

# Study on the Extraction Mechanism of Bamboo Flavonoids by Ultrasonic-Microwave Synergistic Extraction

Yayu Tang, Xin Wei, Yun Zou, Yinzhou Chen, Chunhui Ma\*

College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang  
Email: \*mchmchmchmch@163.com

Received: Apr. 25<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 10<sup>th</sup>, 2019; published: May 17<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

In this study, the ultrasonic-microwave synergistic method was used to extract total flavonoids from bamboo leaves. Based on the single-factor tests, the effects of ethanol volume fraction, solid-liquid ratio, ultrasonic power, ultrasonic time, and microwave power and microwave time on the extraction yield of the total flavonoids from bamboo leaves were studied. The research results showed that the optimum process parameters of ultrasonic-microwave synergistic extraction of the total flavonoids from bamboo leaves were as follows: ultrasonic-microwave synergistic extraction time was 3 min, ethanol volume fraction was 80%, solid-liquid ratio was 1:14 g/mL, ultrasonic power was 1000 w, microwave power was 600 w, and the extraction yield of total flavonoids was 3.35 mg/g. The mechanism of the synergistic extraction was explained in detail. The results showed that HPLC-ESI-MS method could be used to rapidly detect the contents of four flavonoids including orientin, isoorientin, vitexin, and isovitexin.

## Keywords

Bamboo, Flavonoids, Ultrasonic-Microwave Synergistic Extraction

# 超声微波协同提取竹黄酮类化合物的机理研究

唐雅瑜, 魏欣, 邹运, 陈银洲, 马春慧\*

东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨  
Email: \*mchmchmchmch@163.com

收稿日期: 2019年4月25日; 录用日期: 2019年5月10日; 发布日期: 2019年5月17日

\*通讯作者。

## 摘要

本研究采用超声微波协同的方法提取楠竹叶中总黄酮，在单因素实验的基础上，研究超声过程中的乙醇浓度、料液比、功率、时间以及微波过程中的功率、时间等因素，对楠竹叶总黄酮的提取量的影响。研究表明：超声微波协同提取楠竹叶中总黄酮的最佳工艺参数为：超声微波协同时间为3 min，乙醇体积分数80%，料液比为1:14 g/mL，超声功率为1000 W，微波功率为600 W，此时提取量为3.35 mg/g。对超声微波协同提取方法的机理进行详细阐述。结果显示，采用HPLC-ESI-MS法可以快速检测荭草素和异荭草素、牡荆素和异牡荆素这四种黄酮化合物的含量。

## 关键词

楠竹，黄酮，超声微波协同提取

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

楠竹 (*Phyllostachys pubescens*) 又名毛竹，为禾本科 (Poaceae) 竹亚科 (Bambusoideae) 刚竹属 (*Phyllostachys*) 植物，分布于我国秦岭、大别山、汉水流域至长江流域以南各省，南至华南北部，西至云贵高原东侧，是我国栽培面积最广的竹类资源，占全国竹林面积的 70% 左右 [1]。竹子具有生长快、适生性广以及多方面生态效益等特点，在建筑、交通、水利、农业、手工业、造纸业等领域都有广泛的应用，然而，竹叶作为竹子加工利用后的废弃物，对其开发利用相对滞后 [2]。竹叶中含有许多可开发利用的化学成分。20 世纪 50 年代，Shimano 利用纸色谱等检测方法在淡竹叶上发现了黄酮类化合物 [3]。陈泉等 [4] 从淡竹的竹叶中提取分离出 11 个化合物，经鉴定，其中包括牡荆素 (vitexin)、苜蓿素 (tricin)、香豆酸 (p-coumaric acid) 等黄酮类化合物。黄酮类化合物是楠竹提取物中的主要活性成分，竹叶里含有的黄酮类化合物主要以 6、8 位的碳苷黄酮为主要组成，如荭草苷 (orientin)、异荭草苷 (isorientin)、牡荆苷 (vitexin) 和异牡荆苷 (isovitexin) 等。还有少量的多甲氧基黄酮和氧苷黄酮 [5]。竹黄酮类化合物有类似超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶的作用 [6]，具有优良的清除自由基、抗氧化、抗衰老、抗菌、抗血栓等功能且功效显著，在制药、化妆品及食品添加剂方面应用广泛 [7]-[12]。

