

# 板栗花中总多酚提取工艺优化

杜 彬, 王同坤, 侯文龙, 牛少莉, 杨越冬\*

(河北科技师范学院 分析测试中心, 河北 秦皇岛 066004)

**摘 要:** 研究板栗花中多酚类物质的最佳提取工艺条件。采用传统回流加热法对板栗花中多酚类物质进行提取试验研究, 通过 4 种不同试剂在相同实验条件下的浸提效果进行比较分析, 确定最佳提取试剂为甲醇。然后分别对微波浸提法和超声波浸提法提取板栗花中多酚类物质的工艺进行比较研究, 通过对甲醇体积分数、浸提时间、料液比等单因素的浸提效果进行研究, 确定最佳单因素水平, 再通过正交试验分别确定以甲醇为浸提剂提取板栗花中多酚类化合物的最佳提取工艺条件。通过验证实验确定最佳提取方法为微波浸提法, 最后提取条件为 40% 甲醇溶液、提取时间 60s、微波功率 480W、料液比 1:25(g/mL), 在此条件下, 多酚得率为 6.69%。

**关键词:** 板栗花; 总多酚; 提取工艺; 优化

## Process Optimization for Extraction of Total Polyphenols from Chinese Chestnut Flowers

DU Bin, WANG Tong-kun, HOU Wen-long, NIU Shao-li, YANG Yue-dong\*

(Analysis and Testing Center, Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066004, China)

**Abstract:** In this study, the optimal extraction conditions of total polyphenols from the flowers of Chinese chestnut cultivar Yanlong were investigated. The traditional heating reflux method was used for the extraction of total polyphenols. Four different extraction solvents were applied for the extraction of polyphenols. The results indicated that methanol was the best extraction solvent, and microwave was superior to ultrasonic in enhancing the extraction of total polyphenols. The optimal process parameters for microwave-assisted extraction of total polyphenols were determined by orthogonal array design to be 40% methanol as the extraction solvent, microwave treatment time of 60 s, microwave power of 480 W and material-to-liquid ratio of 1:25 (g/mL). Under the optimal extraction conditions, the extraction rate of total polyphenols from chestnut flowers was up to 6.69%.

**Key words:** Chinese chestnut flower; polyphenols; extraction; optimization

中图分类号: TQ243.11

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)16-0121-06

板栗花为壳斗科(Fagaceae)栗属植物栗(*Castanea mollissima* Blume)的雄性花序。板栗具有雌花少, 雄花多的特点, 雌雄花比达 1:2349, 造成板栗产量低, 为了提高板栗产量, 常需要疏除雄花<sup>[1]</sup>。近年来, 随着板栗栽培面积的迅速扩大, 产量急剧增加, 板栗雄花日益增多, 成为板栗生产中的废弃物, 造成极大的资源浪费。研究发现, 板栗花中含有丰富的黄酮类物质<sup>[2]</sup>, 但对板栗花中多酚类物质的研究尚未见报道。研究显示多酚类物质具有多种药理功能如抗炎症、抗病原体、抗诱变剂、抗癌、减少心血管疾病和抗氧化性质<sup>[3-4]</sup>, 在食品、医药以及保健品等方面起到了一定的作用<sup>[5]</sup>。

目前, 对多酚类物质的研究主要集中在茶叶、水

果等方面, 对板栗花中多酚类物质的研究尚未见报道, 开展多酚类的研究, 对于合理开发利用板栗花资源具有重要意义。微波辅助提取是农产品有效成分提取的一项新技术。目前, 微波提取已被广泛应用于中草药有效成分、茶多酚及水果多酚的提取中<sup>[6]</sup>, 本实验分别通过单因素和正交试验, 以多酚得率为指标, 比较微波浸提法和超声波浸提法对板栗花中多酚类物质的提取效果, 探讨板栗花中总多酚提取的最佳工艺参数, 以期得到一种简单、高效的板栗花多酚提取工艺, 为板栗花综合利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

收稿日期: 2010-10-30

基金项目: 河北省科技支撑计划项目(09231005D); 河北省重点基础研究项目(09960912D);

