

# Homogenate-Assisted Negative-Pressure Cavitation Extraction of Total Flavonoids from *Phyllostachys pubescens* Leaves for Stability Analysis

Yu Xia, Mengru Wang, Kui Yang, Yinnan Sun, Chunhui Ma, Wei Li\*, Shouxin Liu

College of Material Science and Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Email: [liwei19820927@126.com](mailto:liwei19820927@126.com)

Received: Dec. 4<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2017; published: Jan. 4<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

In this study, the total flavonoids was extracted from *Phyllostachys pubescens* leaves by homogenate-assisted negative-pressure cavitation method. The volume fraction of alcohol, homogenate time, the solid to liquid ratio, the air velocity, the cavitation equipment shape and cavitation time were optimized by single factor experiment, and the stability of total flavonoids under the conditions of light irradiation, being heated, and different pH were studied. The optimum condition for extraction of *Phyllostachys pubescens* leaves was adding 14 times 70% ethanol solution, homogenating for 210 s, and then cavitating by the pear shaped instrument at 200 mL/min air velocity for 50 min; the extraction yield of total flavonoids was 76.05 mg/g. Flavonoids extract from *Phyllostachys pubescens* leaves was stable under the pH from 5 - 7; through thermal stability analysis, flavonoids were stable when the temperature was below 40°C; flavonoids were thermal degraded from 64.32 mg/g to 36.37 mg/g at 80°C for 20 h; through sunlight and ultraviolet light irradiation stability analysis, when flavonoids was irradiated by natural light for 20 h, the content of flavonoids was basically unchanged, and the effect of light irradiation order was UVC > UVB > UVA. The research results provided theoretical basis for the exploitation and utilization of flavonoids compounds in bamboo.

## Keywords

*Phyllostachys pubescens*, Flavonoids, Homogenate-Assisted Negative-Pressure, Cavitation, Stability

# 匀浆辅助负压空化提取楠竹叶总黄酮及其稳定性研究

夏宇, 王梦茹, 杨奎, 孙殷楠, 马春慧, 李伟\*, 刘守新

\*通讯作者。

文章引用: 夏宇, 王梦茹, 杨奎, 孙殷楠, 马春慧, 李伟, 刘守新. 匀浆辅助负压空化提取楠竹叶总黄酮及其稳定性研究[J]. 植物学研究, 2018, 7(1): 21-28. DOI: 10.12677/br.2018.71004

东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨  
Email: liwei19820927@126.com

收稿日期: 2017年12月4日; 录用日期: 2017年12月21日; 发布日期: 2018年1月4日

## 摘要

本研究以楠竹叶为原料, 采用匀浆辅助空化的方法萃取总黄酮, 对匀浆过程中乙醇体积分数、匀浆时间、料液比以及空化过程中空气流速、空化仪器形状、空化时间等因素, 通过单因素试验确定最优参数, 并对楠竹叶中总黄酮在光、热、酸碱条件下的稳定性进行研究。结果表明: 其最佳的提取条件为: 用1:14 g/mL料液比加入70%乙醇溶液匀浆210 s后, 再经梨形空化器以空气流速为200 mL/min空化萃取50 min, 总黄酮提取率为76.05 mg/g。通过酸碱稳定性分析, 竹黄酮在pH值5~7范围内稳定; 通过热稳定性分析得知, 低于40℃时竹黄酮类化合物稳定, 当80℃热降20 h, 总黄酮含量从64.32 mg/g降至36.37 mg/g; 通过日光及紫外光照射, 发现自然光照射20 h, 黄酮类化合物含量基本稳定, 破坏竹黄酮稳定性的光照次序为UVC > UVB > UVA。研究结果为竹类植物中天然产物开发利用提供了理论依据, 对楠竹的综合利用具有指导意义。

## 关键词

楠竹, 黄酮, 匀浆辅助, 空化, 稳定性

Copyright © 2018 by authors 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、适应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, 作为竹子加工利用后的废弃物—竹叶虽然在我国有悠久的药用和食用历史, 但是对其开发利用相对滞后 [2]。黄酮类化合物是楠竹提取物中的主要活性成分, 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 [3] [4], 具有优良的清除自由基, 抗氧化, 抗衰老, 预防心脑血管疾病以及保护肝脏, 抗癌症, 美化肌肤等功效 [5]。因此, 竹黄酮是一种非常有应用前途的药物、化妆品天然添加剂、食品抗氧化剂, 在多个领域有着广泛的应用潜力。根据文献, 竹黄酮类化合物常见的提取方式有热水提取、超声波提取、酶提取、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取、回流提取法等多种方法 [6]。热水提取法得到的提取液杂质较多, 并且高温会破坏黄酮的结构; 超声波提取法不适于工业化生产, 规模较小; 酶提取法可能会破坏黄酮类物质的有效成分, 生成其他杂质; 萃取法得到的黄酮提取率较低, 时间过长; 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取法投资较大, 运行成本较高 [7], 因此需要一种方法简单、设备简易、溶剂用量少、稳定性好、生产成本低的方法从楠竹叶中提取总黄酮。本研究通过单因素法对匀浆辅助空化提取楠竹叶中总黄酮的实验条件进行优化, 然后对竹黄酮提取液进行酸碱以及光热稳定性分析, 还对匀浆辅助及空化萃取的机理进行了详尽的阐释, 为楠竹黄酮的开发利用提供理论依据。