植物黄酮的提取方法包括溶剂回流提取法、超声波辅助提取法、微波辅助提取法、超声波-酶法、超声微波协同萃取法等 [13]。其中超声微波协同萃取法作为一种新的辅助提取方法，充分利用超声波震动的空穴作用和微波高能效应将两种作用方式相结合，实现了高效快速地处理样品，并且具有提取时间短，有效成分得率高、耗能低、无需加热等特点 [14] [15] [16]。宁冬雪等采用超声微波协同萃取工艺提取红豆中总黄酮，测得红豆中黄酮的含量为 1.75 mg/g [17]。但目前关于超声微波协同萃取楠竹叶中总黄酮的工艺鲜有系统研究。

本实验以超声微波协同作用下所得的楠竹总黄酮为研究对象，通过单因素优化萃取总黄酮，并用 HPLC-ESI-MS 分析竹黄酮的主要组成物质，为超声微波协同提取应用与萃取其他天然产物提供理论依据和数据支持。

## 2. 实验

### 2.1. 材料与仪器

楠竹叶：收集于四川宜宾竹林，去杆茎，粉碎，得到细碎均匀(碎叶片面积大小为  $1\text{ cm}^2$  左右)的原料。

XH300B 型微波/超声波组合合成/萃取仪(北京祥鸽科技发展有限公司)；T6 系列紫外分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)；1290 型超高压液相色谱仪(Agilent USA)；DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器厂)；BSAS-CW 型电子分析天平(赛多利斯科学仪器有限公司)；Nylon6 0.22  $\mu\text{m}$  溶剂过滤器(津腾公司)。

芦丁标准品：上海源叶生物科技有限公司，纯度大于 98%；亚硝酸钠、氢氧化钠、无水乙醇：分析纯，天津光复科技发展有限公司；硝酸铝：分析纯，天津科密欧化学试剂有限公司。

### 2.2. 实验方法

#### 2.2.1. 楠竹叶含水率的测定

精确称取 3 份 0.50 g 楠竹叶粉末，放入  $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$  的烘箱干燥至恒重，计算含水率为 5.19%。

#### 2.2.2. 标准曲线的制备及黄酮提取率的测定

将 25 mg 芦丁溶解在 50 mL 乙醇(0.5 mg/mL)作为对照品储备液，依次稀释 2 倍配制一系列标准溶液，取 1.0 mL 标准溶液加入到 10 mL 容量瓶中，依次加入 1.0 mL 5% (W/V)的亚硝酸钠溶液，1.0 mL 10% (W/V)氯化铝和 6.0 mL，1 mol/L (W/V)氢氧化钠，以蒸馏水定容至 10 mL，混合 15 min 后，移入比色皿中。以蒸馏水为空白对照，用紫外可见分光光度计测定 500 nm 处的吸光度，吸光度与浓度线性回归得芦丁标准曲线。 $Y = 13.025X - 0.1618 (R^2 = 0.9988)$ 。

以上述方法取 1.0 mL 样品加入到 10 mL 容量瓶中，依次加入 1.0 mL 5% (W/V)的亚硝酸钠溶液，1.0 mL 10% (W/V)氯化铝和 6.0 mL 4% (W/V)氢氧化钠，以蒸馏定容至 10 mL，混合 15 min 后，移入比色皿中。以蒸馏水为空白对照，用紫外分光光度计测定 500 nm 处的吸光度，再通过标准曲线计算提取液中总黄酮的浓度。

#### 2.2.3. 楠竹叶超声微波协同提取物的制备

取 5.00 g 楠竹叶粉末，在超声微波协同工作的条件下平行实验 3 次，对提取液进行过滤，得超声微波协同提取的楠竹叶黄酮提取物。通过标准曲线计算楠竹叶中总黄酮的含量。

#### 2.2.4. HPLC 条件

流动相为乙腈-1.0%冰醋酸水溶液(V:V = 14:86)；流速：1.0 mL/min；进样量 5.0  $\mu\text{L}$ ，检测波长：350 nm；检测温度：40 $^\circ\text{C}$ ；等度洗脱。

### 2.3. 单因素实验

#### 2.3.1. 乙醇体积分数对总黄酮提取率的影响

取 5.00 g 的楠竹叶(绝干)7 份，分别加入 50 mL 的体积分数分别为 25%、40%、50%、60%、70%、80%、90%的乙醇，将粉碎的楠竹叶在 25 $^\circ\text{C}$  下浸泡 5 h 后，1000 W 超声波辅助提取 30 min，温度设置为 40 $^\circ\text{C}$ ，提取液经 0.22  $\mu\text{m}$  膜过滤后检测总黄酮的含量。