河北省自然科学基金项目(C2010001523)

作者简介: 杜彬(1980—), 男, 实验师, 硕士, 研究方向为天然产物化学。E-mail: trueyeoman@163.com

\* 通信作者: 杨越冬(1965—), 女, 教授, 博士, 研究方向为天然产物化学。E-mail: kycydy@yahoo.com.cn

燕龙板栗花采自河北科技师范学院园艺实验站, 经干燥, 粉碎, 过 40 目筛, 备用。

没食子酸、福林-肖卡试剂、碳酸钠、无水甲醇、无水乙醇、乙酸乙酯均为国产分析纯。

## 1.2 仪器与设备

SP-723 型可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; SF6-01B 型电热恒温鼓风干燥箱 黄石市恒丰医疗器械有限公司; FZ102 微型植物试样粉碎机 河北省黄骅市齐家务科学仪器厂; FA2104 型电子天平 上海良平仪器仪表有限公司; HH-S 恒温水浴锅 金坛市医疗仪器厂; KQ5200DB 型数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; 格兰仕 D8023CTL-K4 微波炉 佛山市格兰仕微波炉仪器有限公司; SHZ-D 循环水式真空泵 巩义市予华仪器有限责任公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 提取工艺流程

板栗花→烘干→粉碎→过筛→微波/超声波浸提→过滤→得到板栗花提取液

前处理好的板栗花样品分别用微波浸提法和超声波浸提法处理, 提取后过滤, 然后吸取滤液定容, 用比色法测定吸光度, 并计算总多酚得率。

### 1.3.2 标准曲线的确定

称取干没食子酸 0.5g(准确至 0.0001g), 用水溶解并定容于 100mL 容量瓶中, 摇匀得到 0.5% 母液。分别取上述没食子酸标准溶液 0.0、0.5、1.0、1.5、2.5mL, 于 50mL 容量瓶中稀释。取 5 只 50mL 容量瓶, 分别吸取上述溶液 0.5mL, 各加水 20mL, 福林-肖卡试剂 5mL, 混匀, 30s~8min 内各加入 15mL 的 20% 碳酸钠溶液, 混匀后用水定容至 50mL。上述溶液在 20℃ 下放置 2h, 然后用分光光度计测定各溶液在 765nm 波长处的吸光度<sup>[7]</sup>。经 SPSS11.5 软件处理数据, 得到标准曲线方程:  $y = 5.5626x - 0.046$ ,  $R^2 = 0.998$ 。

### 1.3.3 板栗花中总多酚含量的测定

称取 1.5g(准确至 0.0001g)经干燥、粉碎的板栗花, 分别经过微波浸提法或是超声波浸提法处理后, 过滤提取液, 并收集提取液, 吸取上述提取液 0.5mL, 加水 20mL, 福林-肖卡试剂 5mL, 混匀, 30s~8min 内加入 15mL 的 20% 碳酸钠溶液, 混匀后用水定容至 50mL。将上述溶液在 20℃ 放置 2h, 在 765nm 波长处测定吸光度, 然后代入回归方程, 求出提取液中总多酚类物质的含量, 同时做 2 次平行实验。按下式计算总多酚得率:

$$\text{总多酚得率} / \% = \frac{C \times 50 \times V_1}{m \times V_2 \times 10^6} \times 100$$

式中:  $C$  为总多酚质量浓度/(mg/mL); 50 为提取

液定容体积/mL;  $V_1$  为按一定料液比所得体积/mL;  $V_2$  为吸取提取液体积/mL;  $m$  为原料质量/g。

### 1.3.4 板栗花中总多酚最佳提取剂的确定

以体积分数为 30% 的乙醇、无水乙醇、甲醇、乙酸乙酯 4 种溶剂做提取剂<sup>[8]</sup>, 相同条件下对板栗花进行提取、过滤、定容, 然后测定吸光度, 计算总多酚得率进行比较, 确定适宜的提取剂。

