

# 百香果叶总酚的提取工艺优化、抗氧化活性及其抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性

许海棠<sup>1,2</sup>, 田程飘<sup>2</sup>, 赵彦芝<sup>2</sup>, 廖华珍<sup>2</sup>, 申利群<sup>2</sup>, 周菊英<sup>2,\*</sup>

(1. 广西民族大学海洋与生物技术学院, 广西高校微生物与植物资源利用重点实验室, 广西南宁 530008;  
2. 广西民族大学化学化工学院, 广西林产化学与工程重点实验室, 广西南宁 530008)

**摘要:**目的:旨在研究百香果叶多酚的提取工艺及其生物活性。方法:应用微波辅助提取百香果叶多酚,并考察乙醇体积分数、微波功率、微波时间及料液比四个单因素对总酚提取量的影响,在单因素试验基础上采用正交实验设计对总酚的提取工艺进行优化;采用测定清除3种自由基能力和总还原力的方法对其抗氧化性进行评估;并测定了百香果叶多酚对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制作用。结果:提取百香果叶总酚的最佳工艺条件为:乙醇体积分数60%,微波功率400 W,微波时间20 min,料液比1:40 g/mL;在此条件下百香果叶总酚提取量为(2.200 ± 0.015) mg/g。结论:百香果叶多酚具有较好的抗氧化活性和抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的作用。  
**关键词:**百香果叶,多酚,微波辅助提取,抗氧化, $\alpha$ -葡萄糖苷酶

## Optimization Extraction Processing, Antioxidant Activity and Inhibition of $\alpha$ -Glucosidase Activity of Total Polyphenols from Leaves of *Passiflora edulis*

XU Hai-tang<sup>1,2</sup>, TIAN Cheng-piao<sup>2</sup>, ZHAO Yan-zhi<sup>2</sup>, LIAO Hua-zhen<sup>2</sup>, SHEN Li-qun<sup>2</sup>, ZHOU Ju-ying<sup>2,\*</sup>

(1. Guangxi Colleges and Universities Key Laboratory of Utilization of Microbial and Botanical Resources, School of Marine Sciences and Biotechnology, Guangxi University for Nationalities, Nanning 530008, China;  
2. Guangxi Key Laboratory of Chemistry and Engineering of Forest Products, School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University for Nationalities, Nanning 530008, China)

**Abstract:** Objective: To study the extraction process and bioactivity of polyphenols from leaves of *Passiflora edulis* leaves. Methods: Extraction content of polyphenols from *Passiflora edulis* leaves was carried out by microwave-assisted method. The effects of ethanol volume fraction, microwave power, microwave time and ratio of material to liquid on the extraction of polyphenols were investigated. The orthogonal design was used to optimize the extraction process of polyphenol on the basis of single factor experiment. The antioxidant activity was evaluated by three kinds of free radical scavenging assays and reducing power assay. And the inhibitory effect on  $\alpha$ -glucosidase was determined. Results: The optimum conditions were as follows: Alcohol volume fraction 60%, microwave power 400 W, microwave time 20 min, ratio of material to liquid 1:40 g/mL, and the total polyphenols yield was up to (2.200 ± 0.015) mg/g. Conclusion: The polyphenols extracted from the leaves of *Passiflora edulis* revealed good antioxidant activity and inhibition of  $\alpha$ -glucosidase.

**Key words:** *Passiflora edulis* leaves; polyphenols; microwave-assisted extraction; antioxidant;  $\alpha$ -glucosidase

中图分类号: TS255.1 文献标识码: B 文章编号: 1002-0306(2019)20-0223-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.20.035

引文格式: 许海棠, 田程飘, 赵彦芝, 等. 百香果叶总酚的提取工艺优化、抗氧化活性及其抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 223-227, 236.

百香果(*Passiflora edulis*)又称为鸡蛋果,属西番莲科,是草质藤本植物。它的果实独具特色,果汁芳香怡人,富含维生素C及多种氨基酸、矿物质,深受人们喜爱。研究表明,百香果及其副产物(果叶、果皮、种籽)含有酚类、黄酮苷类、生物碱、三萜类等化

学成分<sup>[1]</sup>,具有抗疲劳、抗焦虑、抗成瘾、抗炎、降血压等药理作用<sup>[2-4]</sup>。百香果叶在欧洲及南美洲还可用于治疗酒精中毒、偏头痛、神经紧张等<sup>[5]</sup>。

目前,对百香果的研究报道主要有百香果籽油提取工艺和化学成分分析<sup>[6-7]</sup>,百香果果皮的多糖提

收稿日期: 2019-01-03

作者简介: 许海棠(1975-),女,硕士,高级实验师,研究方向:天然药物资源的开发研究, E-mail: xhtshellen@163.com。

\* 通讯作者: 周菊英(1979-),女,博士,教授,研究方向:天然产物资源的研究与开发, E-mail: zhoujuying@126.com。

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(2018GXNSFAA281243);广西高校中青年教师基础能力提升项目(2018KY0172);广西民族大学校级项目(2017MDYB004);广西科技基地和人才专项(桂科 AD18126005)。