#### 2.3.2. 提取料液比对总黄酮提取率的影响

取 5.00 g 的楠竹叶(绝干)5 份，以 80%体积分数的乙醇溶液为萃取溶剂，分别加入 50、60、70、80、90 mL 的 80%乙醇水溶液，将粉碎的楠竹叶在 25 $^\circ\text{C}$  下浸泡 5 h 后，1000 W 超声波辅助提取 30 min，温度

设置为 40℃。提取液经 0.22 μm 膜过滤后检测总黄酮的含量。

### 2.3.3. 超声功率与时间对总黄酮提取率的影响

取 5.00 g 楠竹叶(绝干) 7 份, 加入 80%体积分数的乙醇溶液 70 mL (料液比为 1:14 g/mL), 将粉碎的楠竹叶在 25℃下浸泡 5 h 后, 分别在 200、400、600、800、1000、1200、1400 W 超声波功率下提取 30 min, 温度设置为 40℃, 提取液经 0.22 μm 膜过滤后检测总黄酮的含量。

取 5.00 g 楠竹叶(绝干) 6 份, 加入 80%体积分数的乙醇溶液 70 mL (料液比为 1:14 g/mL), 将粉碎的楠竹叶在 25℃下浸泡 5 h 后, 在 1000 W 超声波功率下提取 60 min, 温度设置为 40℃, 每隔 10 min 取样一次, 提取液经 0.22 μm 膜过滤后检测总黄酮的含量。

### 2.3.4. 微波功率与时间对总黄酮提取率的影响

取 5.00 g 楠竹叶(绝干) 7 份, 加入 80%体积分数的乙醇溶液 70 mL (料液比为 1:14 g/mL), 将粉碎的楠竹叶在 25℃下浸泡 5 h 后, 分别在 150、200、300、400、500、600、700 W 微波功率下提取 3 min, 提取液经 0.22 μm 膜过滤后检测总黄酮的含量。

取 5.00 g 楠竹叶(绝干) 5 份, 加入 80%体积分数的乙醇溶液 70 mL (料液比为 1:14 g/mL), 将粉碎的楠竹叶在 25℃下浸泡 5 h 后, 在 600 W 微波功率下提取 5 min, 每隔 1 min 取样一次, 提取液经 0.22 μm 膜过滤后检测总黄酮的含量。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 单因素分析结果

#### 3.1.1. 乙醇体积分数对总黄酮提取率的影响

提取溶剂乙醇体积分数是影响提取效率的一个重要因素。如图 1(a)所示, 随着乙醇体积分数的增加, 溶剂的极性逐渐减小, 依据相似相溶原理, 黄酮的提取率逐渐增加, 在乙醇体积分数小于 50%时, 提取率增长较为缓慢, 在乙醇体积分数到达 60%~80%时, 提取率增长较为明显, 80%乙醇对总黄酮的提取率达到 2.34 mg/g, 乙醇体积分数为 90%时, 黄酮提取率最高(2.41 mg/g), 但较体积分数为 80%乙醇的提取率增长不显著, 所以从溶剂成本考虑, 选择 80%体积分数的乙醇溶液作为超声波辅助提取楠竹黄酮的萃取溶剂。

#### 3.1.2. 料液比对总黄酮提取率的影响

由图 1(b)可见, 随着料液比的增加, 总黄酮的提取率明显增加, 当料液比从 1:14 g/mL 至 1:18 g/mL, 提取率增加的较慢, 为了尽可能减小溶剂的使用量, 降低溶剂回收的成本, 选择提取料液比为 1:14 g/mL。

#### 3.1.3. 超声功率与微波功率对提取率的影响

在超声波与微波辅助提取的过程中, 功率也是一个需要考虑的因素。如图 1(c)所示。随着超声波功率的增加, 不论是声孔效应还是空化效应都有所增强。功率超过 1000 W 后, 从黄酮提取率来看, 超声波的作用已无明显增加, 因此, 将后续实验超声波功率定为 1000 W。如图 1(d)所示, 随着微波功率的增加, 黄酮的提取率也增加, 当微波功率到达 600 W 时黄酮提取率最高(3.05 mg/g)。但当功率大于 700 W 时, 瞬时的热效应导致黄酮的提取率反而有所下降, 这可能是由于加热较快而是部分化合物异构化, 因此, 将后续实验微波功率定为 600 W。

#### 3.1.4. 提取方法比较

本实验采用三种不同的提取方法提取楠竹叶总黄酮, 并且对实验过程中的参数进行单因素实验分析, 比较各种方法对总黄酮的提取率。如图 2 是不同提取方法动力学研究, 提取条件分别为: 5.00 g 楠竹叶

