估测方法研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(5):146-151
WU W H ,LI M Y ,BU Z H. Estimation of net primary productivity of vegetation in jiangsu province based on open datasets[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010,25(5):146-151. (in Chinese)

(上接第 210 页)

[12] 刘婷,金瑞. 超声波法提取西洋参多糖的工艺研究[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):174-177.
LIU T,JIN R. Technology of ultrasonic wave assisted extraction of polysaccharides from *Panax quinque folium*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(3):174-177. (in Chinese)

[13] 常昕,杜双田,江微,等. 博湖蘑菇多糖水提醇沉法提取工艺的优化[J]. 西北林学院学报,2011,26(4):193-195.
CHANG X,DU S T,JIANG W,*et al.* Optimization of water extraction and alcohol precipitate technology of polysaccharide from Bohu mushroom[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(4):193-195. (in Chinese)

[14] 易静,颜文斌,张晓君,等. 水热法制备纳米二氧化钒粉体[J]. 精细化工,2016(4):361-365.
YI J,YAN W B,ZHANG X J,*et al.* Hydrothermal synthesis of nano vanadium oxide powder[J]. Fine Chemicals,2016(4):361-365. (in Chinese)

[15] 晏发春,汪恂,朱雷,等. 水热法制备纳 TiO₂ 处理染料废水实验研究[J]. 水处理技术,2016(2):27-29.
YAN F C,WANG X,ZHU L,*et al.* Experimental study of hydrothermal nano TiO₂ treatment of dye wastewater[J]. Technology of Water Treatment, 2016(2):27-29. (in Chinese)

[16] 周岱,雷倩,陈晓红,等. 水热法制备纳米酚醛树脂微球的研究[J]. 北京化工大学学报:自然科学版,2016(4):53-58.
ZHOU D,LEI Q,CHEN X H,*et al.* Preparation of nano-sized phenolic resin microspheres by a hydrothermal method[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology: Natural Science,2016(4):53-58. (in Chinese)

[17] 李红,边孟孟. 水热法制备纳米三氧化钨及其催化性能[J]. 西安工程大学学报,2016(1):33-36.
LI H,BIAN M M. Characterization and catalytic performance of synthesized WO₃ by hydrothermal method[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University,2016(1):33-36. (in Chinese)

[18] 刘畅. 热水法、微波辅助法及超声辅助法提取桔梗多糖的比较研究[J]. 当代化工,2016,45(7):1351-1353.
LIU C. Comparison of hot-water method, microwave extraction method and ultrasonic method for extracting polysaccharide in *Platycodon grandiflorum*[J]. Contemporary Chemical Industry,2016,45(7):1351-1353. (in Chinese)

[19] 池爱萍,李虹,康琛喆,等. 富硒茶多糖的提取及其对运动疲劳恢复的影响[J]. 食品科学,2014,35(13):240-244.
CHI A P,LI H,KANG S Z,*et al.* Extraction of polysaccharides from selenium-rich tea and their influence on fatigue and recovery after exercise[J]. Food Science. 2014,35(13):240-244. (in Chinese)

[20] 郭艳红,魏新林,王元凤. 酶法提取茶多糖工艺条件的研究[J]. 农产品加工,2009(4):4-7.
GUO Y H,WEI X L,WANG Y F. Study on enzymatic extraction processing of tea polysaccharides[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2009(4):4-7. (in Chinese)

[21] 于淑池,林静. 龙井茶多糖的提取工艺研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(8):4776-4778.
YU S C,LIN J. Research on the extraction technology of tea polysaccharide from longjing tea[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2011,39(8):4776-4778. (in Chinese)