### 1.3.5 微波浸提法工艺优化

称取板栗花粉末 1.5g(准确至 0.0001g), 放入 150mL 锥形瓶中, 在其他条件相同的情况下, 考察提取剂体积分数、料液比、微波功率与浸提时间对提取效果的影响<sup>[9-12]</sup>。在单因素试验基础上进行正交试验。

#### 1.3.5.1 提取剂体积分数对板栗花中总多酚提取效果的影响

采用甲醇-水体系作为提取溶剂, 提取条件: 板栗花粉末样品 1.5g、微波功率 480W、料液比 1:20(g/mL)、提取时间 60s, 甲醇溶液的体积分数分别为 30%、40%、50%、60%、70%。对试样进行过滤, 过滤后定容, 测定滤液的吸光度, 并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

#### 1.3.5.2 浸提时间对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉末样品 1.5g(准确至 0.0001g)、50% 甲醇溶液、微波功率 480W、料液比 1:20, 提取时间为 20、40、60、80、100s。对试样进行过滤, 过滤后定容, 测定滤液的吸光度, 并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

#### 1.3.5.3 微波功率对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉末样品 1.5g(准确至 0.0001g)、50% 甲醇溶液、料液比 1:20、提取 60s, 微波功率分别为 160、320、480、640、800W。对试样进行过滤, 过滤后定容, 测定滤液的吸光度, 并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

#### 1.3.5.4 料液比对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉末样品 1.5g(准确至 0.0001g)、50% 甲醇溶液、微波功率为 480W、料液比分别为 1:10、1:15、1:20、1:25 和 1:30。对试样进行过滤, 过滤后定容, 测定滤液的吸光度, 并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

### 1.3.6 超声波浸提法工艺优化

取板栗花粉末 1.5g(准确至 0.0001g), 放入 150mL 锥形瓶中, 在其他条件相同的情况下, 考察提取剂体积分数、超声波频率、浸提温度与浸提时间对提取效果的影响<sup>[13-15]</sup>。在单因素试验基础上进行正交试验。

#### 1.3.6.1 提取剂体积分数对板栗花中总多酚提取效果的影响

使用甲醇-水体系作为提取溶剂,提取条件:板栗花粉样品 1.5g(准确至 0.0001g)、提取温度 55℃、料液比 1:20(g/mL)、超声波频率 32kHz、提取时间 50min。甲醇溶液的体积分数分别为 30%、40%、50%、60%、70%。过滤后定容,测定滤液的吸光度,并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

### 1.3.6.2 超声波频率对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉样品 1.5g(准确至 0.0001g)、溶剂为 50% 甲醇溶液、料液比 1:20、提取温度 55℃、提取时间 50min,超声波频率分别 16、20、24、32、40kHz。过滤后定容,测定滤液的吸光度,并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

### 1.3.6.3 浸提温度对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉样品 1.5g(准确至 0.0001g)、溶剂为 50% 甲醇溶液、料液比 1:20、提取时间 50min、超声波频率 32kHz,提取温度分别为 25、35、45、55、65℃。过滤后定容,测定滤液的吸光度,并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

### 1.3.6.4 浸提时间对板栗花中总多酚提取效果的影响

板栗花粉样品 1.5g(准确至 0.0001g)、溶剂为 50% 甲醇溶液、料液比 1:20、提取温度 55℃、超声波功率 32kHz,提取时间分别为 20、30、40、50、60min。过滤后定容,测定滤液的吸光度,并计算出提取液中总多酚物质的含量及总多酚得率。

## 2 结果与分析

### 2.1 板栗花中总多酚最佳提取剂的确定

表 1 不同提取剂对提取效果的影响

Table 1 Effect of different extraction solvents on extraction rate of total polyphenols

提取剂	30% 乙醇	无水乙醇	甲醇	乙酸乙酯
多酚得率/%	3.12	1.48	3.62	0.65

由表 1 可知,当提取剂为甲醇时提取效果最佳,故本实验采用甲醇作为提取溶剂,进行微波浸提法与超声波浸提法的比较。

### 2.2 微波浸提法单因素试验

#### 2.2.1 提取剂体积分数对板栗花中总多酚得率的影响

由图 1 可知,板栗花中总多酚得率随着甲醇体积分数的增加而升高,并在甲醇体积分数达到 50% 左右时达到最大峰值,此后板栗花中总多酚得率开始下降,在甲醇体积分数达到 60% 以后,板栗花中总多酚得率变化比较平缓,造成这种原因可能是由于部分多酚是水溶性的,如果水分减少,多酚就不能充分溶解,造成多酚得率的下降。