原料以料液比 1:14 g/mL 加入体积分数为 80% 的乙醇溶液, 超声波功率 1000 W; 5.00 g 楠竹叶原料以料液比 1:14 g/mL 加入体积分数为 80% 的乙醇溶液, 微波功率 600 W; 5.00 g 楠竹叶原料以料液比 1:14 g/mL 加入体积分数为 80% 的乙醇溶液, 在超声波功率 1000 W 和微波功率 600 W 下, 协同工作。从图 2 中可以看出, 超声微波协同作用 3 min 时, 提取率较高(3.35 mg/g), 且所耗时间短, 有明显优势。

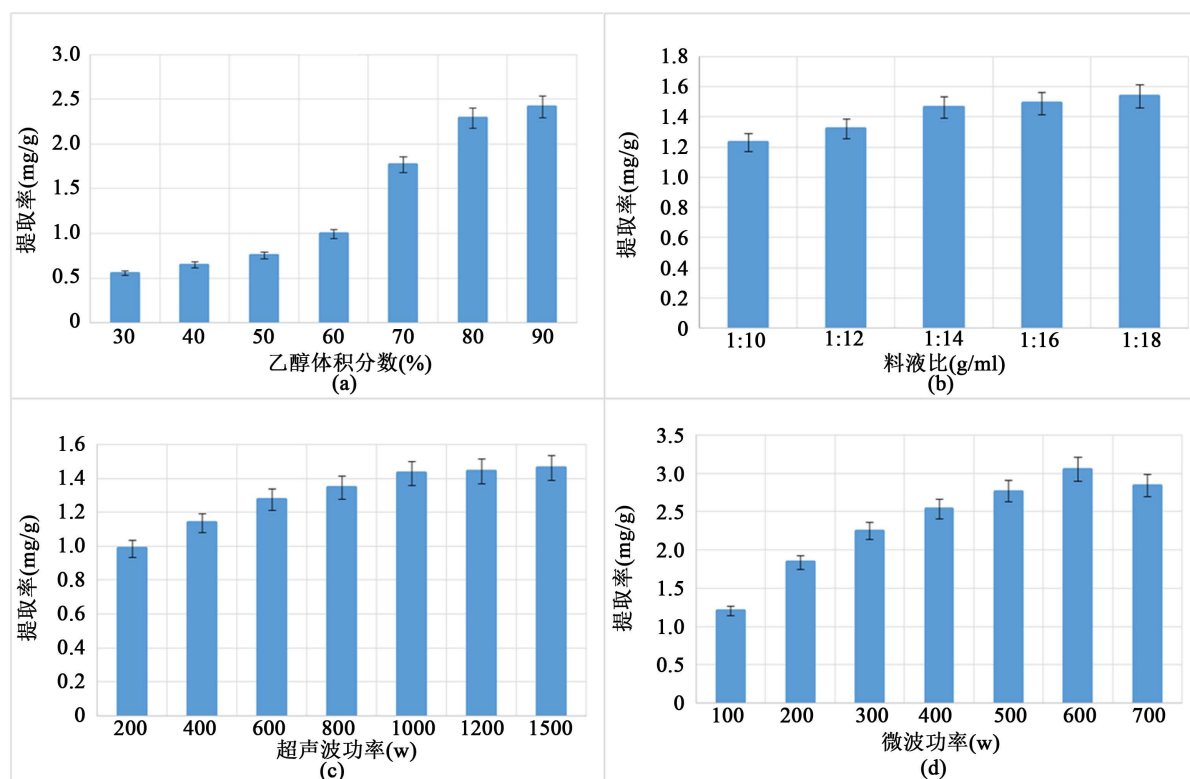


Figure 1. Single factor analysis

图 1. 单因素结果分析

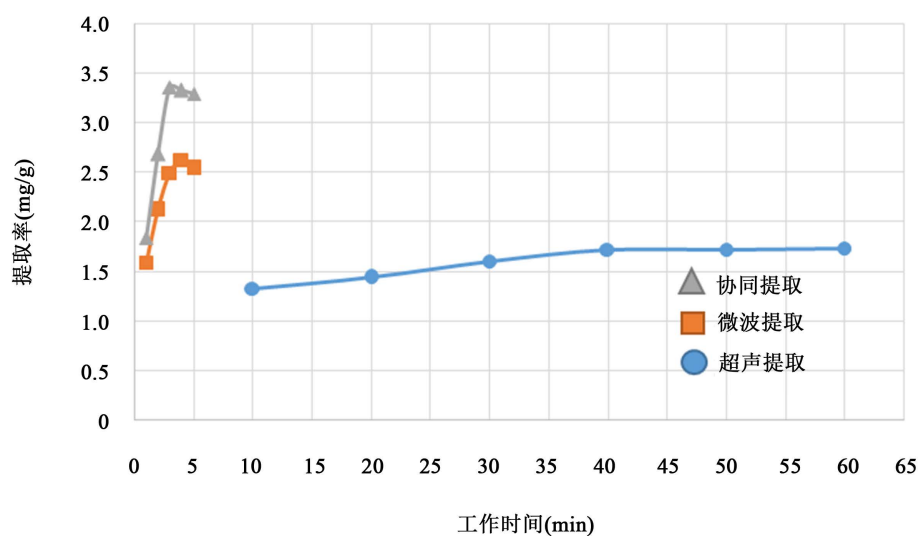


Figure 2. Extraction kinetics study of bamboo flavonoids

图 2. 竹黄酮提取动力学研究