取及其抗氧化性<sup>[8]</sup>和果皮的花青素提取及其稳定性<sup>[9]</sup>,还有果汁的抑菌性等<sup>[10]</sup>。百香果叶作为果园、农场产生的废弃物,是广泛的生物活性化合物的来源。近年来对植物多酚的研究越来越多,植物多酚来源广泛,是一种理想的天然还原性物质,它所具有的抗氧化性能比普通的抗氧化剂强。但迄今为止,未见有从百香果叶中提取多酚及其抗氧化作用方面的研究报道,所以本研究拟采用微波法从百香果叶中提取多酚,通过研究百香果叶多酚对羟自由基、二苯代苦味酰(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基和2,2'-联氨-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate), ABTS)自由基的清除能力以及测定总还原力来评估百香果叶的抗氧化活性,并结合 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制实验,为百香果的附加价值的开发研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

百香果叶 树龄:2年,2018年11月采摘自广西南宁市市郊区果园;DPPH、ABTS、 $\alpha$ -葡萄糖苷酶、4-硝基苯- $\alpha$ -D-吡喃葡萄糖苷(4-N-trophenyl- $\alpha$ -D-glu-copyranoside, pNPG) 购自Sigma公司;福林酚、邻菲罗啉、三氯乙酸、铁氰化钾、硫酸亚铁、碳酸钠、2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(butylated hydroxytoluene, BHT)、乙醇等 国产分析纯,购自国药集团。

XH-MC-1型祥鸽微波合成反应器 北京祥鸽科技发展有限公司;UV-5100紫外可见分光光度计 上海元析仪器有限公司;CMP-TA-20L型超纯水器 成都优越科技有限公司;HH-S型恒温水浴锅 巩义市予华仪器有限责任公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 百香果叶多酚的提取 新鲜干净的百香果叶晾至半干后,置于干燥箱中45℃烘干至恒重,粉碎后过60目筛,密封避光保存于-18℃冰箱备用。精密称取百香果叶粉末2.00g,按一定的料液比加入一定体积分数的乙醇溶液浸泡30min,放入微波炉中在一定的微波功率下提取一定时间,过滤,滤渣用乙醇溶液洗涤2次,合并滤液,用同体积分数的乙醇溶液定容至100mL,用紫外分光光度计测定提取液中的总酚含量。

1.2.2 总酚的含量测定 标准曲线的绘制参照文献[11],采用福林-酚比色法。配制浓度为20、40、60、80、100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的没食子酸标准溶液,分别精密量取各标准溶液0.1mL置于5支试管中,加入0.5mL的福林酚试剂和7.9mL的水,反应5min后,加1.5mL的1g/L碳酸钠溶液,避光放置2h后于765nm处测定吸光值。得回归方程为 $y = 0.0106x + 0.174$ ,  $R^2 = 0.9991$ (浓度范围为20~100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )。

精密量取定容好的提取液0.1mL置于试管中,按上述方法处理后测定吸光值,由标准曲线回归方程计算总酚含量,结果以每克百香果叶中含有相当没食子酸的毫克数来表示(mg/g)。

1.2.3 单因素试验 精密称取一定量的百香果叶粉末加入乙醇溶液浸泡30min后放入微波炉中于不同

功率下提取一定时间后,测定提取液中的总酚含量。设定料液比1:30 g/mL,微波功率为400W,不同体积分数的(40%、50%、60%、70%、80%)的乙醇溶液为溶剂,提取10min;溶剂为50%乙醇溶液,料液比1:30 g/mL,置于不同微波功率(200、300、400、500、600、700W)提取10min;微波功率为400W,溶剂为50%乙醇溶液,料液比1:30 g/mL,分别提取(5、10、15、20、25min);微波功率为400W,溶剂为50%乙醇溶液,料液比(1:15、1:20、1:30、1:40、1:50 g/mL),提取15min。提取液中的总酚含量为考察指标。

1.2.4 正交实验 选择乙醇体积分数、微波功率、微波时间、料液比为百香果叶总酚提取量的影响因素,根据单因素试验结果,按 $L_9(3^4)$ 正交试验表对提取条件进行优化设计,探讨最佳提取工艺,因素水平见表1。

表1 正交实验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素			
	A 乙醇体积分数(%)	B 微波功率(W)	C 微波时间(min)	D 料液比(g/mL)
1	40	300	10	1:30
2	50	400	15	1:40
3	60	500	20	1:50