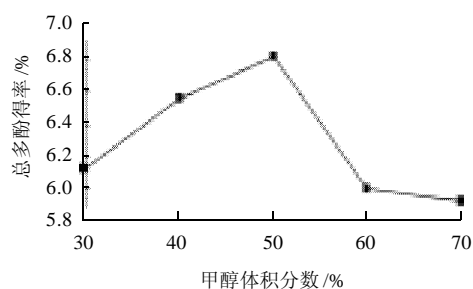


图 1 提取剂体积分数对微波法提取板栗花中总多酚效果的影响

Fig.1 Effect of methanol concentration on microwave-assisted extraction rate of total polyphenols

#### 2.2.2 浸提时间对板栗花中总多酚得率的影响

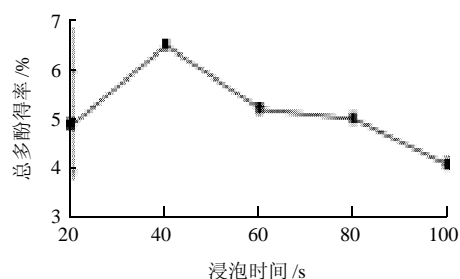


图 2 浸提时间对微波法提取板栗花中总多酚效果的影响

Fig.2 Effect of microwave extraction time on extraction rate of total polyphenols

由图 2 可知,随着提取时间的增加,板栗花中总多酚得率随之增加,在 40s 以后,板栗花中总多酚得率开始下降,这说明在 40s 左右的提取时间提取板栗花中的总多酚比较经济合理。

#### 2.2.3 微波功率对板栗花中总多酚得率的影响

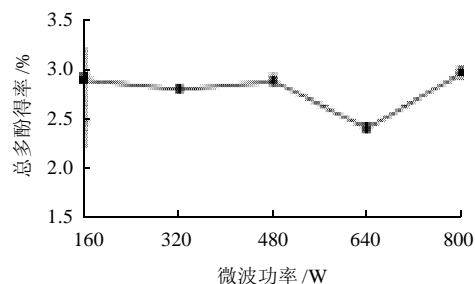


图 3 微波功率对板栗花中总多酚提取效果的影响

Fig.3 Effect of microwave power on extraction rate of total polyphenols

由图 3 可知,在微波功率 480W 以前,微波功率对板栗花中总多酚得率影响较小,此后总多酚得率开始小幅下降,在微波功率达到 800W 时,总多酚得率又缓慢回到 480W 以前水平。由此可以反映出在微波功率 480W 左右时,提取板栗花中的总多酚比较合理。

#### 2.2.4 料液比对板栗花中总多酚得率的影响

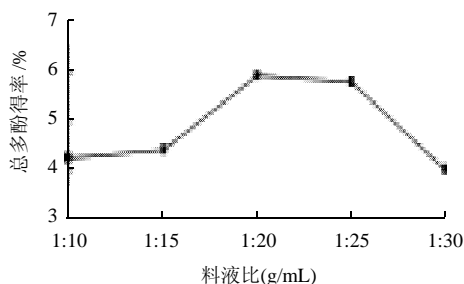


图4 料液比对板栗花中总多酚提取效果的影响

Fig.4 Effect of material-to-liquid ratio on microwave-assisted extraction rate of total polyphenols

由图4可知,随着料液比的增加,总多酚得率也是增加的。在料液比达到1:20以后,总多酚得率缓慢下降,当料液比达到1:25以后总多酚得率开始迅速下降,所以在料液比为1:20提取板栗花中的总多酚比较合理。