### 3.2. 超声微波协同提取机理分析

超声微波协同提取结合了两种植取方法的优势,由单因素实验确定的最佳的超声微波协同提取竹黄酮类化合物的实验中,具体方案为超声波功率 1000 W,微波功率 600 W 下协同工作 3 min。机理示意图如图 3 所示。分析其可能原因如下:

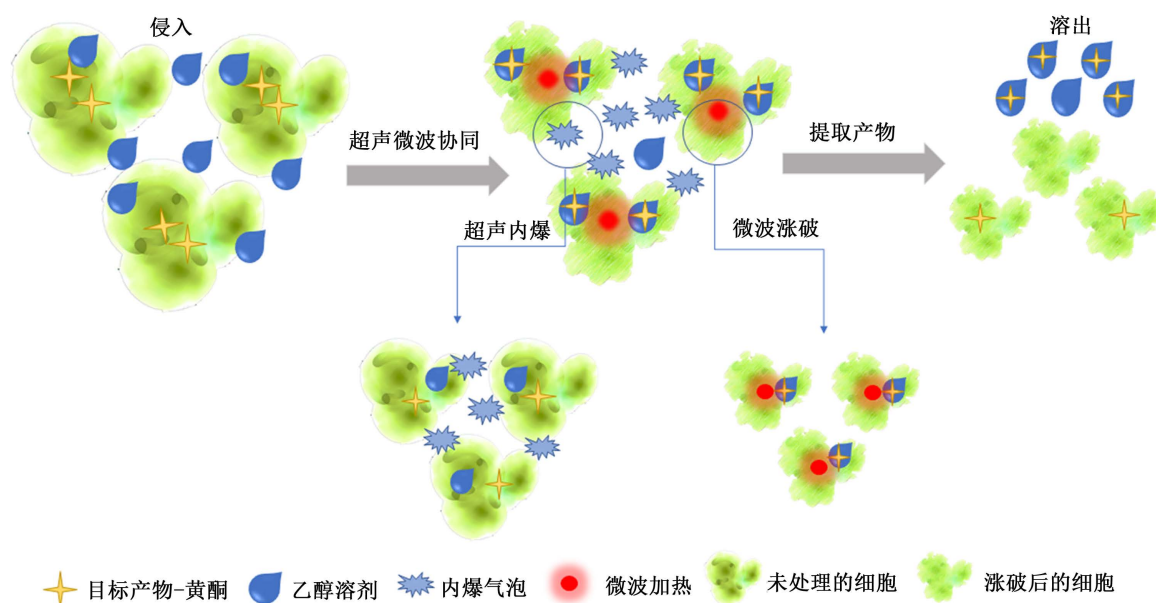


Figure 3. Schematic diagram of ultrasonic-microwave synergistic extraction mechanism

图 3. 超声微波协同提取的机理示意图

超声波在液体中的机械机制可以生成线性或非线性的交变振动,其中线性的交变振动作用使介质质点作交变振动,导致介质中的应力或声压的周期性变化,使各种被提取物在提取液中剧烈震动,形成具有锯齿形波面的周期性激波,波面处压强梯度极大,从而产生局部高温高压等一系列特殊效果,有利于被提取物中有效成分的流出;非线性的振动产生直流定向力对被提取物有一定的破坏作用[18]。