1.2.5 抗氧化实验 将提取液在50℃下真空旋干,得到百香果叶总酚粗提物,采用DMSO溶解,超纯水稀释配制成不同质量浓度的样品溶液,用于活性实验测试。

1.2.5.1 羟自由基清除能力的测定 配制好相同浓度的样品溶液和BHT溶液(100、200、300、400、500  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ),其余参考文献[12]。各反应液充分混合均匀后,用紫外可见分光光度计在536nm处测反应液吸光值,计算清除率。

$$\text{羟自由基清除率}(\%) = [(A_{\text{管}} - A_{\text{损}}) / (A_{\text{未}} - A_{\text{损}})] \times 100$$

式中: $A_{\text{未}}$ 为未损伤管吸光值, $A_{\text{损}}$ 为损伤管吸光值, $A_{\text{管}}$ 为样品管吸光值。

1.2.5.2 DPPH自由基清除能力的测定 参照文献[13]中的方法,配制浓度为0.1mmol/L的DPPH溶液,以及浓度为20、40、60、80、100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的样品溶液与BHT溶液,参考文献进行实验,在517nm波长处测定百香果叶总酚及对照品BHT对DPPH自由基的清除能力,计算清除率。

$$\text{DPPH自由基清除率}(\%) = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] \times 100$$

式中: $A_0$ 为DPPH·溶液5.0mL+无水乙醇5.0mL的吸光值; $A_1$ 为DPPH·溶液5.0mL+样品溶液5.0mL的吸光值; $A_2$ 为样品溶液5.0mL+无水乙醇5.0mL的吸光值。

1.2.5.3 ABTS自由基清除能力的测定 参考文献[14]中的方法,配制好在734nm波长处的吸收值为 $0.7 \pm 0.002$ 的 $\text{ABTS}^+$ 溶液,以及浓度为20、40、60、80、100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的样品溶液与BHT溶液。将3.9mL  $\text{ABTS}^+$ 溶液与0.1mL不同浓度的样品溶液混合摇匀,在室温条件下反应6min后,用紫外可见分光光

度计在 734 nm 波长处测定其吸光值,计算清除率。

$$ABTS \text{ 自由基清除率}(\%) = [(A_{空} - A_{样}) / A_{空}] \times 100$$

式中:  $A_{空}$  为 ABTS<sup>+</sup> 溶液的吸光值;  $A_{样}$  为 3.9 mL ABTS<sup>+</sup> 溶液 + 0.1 mL 样品溶液的吸光值。

1.2.5.4 总还原力测定 参照文献[15], 配制好浓度为 10、20、30、40、50  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的样品溶液和 BHT 溶液以及反应需要的各溶液。参照文献中的方法, 依次加入上述所需溶液和样品溶液, 反应后静置 10 min, 在 700 nm 处测定, 记录吸光值。

1.2.6 百香果叶总酚对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制作用 参照文献[16], 首先配制好 0.1 mmol/L 磷酸盐缓冲溶液(phosphate buffer saline, PBS, pH6.8), 接着用 PBS 配制好 0.2 U/mL 的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶溶液和 2.5 mmol/L 的 pNPG 溶液, 并配好终止剂 0.2 mol/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液。样品溶液和阿卡波糖溶液浓度为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mg/mL, 参照文献中的实验步骤进行操作, 在 405 nm 处测定吸光值, 计算百香果叶总酚样品对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制率。

$$\alpha\text{-葡萄糖苷酶抑制率}(\%) = [1 - (A_{样品} - A_{样品空白}) / (A_{酶活} - A_{酶活空白})] \times 100$$

式中:  $A_{样品}$  为酶液 + 样品测得的吸光度值;  $A_{样品空白}$  为磷酸盐缓冲液 + 样品测得的吸光度值;  $A_{酶活}$  为酶液 + 溶剂测得的吸光度值;  $A_{酶活空白}$  为磷酸盐缓冲液 + 溶剂测得的吸光度值。

### 1.3 数据处理

所有样品均设 3 个重复实验操作, 运用 EXCEL 和 SPSS 17.0 软件进行数据分析, 测定结果以“平均值  $\pm$  标准差”表示, 并采用 Origin 7.5 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验结果

2.1.1 乙醇体积分数对百香果叶总酚提取效果的影响 如图 1 所示, 总酚的提取量首先随乙醇浓度的增大而升高, 当乙醇体积分数为 50% 时, 总酚提取量达到最高值 0.952 mg/g, 当乙醇体积分数继续增大, 总酚提取量呈现下降趋势。用 50% 乙醇溶液提取, 多酚溶出最多的原因是这时体系中的百香果叶多酚的极性和乙醇溶液的极性相近, 多酚易于从植物细胞中释放<sup>[17]</sup>。因此选取 50% 为最佳乙醇体积分数。