### 2.3 微波浸提法正交试验

根据单因素试验的结果,按 $L_{16}(4^5)$ 正交试验设计表做板栗花中总多酚提取的正交试验,因素水平见表2,结果与分析见表3。

表2 板栗花中总多酚提取微波浸提法正交试验因素水平表

Table 2 Factors and their coded levels in orthogonal array design for optimizing microwave-assisted extraction of total polyphenols

水平	A 甲醇体积分数/%	B 提取时间/s	C 微波功率/W	D 料液比(g/mL)
1	30	20	160	1:15
2	40	40	320	1:20
3	50	60	480	1:25

表3 微波浸提法正交试验结果与分析

Table 3 Orthogonal array design for optimizing microwave-assisted extraction of total polyphenols and corresponding experimental results

试验号	A	B	C	D	总多酚得率/%
1	1	1	1	1	5.22
2	1	2	2	2	5.36
3	1	3	3	3	6.80
4	2	1	2	3	6.76
5	2	2	3	1	4.77
6	2	3	1	2	6.38
7	3	1	3	2	6.27
8	3	2	1	3	4.85
9	3	3	2	1	5.28
$K_1$	17.38	18.25	16.45	15.27	
$K_2$	17.91	15.18	17.40	18.01	
$K_3$	16.41	18.46	17.84	18.41	
$k_1$	5.793	6.083	5.483	5.090	
$k_2$	5.970	4.993	5.800	6.003	
$k_3$	5.467	6.153	5.947	6.137	
R	0.503	1.160	0.464	1.047	

从表3极差分析可知,各因素对板栗花中总多酚得率的影响次序为 $B > D > A > C$ ,即提取时间(B)为主要

影响因素,其余依次为料液比(D)、甲醇体积分数(A)、微波功率(C)。各因素的最佳组合水平为 $A_2B_3C_3D_3$ ,即提取溶剂40%甲醇溶液、料液比1:25、微波功率480W、提取时间60s。

### 2.4 超声波浸提法单因素试验

#### 2.4.1 提取剂体积分数对板栗花中总多酚得率的影响

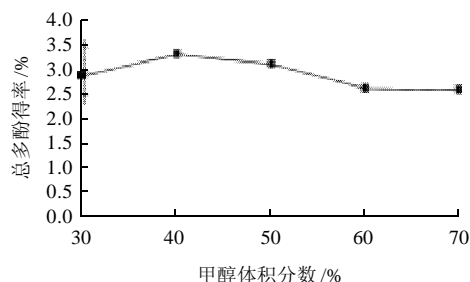


图5 提取剂体积分数对超声波法提取板栗花中总多酚效果的影响

Fig.5 Effect of methanol concentration on ultrasonic-assisted extraction rate of total polyphenols

由图5可知,在甲醇体积分数为40%左右时,板栗花中总多酚得率达到峰值,与微波浸提法很相似,此后,总多酚得率随着甲醇体积分数的提高而下降。可以反映出在甲醇体积分数为40%时提取板栗花中总多酚比较合理。

#### 2.4.2 超声波频率对板栗花中总多酚得率的影响

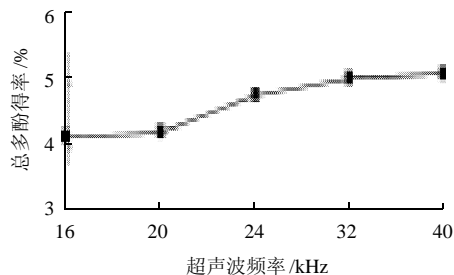


图6 超声波频率对板栗花中总多酚提取效果的影响

Fig.6 Effect of ultrasonic frequency on extraction rate of total polyphenols

由图6可知,超声波频率对与板栗花中总多酚的提取是有一定影响的,随着超声波频率的增加,总多酚得率提高,在超声波频率达到32kHz以后,总多酚得率增幅减小,在超声波频率40kHz时,提取效果最好。

#### 2.4.3 浸提温度对板栗花中总多酚得率的影响

由图7可知,随着提取温度的升高,板栗花中的总多酚得率也是逐渐增加的,这是因为在较高温度下浸提,可以提高溶质中总多酚物质的扩散速度,分子运动速度加快,氢键更容易断裂,多酚的浸透、溶解、