在提取过程中,超声波能够产生这些附加效果,这主要是因为超声波与提取介质之间的特殊作用形式,即超声空化。超声空化是指在超声波的作用下,介质中的气体形成微气泡,并随着液体声压周期性变化产生“震荡”,或者由于空化核在负压相半周期急剧膨胀,在正压相半周期急剧收缩,气泡振幅达到或超过平衡尺寸,直至“内爆”。内爆现象会导致介质中局部高温高压,并伴随着如强大冲击波、高速微射流和自由基产生等一系列效果,对细胞和酶的活性造成破坏。随着超声波功率的增大,“内爆”现象越来越剧烈,空化效应加速目标产物的渗出,由图 1(c)中柱形图增长趋势可知,考虑到提取效率,在超声波功率 10,000 W 时最优。

微波场是由相互垂直的电场和磁场构成的。在微波提取过程中,浸入到楠竹叶原料中的溶剂吸收微波,高频电磁波穿透萃取介质到达物料内部,微波快速转化成热能,细胞内部受热,内部压力升高。当内压大于细胞所能承受的范围时,细胞“涨破”,有效成分在电磁场的作用下,随溶剂加速从被萃取的物料内部向外部的溶剂中扩散[19]。微波功率增大,温度升高,加速细胞“涨破”,提取有效物速度快、效率高,由图 1(d)可知,在微波功率为 600 W 时达到峰值。

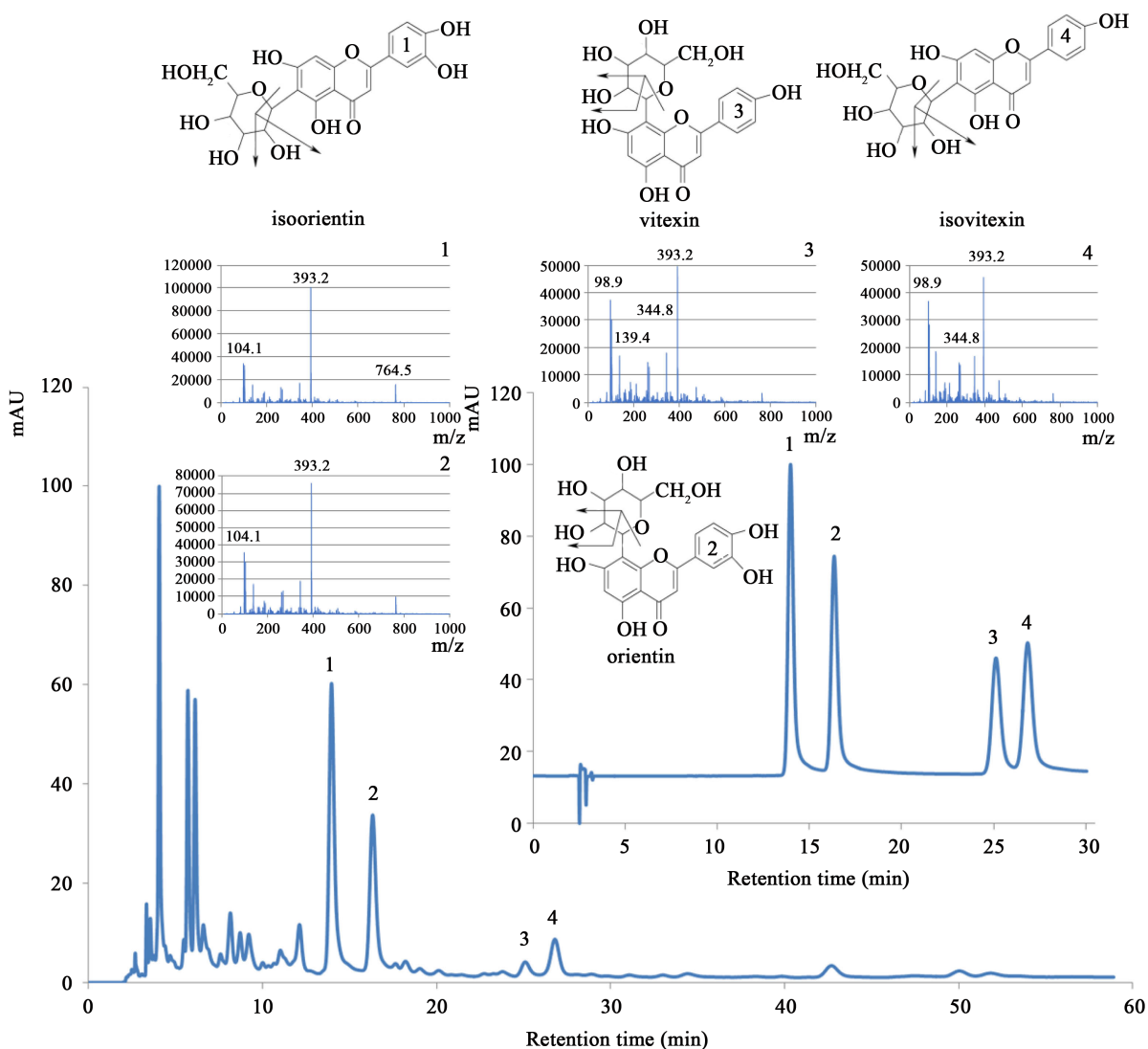
超声波微波协同法将振动超声与开放式微波两种作用方式相结合。充分利用超声振动的空化作用以及微波的高能作用,使样品各点内受到的作用一致。从而降低目标物与样品基体的结合力,加速目标物