## 2. 实验

### 2.1. 材料与仪器

楠竹叶于 2016 年 10 月从四川宜宾竹林收集, 粉碎后(40~60 目)作为总黄酮的提取原料。

BL25B12 型匀浆机(200 W, 广东美的生活电器制造有限公司), KQ-100B 型超声机(昆山超声设备有限公司), SHB-III 型循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司), TU-1900 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司), UVA, UVB, UVC 灯(TL-D, 20W, PHILIPS), 圆柱形, 梨形空化设备均为自制(圆柱形 300 × 20 mm, 梨形 1 L 分液漏斗)。

芦丁对照品购自中国药品生物制品检定所, 纯度大于 98%。整个实验中所用到的去离子水是由 Milli-Q 去离子水纯化系统(Millipore, 美国)纯化, 经过 0.45 μm 的过滤膜(广福化学试剂有限公司, 天津, 中国)过滤之后, 应用于紫外光谱分析。

### 2.2. 实验方法

#### 2.2.1. 楠竹叶含水率的测定

精密称取楠竹叶粉末 1.00 g (三份), 放入 105℃ ± 3℃ 的烘箱干燥至恒重, 计算含水率为 5.99%。

#### 2.2.2. 楠竹叶总黄酮含量测定

芦丁为对照品测定总黄酮含量的方法改良如下: 2.50 mg 芦丁溶解在 50 mL 甲醇作为对照品储备液(0.05 mg/mL), 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 4% (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[8], 吸光度与浓度线性回归得芦丁标准曲线( $Y = 8.3201X + 0.0065$ ,  $R^2 = 0.9999$ ), 芦丁对照品在 3.125~50 μg/mL 范围内, 浓度与吸光度有良好的线性关系。

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, 再通过标准曲线计算楠竹叶中总黄酮的含量。

#### 2.2.3. 楠竹叶匀浆辅助负压空化提取物的制备

取 10.0 g 竹叶(绝干)加入 140 mL 70% 的乙醇水溶液后, 放入功率为 200 W 的匀浆机中匀浆 210 s 后, 将原料与溶剂转移到梨形空化设备中, 以 200 mL/min 空气速率空化萃取 50 min 后, 对提取溶液进行过滤, 得匀浆辅助空化提取的竹叶黄酮提取液。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, 再通过标准曲线计算楠竹叶中总黄酮的含量。

#### 2.2.4. 竹叶黄酮提取物的稳定性测试

精密量取竹黄酮提取液 25.0 mL 9 份, 分别用 0.1 mol/L 的 HCL 和 NaOH 溶液调节 pH 值至 3、4、5、6、7、8、9、10、11, 依据 2.2.2 项所述方法测定不同 pH 环境的总黄酮含量, 分析其酸碱稳定性。

精密量取竹黄酮提取液 25.0 mL 35 份, 分别于 20℃、30℃、40℃、50℃、60℃、70℃、80℃ 的水浴锅中避光保温 20 h, 每隔 4 h 取样, 依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量, 分析其热稳定性。

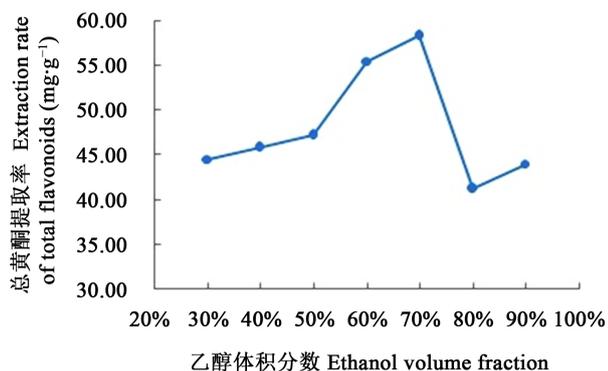
精密量取竹黄酮提取液 25.0 mL 25 份, 分别置于避光, 室内日光, UVA 灯、UVB 灯、UVC 灯 30 cm 处平行照射 20 h, 每隔 4 h 取样, 依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量, 分析其光稳定性。