2.1.2 微波功率对百香果叶总酚提取效果的影响 如图 2 所示, 随着微波功率的提高, 多酚的溶出量明显增大, 当微波功率为 400 W 时达到最大, 再增加微波功率后, 提取率却呈明显下降。功率较低时, 微波很难穿透细胞传送热量, 以至于物质分子只接收到低温度, 因此分子运动不快, 阻碍了多酚的溶出。随着功率增大温度升高, 植物细胞快速破裂, 进而促进了溶剂对多酚的溶解。而过高的微波功率穿透力很强, 容易产生高温, 破坏多酚结构<sup>[17]</sup>。所以, 在此研究中初步选择 400 W 为最优微波功率。

2.1.3 微波时间对百香果叶总酚提取效果的影响 由图 3 可知, 百香果叶中多酚物质的提取量随着微波时间的增长先增加后下降, 在 15 min 处出现最高值, 为 1.08 mg/g。微波时间增长, 溶液温度会慢

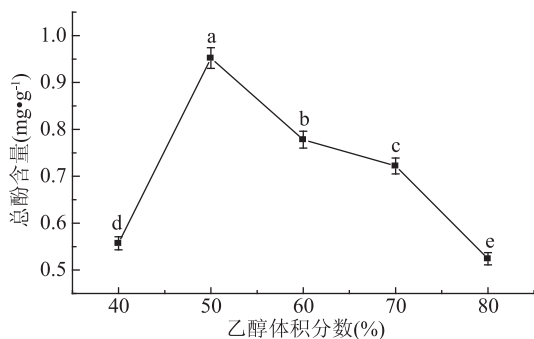


图1 乙醇体积分数对总酚提取量的影响

Fig.1 Effects of ethanol volume fraction on the yield of total polyphenols

注:不同小写字母表示差异显著,  $P < 0.05$ ; 图 1~图 4 同。

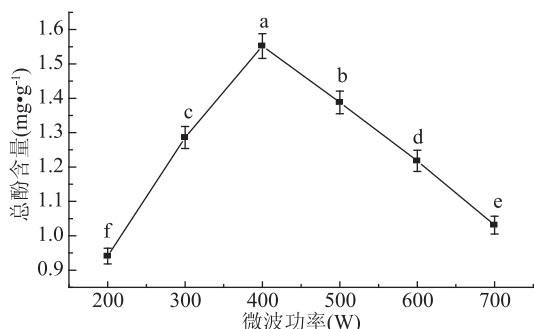


图2 微波功率对总酚提取量的影响

Fig.2 Effect of microwave power on the yield of total polyphenols

慢升高, 一方面使得乙醇容易挥发, 另一方面多酚物质的化学结构易被高温破坏, 植物的杂质溶出也会增多, 使得多酚的提取效果降低<sup>[18]</sup>。所以在此研究中选择 15 min 为最佳微波时间。

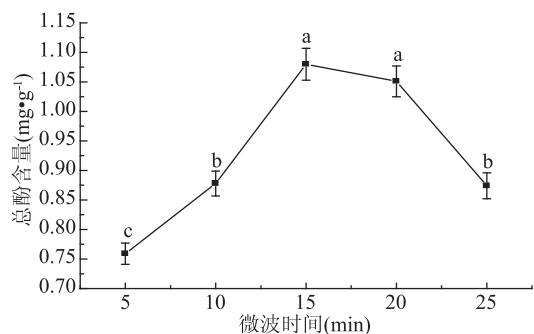


图3 微波时间对总酚提取量的影响

Fig.3 Effect of microwave time on the yield of total polyphenols

2.1.4 料液比对百香果叶总酚提取效果的影响 考察结果如图 4 所示。多酚含量随着料液比加大而逐渐增大, 最大值出现在料液比为 1:40 g/mL。料液比增大能够加快传质过程<sup>[19]</sup>, 当料液比大于 1:40 g/mL 后, 多酚的含量出现了下降趋势, 液料比过大还易造成试剂的浪费。因此, 综合考虑选 1:40 g/mL 为最佳料液比。

### 2.2 正交实验结果

正交实验与方差分析结果见表 2、表 3。从表 2 的 k 值算法可确定微波辅助提取的最优条件是

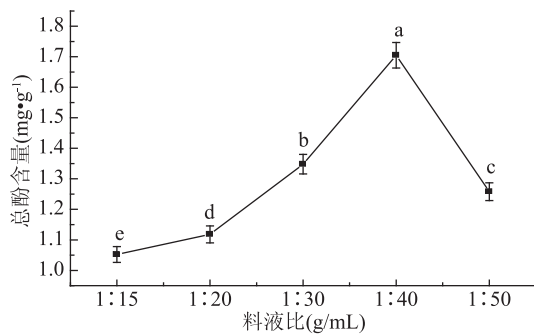


图4 料液比对总酚提取量的影响

Fig.4 Effect of material to liquid ratio on the yield of total polyphenols

$A_3B_2C_3D_2$ , 即乙醇体积分数 60%, 微波功率 400 W, 微波时间 20 min, 料液比 1:40 g/mL。极差越大, 则表明该因素对于总酚提取量的影响越大。比较极差值的大小可知, 四个因素对总酚提取的影响次序为: A(乙醇体积分数) > C(微波时间) > D(料液比) > B(微波功率)。而从方差分析表可知, A 因素即乙醇体积分数具有显著性, 是影响提取效果的重要因素。