扩散速度也加快,因而酚类物质更容易从原料中浸出,但是当温度过高,达到55℃以后,多酚物质结构可能被破坏,造成总多酚得率下降。

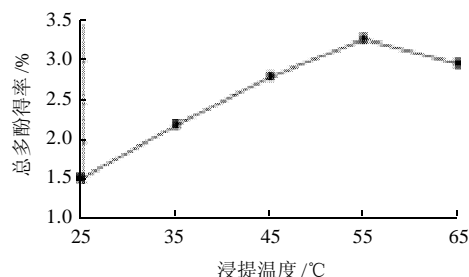


图7 浸提温度对板栗花中总多酚提取效果的影响

Fig.7 Effect of ultrasonic extraction temperature on extraction rate of total polyphenols

#### 2.4.4 浸提时间对板栗花中总多酚得率的影响

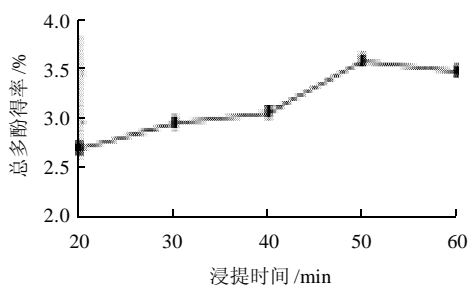


图8 浸提时间对超声波法提取板栗花中总多酚效果的影响

Fig.8 Effect of ultrasonic treatment time on extraction rate of total polyphenols

由图8可知,在50min内,随着提取时间的增加,板栗花中的总多酚得率也逐渐增加,当达到50min后,总多酚得率有所下降。这可能是在一定范围内,延长提取时间,有利于板栗花中多酚物质的浸出,但若提取时间过长,可能会引起多酚物质的缩合,或被空气中的氧气氧化,造成总多酚得率反而降低。

#### 2.5 超声波浸提法正交试验

根据单因素试验的结果,拟定4因素3水平,按 $L_{16}(4^5)$ 正交试验设计表做板栗花中总多酚超声波浸提法正交试验,因素水平见表4,结果与分析见表5。

表4 板栗花中总多酚超声波浸提法正交试验因素水平表

Table 4 Factors and their coded levels in orthogonal array design for optimizing ultrasonic-assisted extraction of total polyphenols

水平	A 甲醇体积 分数/%	B 超声波 频率/kHz	C 提取温 度/℃	D 提取时 间/min
1	30	24	45	40
2	40	32	55	50
3	50	40	65	60

表5 超声波浸提法正交试验结果与分析

Table 5 Orthogonal array design for optimizing ultrasonic-assisted extraction of total polyphenols and corresponding experimental results

试验号	A	B	C	D	总多酚得率/%
1	1	1	1	1	2.34
2	1	2	2	2	3.49
3	1	3	3	3	4.46
4	2	1	2	3	4.08
5	2	2	3	1	5.18
6	2	3	1	2	4.02
7	3	1	3	2	4.63
8	3	2	1	3	3.32
9	3	3	2	1	3.34
$K_1$	10.29	11.05	9.68	10.86	
$K_2$	13.28	11.99	10.91	12.14	
$K_3$	11.29	11.82	14.27	11.86	
$k_1$	3.430	3.683	3.227	3.620	
$k_2$	4.427	3.997	3.637	4.047	
$k_3$	3.763	3.940	4.757	3.953	
R	0.997	0.314	1.530	0.427	

从表5极差分析可知,各因素对板栗花中总多酚得率的影响次序为 $C > A > D > B$ ,即浸提温度(C)为主要影响因素,其余依次为甲醇体积分数(A)、浸提时间(D)、超声波频率(B)。各因素的最佳组合水平为 $A_2B_2C_3D_2$ ,即提取溶剂40%甲醇溶液、超声波频率32kHz、浸提温度65℃、浸提时间50min。

#### 2.6 两种提取方法最优条件的比较

在两种提取方法的单因素试验基础上,通过正交试验,得到两种提取方法的最优条件,对两种提取方法分别按照1.3.3节方法进行验证比较实验。

表6 两种提取方法最优条件对比

Table 6 Comparisons of optimal operating conditions and total polyphenol yield between microwave-assisted extraction and ultrasonic-assisted extraction