### 3. 结果与分析

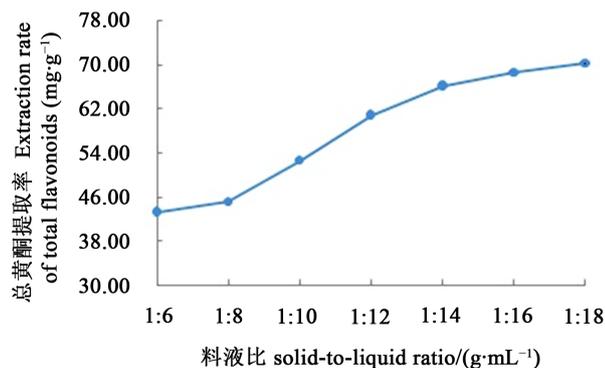
#### 3.1. 匀浆单因素分析

##### 3.1.1. 匀浆过程中乙醇体积分数对总黄酮提取效果的影响

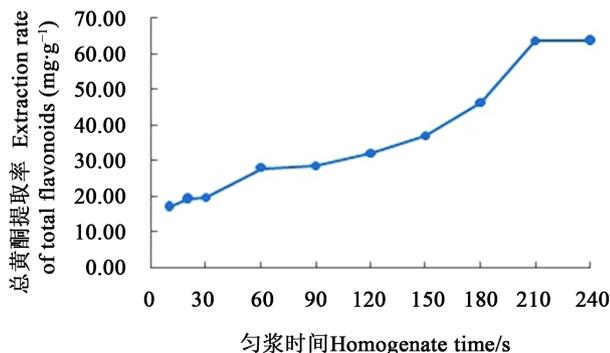
溶剂浓度是提取过程中的一个重要参数。本实验取 10.0 g 竹叶(绝干)分别加入 140 mL 30%、40%、50%、60%、70%、80%、90% 的乙醇水溶液后, 放入功率为 200 W 的匀浆机匀浆 210 s, 依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量。由图 1(a), 当乙醇体积分数从 30% 增至 70% 时, 总黄酮提取率由 44.45 mg/g 升至 58.45 mg/g, 当乙醇体积分数继续增至 80% 时, 总黄酮提取率反而降至 41.24 mg/g。因此, 70% 乙醇匀浆提取竹叶总黄酮效果最好。



(a)



(b)



(c)

Figure 1. Single factor analysis of homogenate extraction of bamboo total flavonoids

图 1. 匀浆萃取竹黄酮单因素分析

### 3.1.2. 匀浆过程中料液比对总黄酮提取效果的影响

为了提高萃取效率,降低溶剂消耗,本实验对料液比进行了优化。取 10.0 g 竹叶(绝干)分别加入 60、80、100、120、140、160、180 mL 的 70% 的乙醇水溶液后,放入功率为 200 W 的匀浆机匀浆 210 s,依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量。由图 1(b),当料液比从 1:6 至 1:14 g/mL 时,总黄酮提取率明显增加,由 43.24 mg/g 增至 66.18 mg/g,当料液比从 1:14 至 1:18 g/mL 时,总黄酮提取率增加不明显,且成本增加。因此,当料液比为 1:14 g/mL 时较为合适。

### 3.1.3. 匀浆时间对总黄酮提取效果的影响

匀浆过程可以粉碎原料,得到均匀的细小颗粒,同时破坏植物细胞壁,匀浆时间会影响粉碎颗粒大小,本实验对匀浆时间进行了优化。取 10.0 g 竹叶(绝干)分别加入 140 mL 的 70% 的乙醇水溶液后,放入功率为 200 W 的匀浆机分别匀浆 10、20、30、60、90、120、150、180、210、240 s,依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量。由图 1(c)可知,匀浆时间由 10 s 增加到 210 s 时,总黄酮提取率由 17.11 mg/g 升至 63.38 mg/g,增长迅速。这是由于随着匀浆时间延长,植物粒径变小,较小的粒径可以提供更高的比表面积,从而缩短传质路径,提高传质效率。而匀浆时间由 210 s 增加到 240 s 时,总黄酮提取率增加较少,只增加了 0.16 mg/g。考虑到时间成本及能耗问题,故最佳匀浆时间选择 210 s。