表2 正交实验结果

Table 2 The results of orthogonal test method

实验号	A	B	C	D	总酚含量 (mg/g)
1	1	1	1	1	0.545
2	1	2	2	2	0.832
3	1	3	3	3	1.102
4	2	1	2	3	0.926
5	2	2	3	1	1.284
6	2	3	1	2	1.013
7	3	1	3	2	1.928
8	3	2	1	3	1.406
9	3	3	2	1	1.002
$k_1$	0.826	1.133	0.988	0.944	
$k_2$	1.074	1.174	0.920	1.258	
$k_3$	1.445	1.039	1.438	1.145	
R	0.619	0.135	0.518	0.314	

表3 方差分析结果

Table 3 The results of variance analysis

方差来源	偏差平方和	自由度	F 值	显著性
A	0.582	2	20.069	*
B(误差)	0.029	2	1.000	
C	0.475	2	16.379	
D	0.152	2	5.241	

注:  $F_{0.05}(2,2) = 19.0$ ;  $F_{0.01}(2,2) = 99.0$ 。

### 2.3 验证实验

按照正交实验 k 值计算法获得的最佳工艺参数  $A_3B_2C_3D_2$  进行验证性实验, 得到总酚提取量为  $(2.200 \pm 0.015)$  mg/g; 按正交实验第七组实验工艺参数  $A_3B_1C_3D_2$  进行验证性实验, 得到总酚提取量为  $(1.896 \pm 0.016)$  mg/g。采用 SPSS 软件分析, 两组数据存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 因此, 选定最佳提取

工艺为  $A_3B_2C_3D_2$ 。

### 2.4 抗氧化实验

2.4.1 百香果叶总酚对羟自由基的清除能力 百香果叶总酚对羟自由基的清除能力实验结果如图 5 所示。百香果叶总酚对羟自由基有明显的清除作用, 在实验浓度范围内, 其清除率随着浓度的增加而增强, 呈量效关系。当浓度为 200  $\mu\text{g/mL}$  时, 对照品 BHT 清除率只有 21.7%; 而百香果叶总酚清除率为 61.2%, 与 BHT 浓度为 400  $\mu\text{g/mL}$  时的清除率相当。本研究中, 百香果叶总酚对羟自由基的清除能力明显强于 BHT。

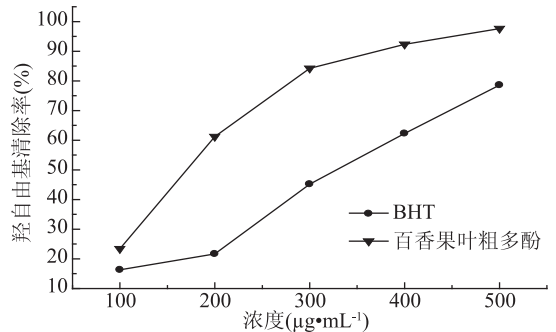


图5 百香果叶总酚和 BHT 对羟自由基的清除作用

Fig.5 Scavenging effect of total polyphenols extracted

from *Passiflora edulis* leaves and BHT on hydroxyl free radical

2.4.2 百香果叶总酚对 DPPH 自由基的清除能力 如图 6 所示, 浓度从 20  $\mu\text{g/mL}$  升到 100  $\mu\text{g/mL}$  时, 百香果叶总酚对 DPPH 自由基的清除率从 38.6% 升到 99.2%; BHT 溶液的清除率从 24.2% 升到 67.5%。两者相比较, 百香果叶总酚对 DPPH 自由基的清除率增幅明显。由此可见, 百香果叶总酚具备良好的清除 DPPH 自由基能力。