从固相进入溶剂[20]。从图2可以看出, 超声微波协同提取使目标产物的提取率显著提高, 具有低能耗、高效率等特点。

### 3.3. 提取样品中黄酮的测定

楠竹叶样品经高效液相色谱分析后得到完整的峰位置及出峰时间, 并且可以记录其相应的峰面积, 图4中对应峰1异荭草素, 2荭草素, 3牡荆素, 4异牡荆素的出峰时间分别为14.3、17.2、26.1、27.7 min。经过HPLC分析, 供试样品峰面积经标准曲线计算后得到的实验数据如表1所示。

如表1所示, 经HPLC检测分析竹黄酮产品, HPLC检测条件为: 乙腈: 2%冰醋酸水溶液 = 14:86; 流速: 1.0 mL/min; 进样量: 5.0  $\mu$ L, 检测波长: 350 nm; 检测温度: 40 $^{\circ}$ C。测得5份平行样品中异荭草素的平均含量为0.1235 mg/g, 荭草素的平均含量为0.0922 mg/g, 牡荆素的平均含量为0.0405 mg/g, 异牡荆素的平均含量为0.0125 mg/g, 计算四种成分含量的相对标准偏差分别为3.3%、1.2%、1.5%和0.8%, 说明该方法具有良好的精密度和稳定性。



**Figure 4.** HPLC-MS of the samples (1 isoorientin; 2 orientin; 3 vitexin; 4 isovitexin)  
**图4.** 楠竹叶样品 HPLC-MS 图(1 异荭草素; 2 荭草素; 3 牡荆素; 4 异牡荆素)

**Table 1.** Content of 4 kinds of bamboo flavonoids**表 1.** 楠竹样品中四种黄酮成分的含量

样品	异荭草苷含量 (mg/g)	荭草苷含量 (mg/g)	牡荆素含量 (mg/g)	异牡荆素含量 (mg/g)
1	0.1287	0.0914	0.0412	0.0126
2	0.1235	0.0937	0.0399	0.0124
3	0.1190	0.0920	0.0398	0.0124
4	0.1202	0.0930	0.0406	0.0126
5	0.1263	0.0909	0.0408	0.0125
平均	0.1235	0.0922	0.0405	0.0125
RSD(%)	3.3	1.2	1.5	0.8

#### 4. 结论

本实验对超声波与微波协同辅助萃取过程中的乙醇体积分数、料液比、超声波功率、微波功率以及萃取动力学进行分析,通过单因素实验确定最优参数,并对超声波与微波协同萃取机理进行分析与阐释。超声波与微波协同的方法萃取竹黄酮的最佳条件为:乙醇体积分数 80%,料液比 1:14 g/mL,超声波功率 1000 W,微波功率 600 W,协同工作时间为 3 min,总黄酮提取率达到 3.35 mg/g。通过 HPLC 测得样品中异荭草苷的含量为 0.1235 mg/g,荭草苷的含量为 0.0922 mg/g,牡荆素的含量为 0.0405 mg/g,异牡荆素的含量为 0.0125 mg/g。本研究为超声波与微波协同应用于楠竹叶中总黄酮的提取提供了理论依据,也为其他植物黄酮的萃取提供数据支持,对竹叶资源的深度开发具有一定意义,也可应用于其他天然产物的提取分离。

#### 致 谢

作者感谢东北林业大学大学生创新训练(201810225015)项目,东北林业大学双一流建设启动金(YQ2015-02)和黑龙江省博士后启动金(LBH-Q16001)的资助。