浸提方法	甲醇体积 分数/%	料液比	时间	温度	微波 功率	超声波 频率	多酚 得率/%
微波浸提法	40	1:25	60s	—	480W	—	6.69
超声波浸提法	40	1:20	50min	65℃	—	20kHz	5.05

由表6可知,两种提取方法对比,超声波浸提法所需温度较低,相比之下,微波浸提法由于微波浸提法所需时间短,热效率高,升温迅速均匀等特点,从而达到了较高的多酚得率。因此微波浸提法是提取板栗花中多酚物质高效简便的方法。

### 3 结论

本实验比较了不同溶剂对板栗花中多酚类物质的提取效果,结果显示,甲醇为最佳提取溶剂。在此基础上

上,对微波浸提法和超声波浸提法两种提取方法提取板栗花中多酚类物质的提取效果的进行对比,得到结论,微波浸提法为板栗花中多酚类物质的最佳提取工艺。结果表明,提取时间和料液比是影响板栗花中多酚类物质提取效果的关键因素,其次才是微波功率和甲醇体积分数等因素。确定了微波浸提法提取板栗花中多酚类物质的最佳工艺条件:甲醇体积分数40%、料液比1:25、提取时间60s、微波功率480W,多酚得率6.69%。对板栗花中含有的多酚类功能性成分的提取研究,为富含该类物质的板栗废弃物板栗花的综合开发利用提供了新的途径。

#### 参考文献:

- [1] 王家玉. 板栗增雌花减雄花的技术措施[J]. 林业科技开发, 1995(1): 48-49.
- [2] 吴雪辉, 江南, 梁颖诗, 等. 微波提取板栗花中黄酮类物质的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2006(8): 106-109.
- [3] FELICIANO R P, BRAVO M N, PIRES M M, et al. Phenolic content and antioxidant activity of moscatel dessert wines from the setubal region in Portugal[J]. Food Anal Meth, 2009, 2(2): 149-161.
- [4] NEVIN K G, RAJAMOHAN T. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vitro LDL oxidation[J]. Clinical Biochemistry, 2004, 37(9): 830-835.
- [5] BAGCHI D, BAGCHI M, STOHS S J, et al. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention[J]. Toxicology, 2000, 148(2/3): 187-197.
- [6] SPIGNO G, De FAVERI D M. Microwave-assisted extraction of tea phenols: a phenomenological study[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(2): 210-217.
- [7] 房祥军, 邵海燕, 陈杭君. 正交试验法优化山核桃仁中总多酚的提取工艺参数研究[J]. 中国食品学报, 2009, 9(1): 153-157.
- [8] 程慧青, 肖荔人, 陈庆华. 微波法提取茶多酚及茶多酚铜配合物的研究[J]. 福建师范大学学报, 2007, 23(1): 105-108.
- [9] 宋薇薇, 焦士蓉, 周佳, 等. 石榴皮多酚的微波辅助提取及提取物抗氧化与抑菌作用研究[J]. 现代食品科技, 2008, 24(1): 23-27.
- [10] 王丽, 李化, 张钟. 微波辅助提取苹果皮中的多酚类物质[J]. 饮料工业, 2007, 10(6): 42-45.
- [11] 艾志录, 郭娟, 王育红, 等. 微波辅助提取苹果渣中苹果多酚的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 188-191.
- [12] 王贤萍, 段泽敏, 孟晶岩, 等. 超声波浸提苹果多酚类物质的优化研究[J]. 山西农业科学, 2007, 35(5): 34-38.
- [13] 任文霞, 李建科, 仇农学, 等. 超声波辅助提取苹果渣多酚工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(4): 20-23.
- [14] 韩明. 超声波辅助提取南瓜色素的工艺研究[J]. 广州城市职业学院学报, 2008, 2(4): 29-32.
- [15] 张立华, 张元湖, 于军伟, 等. 超声波辅助提取石榴叶单宁的工艺[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 164-167.