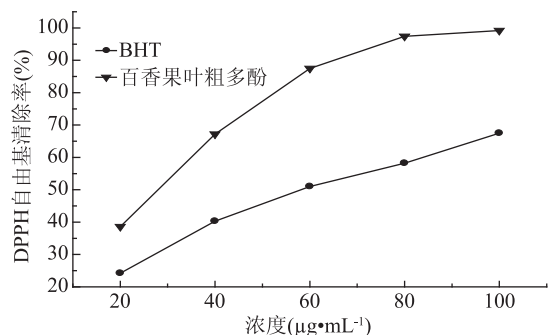


图6 百香果叶总酚和 BHT 对 DPPH 自由基的清除作用

Fig.6 Scavenging effect of total polyphenols extracted

from *Passiflora edulis* leaves and BHT on DPPH free radical

2.4.3 百香果叶总酚对 ABTS 自由基的清除能力 百香果叶总酚对 ABTS 自由基的清除能力结果如图 7 所示。在 20  $\mu\text{g/mL}$  浓度时, 百香果叶总酚就有了较好的清除率 (40.2%), 当浓度升到 100  $\mu\text{g/mL}$  时, 清除率达到了 98.2%。而人工合成抗氧化剂 BHT 的浓度要达到 60  $\mu\text{g/mL}$  时, 清除率才有 38.1%; 浓度为 100  $\mu\text{g/mL}$  时, 清除率才达到 63.2%, 两组数据存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。说明百香果叶总酚具有良好的清除 ABTS 自由基的能力。

2.4.4 百香果叶总酚的还原能力 从图 8 可知, 百香

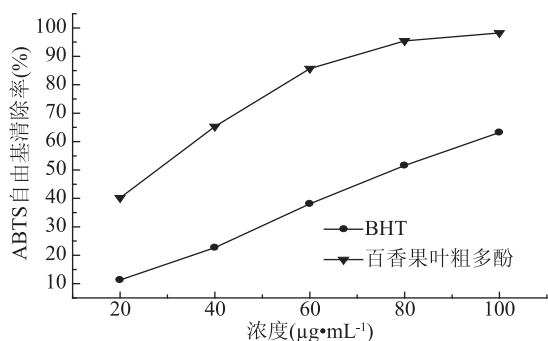


图7 百香果叶总酚和 BHT 对 ABTS 自由基的清除作用

Fig.7 Scavenging effect of total polyphenols extracted from *Passiflora edulis* leaves and BHT on ABTS free radical

果叶总酚和 BHT 的吸光度都随着质量浓度的增加而增大,在浓度为 10~40 μg/mL 范围内,BHT 的还原能力比百香果叶总酚稍强;当浓度为 50 μg/mL 时,百香果叶总酚的还原能力接近 BHT。说明百香果叶总酚具有较好的还原能力。

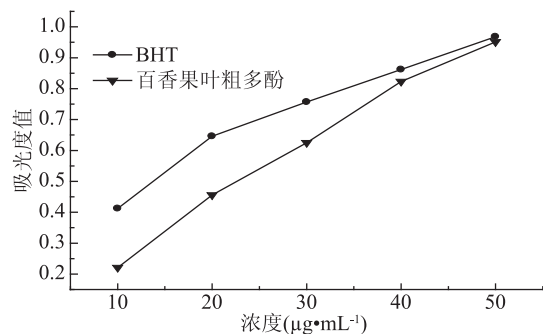


图8 百香果叶总酚和 BHT 的还原能力

Fig.8 Reducing power of total polyphenols extracted from *Passiflora edulis* leaves and BHT

### 2.5 对 α-葡萄糖苷酶抑制作用

百香果叶总酚对 α-葡萄糖苷酶抑制活性实验是依据以无色的 pNPG 作底物,经酶解后在 405 nm 波长处有特殊吸收的这个性质,通过比较加入抑制剂前后吸光值的大小,计算得出 α-葡萄糖苷酶的抑制能力。抑制能力的强弱与吸光值的大小呈反比关系。百香果叶总酚对 α-葡萄糖苷酶的抑制能力如图 9 所示。当浓度为 0.2 mg/mL 时,百香果叶中总酚和阿卡波糖的 α-葡萄糖苷酶抑制率接近,约为 25%;随着浓度增大,两者抑制率差距逐渐增大,当浓度为 1.0 mg/mL 时,百香果叶总酚抑制率为 65.3%,阿卡波糖浓度的抑制率为 72.7%,两者不存在显著差异 ( $P > 0.05$ )。实验结果表明,百香果叶总酚对 α-葡萄糖苷酶的抑制作用稍弱于阿卡波糖。

### 3 结论

本研究通过正交实验确定了微波辅助提取百香果叶总酚的最佳工艺为:乙醇体积分数 60%,微波功率 400 W,微波时间 20 min,料液比 1:40 g/mL;在此条件下百香果叶总酚提取量为  $(2.200 \pm 0.015)$  mg/g。体外抗氧化实验表明:百香果叶总酚对几种自由基具有良好的清除作用,优于人工合成抗氧化剂 BHT;对 α-葡萄糖苷酶的抑制作用稍弱于阿卡波糖。由此可