#### 参考文献

- [1] 漆良华,刘广路,范少辉.不同抚育措施对闽西毛竹林碳密度、碳贮量与碳格局的影响[J].生态学杂志,2009,28(8):1482-1488.
- [2] 潘进权,张世英,何敏婷.竹叶总黄酮提取工艺及抗氧化特性的研究[J].中国食品学报,2012,12(3):39-44.
- [3] Sun, Y., Yang, K., Cao, Q., Sun, J., Xia, Y., Wang, Y., Li, W., Ma, C. and Liu, S. (2017) Homogenate-Assisted Vacuum-Powered Bubble Extraction of Moso Bamboo Flavonoids for On-line Scavenging Free Radical Capacity Analysis. *Molecules*, **22**, 1156-1168.
- [4] Wu, D., Chen, J.-Y., Lu, B.-Y., et al. (2012) Application of Near Infrared Spectroscopy for the Rapid Determination of Antioxidant Activity of Bamboo Leaf Extract. *Food Chemistry*, **135**, 2147-2156. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.011>
- [5] 冯广卫,李翠兵,廖尚高,张丽娟,李勇军,龙庆德,王永林.荭草素和异荭草素、牡荆素和异牡荆素 2 对碳苷化合物的快速检测与鉴定[J].药物分析杂志,2011,31(7),1263-1268.
- [6] Hu, C., Zhang, Y. and David, D.K. (2000) Evaluation of Antioxidant and Prooxidant Activities of Bamboo *Phyllostachys nigra* Var. *Henonis* Leaf Extract *In Vitro*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 3170-3176. <https://doi.org/10.1021/jf0001637>
- [7] 栗明月,焦梦荷,蒋林树,方洛云.竹叶黄酮的生理功能及应用前景[J].中国农学通报,2018,34(32):144-149.
- [8] 杨国栋,饶娜,田嘉铭,安芳,王书华.金莲花中荭草苷和牡荆苷抗氧作用的研究[J].时珍国医国药,2011,22(9):



2172-2173.

- [9] 周桃英, 李国庆, 崔东坡. 竹叶黄酮抗疲劳作用的实验研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(5): 154-166.
- [10] 张英. 天然功能性添加剂——竹叶提取物[J]. 精细与专用化学品, 2002(7): 20-22.
- [11] 付晓春, 李少鹏, 邱蔚芬, 罗懿斌. 竹叶提取物防治脑缺血的药效学研究[J]. 广州中医药大学学报, 2006, 23(6): 492-495.
- [12] 焦晶晶. 竹叶特征性黄酮类化合物研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [13] 周伟, 于笛, 等. 超声微波协同萃取丁香叶总黄酮工艺及其稳定性研究[J]. 中国食品添加剂, 2018(8): 111-119.
- [14] 裴志胜, 张海德, 袁腊梅, 等. 超声微波协同萃取紫参薯花青素工艺[J]. 食品科学, 2012, 33(2): 78-83.
- [15] Liang, Q., Chen, H., Zhou, X., *et al.* (2017) Optimized Microwave-Assistant Extraction Combined Ultrasonic Pretreatment of Flavonoids from *Periploca forrestii* Schltr. and Evaluation of Its Anti-Allergic Activity. *Electrophoresis*, **38**, 1113. <https://doi.org/10.1002/elps.201600515>
- [16] Wang, T., Li, W. and Li, T. (2017) Microwave-Ultrasonic Synergistic Extraction of Crude (Se)-Polysaccharides from Se-Enriched Tea. *The International Conference on Material Science and Engineering Technology*, **737**, 360-366.
- [17] 宁冬雪, 曹龙奎. 超声微波协同萃取红豆中总黄酮的工艺研究[J]. 农产品加工, 2017(8): 16-18+23.
- [18] 庞敏, 王远辉, 刘茜. 超声微波协同辅助提取辣椒总碱的工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 175-188.
- [19] Cheng, C., Duan, W. and Duan, Z., *et al.* (2013) Extraction of Chondroitin Sulfate from Tilapia Byproducts with Ultrasonic-Microwave Synergistic. *Advanced Materials Research*, **726-731**, 4381-4385. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.726-731.4381>
- [20] Xu, L., He, W., Lu, M., *et al.* (2018) Enzyme-Assisted Ultrasonic-Microwave Synergistic Extraction and UPLC-QTOF-MS Analysis of Flavonoids from Chinese Water Chestnut Peels. *Industrial Crops & Products*, **117**, 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.012>

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [br@hanspub.org](mailto:br@hanspub.org)