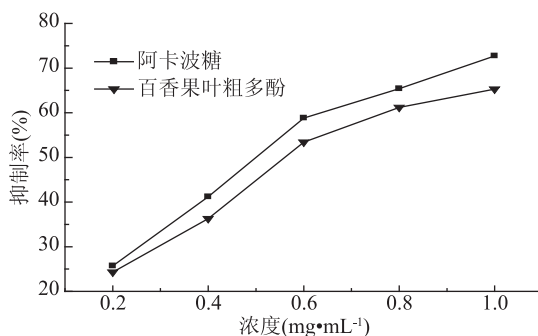


图9 百香果叶总酚和阿卡波糖对 α-葡萄糖苷酶抑制作用

Fig.9 Inhibition effect of total polyphenols extracted from *Passiflora edulis* leaves and acarbose towards α-glucosidase

见,百香果叶多酚在抗氧化和降低血糖方面具有很好的功效。百香果叶作为一种简单而廉价的天然抗氧化剂来源且具有较好的抗糖尿病功能食品的开发价值,可望进一步研究开发用于食品、美容及医药领域。

### 参考文献

[1] 梁倩,李咏富,龙明秀,等.百香果化学成分及药理活性研究进展[J].食品工业科技,2018,39(20):343-347.

[2] Apabarbosa P R, Valvassori S S, Jr B C, et al.The aqueousextracts of *Passiflora aalata* and *Passiflora edulis* reduce anxiety-related behaviors without affecting memory process in rats [J].Journal of Medicinal Food,2008,2(11):282-288.

[3] Coleta M, Batista M T, Campos M G, et al. Neuropharmacological evaluation of the putative anxiolytic effects of *Passiflora edulissims*, its sub-fractions and flavonoid constituents [J].Phytotherapy Research, 2006, 20(12): 1067-1073.

[4] Apasena L M, Zucolotto S M, Reginatto F H, et al.Neuropharmacological activity of the pericarp of *Passiflora edulis* flavicarpa degener: Putative involvement of c-glycosyl flavonoids[J]. Experimental Biology & Medicine,2009,234(8): 967-975.

[5] Li H W, Zhou P, Yang Q Q, et al.Comparative studies on anxiolytic activities and flavonoid compositions of *Passiflora edulis* 'edulis' and *Passiflora edulis* 'flavicarpa' [J]. Journal of Ethnopharmacology,2011,133(3):1085-1090.

[6] 程谦伟,孟陆丽,何仁,等.响应面优化微波辅助提取百香果籽油工艺研究[J].粮食与油脂,2010,(5):20-22.

[7] 许晓静,陶志华.黄色和紫色百香果籽油抗氧化作用的对比研究[J].食品工业科技,2016,37(11):49-52,57.

[8] 黄斌,欧韦芳.百香果总糖含量及抗氧化酶活性的测定研究[J].安徽农学通报,2017,23(1):94-95.

[9] 胡敏,欧阳军,胡蓉,等.紫果百香果外果皮中花青素的提取工艺及稳定性研究[J].江西农业大学学报,2018,40(4): 825-834.

[10] 杨锋,何仁,任仙娥,等.百香果汁抑菌作用研究[J].食品科学,2010,31(21):134-136.

[11] Cheng K C, Wu J Y, Lin Jiuntsai, et al.Enhancements of isoflavone aglycones, total phenolic content, and antioxidant

(下转第 236 页)

- dihydrobenzofuran norlignan from the roots of *Toona sinensis* [J]. *Molecules*, 2013, 18:2840-2850.
- [8] 陈前锋, 侯鹏, 刘巧, 等. 红外光谱法快速鉴别不同产地中药党参的研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2016, 38(6): 188-194.
- [9] 黄方田, 欧全宏, 刘刚, 等. 云南不同产地大米的傅里叶变换红外光谱研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(10): 48-49.
- [10] Wold S. Chemometrics: What do we mean with it, and what do we want from it? [J]. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 1995, 3(1): 109-115.
- [11] Zou H B, Yang G S, Qin Z R, et al. Progress in quality control of herbal medicine with IR fingerprint spectra [J]. *Analytical Letters*, 2005, 38(9): 1457-1475.
- [12] 吴海龙, 俞汝勤. 化学多维校正的若干新进展[J]. 化学通报, 2011, 74(9): 771-782.
- [13] 李彦周, 闵顺耕, 刘霞. 近红外化学模式识别方法及应用研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(7): 1299-1303.
- [14] 董彬, 孙素琴, 周红涛, 等. 红外光谱和聚类分析法无损快速鉴别赤芍[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(2): 232-234.
- [15] 李勇, 严煌倩, 龙玲, 等. 化学计量学模式识别方法结合近红外光谱用于大米产地溯源分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 193-195.
- [16] 杨天鸣, 吴燕, 苏蕊, 等. 中药材及炮制品的近红外指纹图谱模式识别快速鉴别方法[J]. 化学与生物工程, 2014, 31(9): 67-70, 75.
- [17] 孔德鑫, 黄庶识, 黄荣韶, 等. 基于双指标分析法和聚类分析法的鸡骨草红外指纹图谱比较研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(1): 45-49.
- [18] 杨波, 张娟娟, 孙胜杰, 等. 不同产地党参药材及其水提物的红外光谱特征分析[J]. 药物分析杂志, 2017, 37(3): 438-443.
- [19] 赵薇, 陈奕君, 孟庆艳, 等. 基于双指标分析法和聚类分
- 析法的白刺红外指纹图谱比较研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(23): 286-290.
- [20] 胡燕, 齐桂年. 我国不同产地黑茶的 FTIR 指纹图谱分析[J]. 核农学报, 2014, 28(4): 684-691.
- [21] 邹华彬, 袁久荣, 杜爱琴, 等. 甘草水提物红外指纹图谱共有峰率和变异峰率双指标序列分析法[J]. 中成药, 2004, 26(10): 779-783.
- [22] 邹华彬, 袁久荣, 杜爱琴, 等. 甘草氯仿提取物红外指纹图谱双指标序列分析法[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(1): 16-20.
- [23] 单鸣秋, 姚晓东, 池玉梅, 等. 侧柏叶红外指纹图谱共有峰率和变异峰率双指标序列分析法[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(8): 2092-2095.
- [24] 王燕, 王斌, 徐焕志, 等. 基于聚类分析和主成分分析法的淡菜醇提物红外指纹图谱[J]. 水产学报, 2012, 36(7): 1146-1152.
- [25] 杨新河, 王丽丽, 黄建安, 等. 傅里叶变换红外光谱鉴别黑茶样品[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 203-205.
- [26] 周湘萍, 刘刚, 时有朋, 等. 普洱茶的傅里叶变换红外光谱鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(3): 594-596.
- [27] 黄锦茶, 陈丰连, 徐鸿华, 等. 岗梅根红外指纹图谱共有峰率和变异峰率双指标序列分析法[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(2): 369-371.
- [28] 杨舒婷. 玄参化学多样性及其与遗传变异和环境因子之间的关系研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [29] 吴洋. 环境因子对远志生理生化和化学成分的影响[D]. 西安: 西北大学, 2013.
- [30] 顾志荣, 王亚丽, 孙宇靖, 等. 土壤矿物质元素与当归药材质量的相关性分析[J]. 国际药学研究杂志, 2014, 41(4): 483-489.
- [31] 张辰露, 梁宗锁, 郭宏波, 等. 不同气候区丹参生物量、有效成分变化与气象因子的相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(4): 607-613.

(上接第 227 页)

- activity of black soybean by solid - state fermentation with *Rhizopus* spp [J]. *European Food Research and Technology*, 2013, 236: 1107-1113.
- [12] 谢晓凤, 童莲花, 童德胜, 等. 马齿苋总黄酮的提取及其浓缩汁抗氧化性研究[J]. 食品科技, 2013, 38(2): 192-197.
- [13] Shao P, Chen X X, Sun P L. *In vitro* antioxidant and antitumor activities of different sulfated polysaccharides isolated from three algae [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, 62: 155-161.
- [14] Qiu Z Y, Tang M L, Deng G J, et al. Antioxidant and antigenotoxic activities of ethanol extracts from *rhuschinensis* mill leaves [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2014, 23(4): 1213-1221.
- [15] Yuan J F, Liu X Q, Yang J X, et al. *Forsythia suspense* leaves, a plant: Extraction, purification and antioxidant activity of main active compounds [J]. *European Food Research and Technology*, 2014, 238: 527-533.
- [16] 赖小燕, 姜泽东, 倪辉, 等. 茶花粉黄酮对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制作用的研究性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(5): 353-357.
- [17] 邝高波, 黄和. 微波辅助提取番石榴多酚的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(24): 288-291, 295.
- [18] 高义霞, 陶超楠, 周向军, 等. 微波辅助提取花牛苹果幼果多酚的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 209-215, 222.
- [19] 杨迎, 谢凡, 龚胜祥, 等. 响应面法优化辣木籽多酚提取工艺及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2018, 39(3): 172-178.

(上接第 230 页)

- [13] 余祁暉. 浅谈各国基因改造食品管理体系[J]. 农业生物技术季刊, 2011(27): 11-19.
- [14] 赵将, 生吉萍. 转基因食品标识的问题与困惑[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(3): 1-8.
- [15] 陈发源. 转基因食品强制标识规制伦理基础的重构[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(7): 131-135.
- [16] 张忠民. 我国台湾地区转基因食品标识制度变革浅析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(23): 24-26.
- [17] 邱良焱, 肖红梅. 转基因食品(GMF)标识管理及其检测技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(20): 147-152.