## 3.2. 最佳空化条件的选择

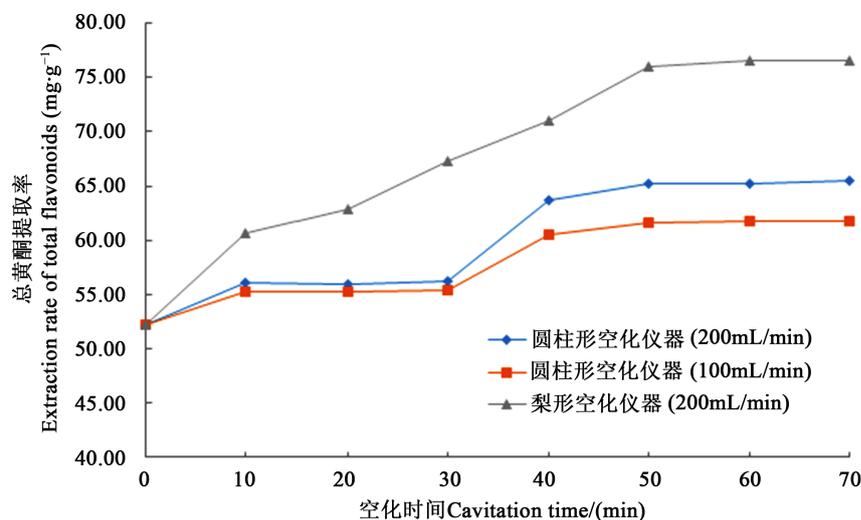
匀浆导致的细胞壁破裂,比表面积的增大加速了空化过程中楠竹叶总黄酮的扩散和传质。空化是一种由负压产生的流体动力过程,由于负压,空气被不断引入空化仪器中,数以百万计的小气泡不断生长,在液体或液固界面溃灭,不仅导致细胞肿胀或细胞壁的击穿,使溶剂可以扩散到楠竹叶颗粒的内部,而且提高萃取溶剂与楠竹叶颗粒之间的碰撞和传质,可以高效的萃取楠竹叶中的总黄酮。

空气流速是影响提取率的关键参数,直接影响溶剂与楠竹叶颗粒湍流、碰撞和传质。而气泡产生于仪器壁,仪器形状也会对气泡产生量有一定影响,进而影响萃取效果。因此我们对空化过程中的仪器形状和空气流速进行优化。取 10.0 g 竹叶(绝干) 21 份,加入 140 mL 的 70% 的乙醇水溶液后,放入功率为 200 W 的匀浆机分别匀浆 210 s 后,将楠竹叶匀浆提取物分别置于空气流速为 100 mL/min 的圆柱形空化仪器,空气流速为 200 mL/min 的圆柱形空化仪器,空气流速为 200 mL/min 的梨形空化仪器中,空化萃取 70 min,每隔 10 min 取样,依据 2.2.2 项所述方法测定总黄酮含量。由图 2 可知,相同的圆柱形空化仪器,空气流速为 200 mL/min 的提取率始终大于空气流速为 100 mL/min,而空气流速均为 200 mL/min 时,梨形空化仪器提取率始终大于圆柱形空化仪器,这是由于空气流速大,单位时间产生的气泡量大,湍流效果好,有利于碰撞,湍流和传质。而梨形空化仪器底部比表面积大,仪器壁上产生的气泡量大,因仪器上部半径较小,气泡的上升的过程中受到的压力急速减小而破裂,气泡的崩溃产生气蚀,使楠竹叶颗粒的表面被腐蚀,溶剂可以扩散到楠竹叶颗粒的内部,总黄酮转移到溶剂中。因此我们应选取空气流速为 200 mL/min 梨形空化仪器,使用该仪器空化 50 min 时,总黄酮提取率明显增加,由 52.20 mg/g 增至 76.05 mg/g,而空化时间增加到 70 min 时,提取率与 50 min 时基本持平,因此空气流速为 200 mL/min 梨形空化仪器空化 50 min 最佳。

## 3.3. 竹黄酮提取物稳定性分析

### 3.3.1. pH 对楠竹叶黄酮稳定性的影响

由表 1 可知,楠竹叶黄酮的 pH 在 5~7 时,楠竹叶黄酮含量变化不大,小于 1.0%,且始终为浅黄色;pH 为 3 和 4 时,楠竹叶黄酮含量分别减少 8.3% 和 6.9%,不变色;当 pH 在 8~11 时,黄酮由浅黄色变为棕黄色,且 pH 越大,楠竹叶黄酮含量降低越多,当 pH 为 11 时,含量降低 12.5%。因此,pH 对楠竹叶



**Figure 2.** Effect of the velocity of air flow, the shape of the equipment and cavitation time on extraction of bamboo total flavonoids

**图 2.** 空化仪器形状, 空气流速和空化时间对总黄酮提取效果的影响

**Table 1.** Effect of pH on the stability of flavonoids extracts from bamboo leaves

**表 1.** pH 对楠竹叶黄酮稳定性的影响

pH	总黄酮提取率 Extraction rate of total flavonoids (mg·g <sup>-1</sup> )	颜色 Colour
3	52.2	浅黄 Light yellow
4	53.03	浅黄 Light yellow
5	56.51	浅黄 Light yellow
6	56.96	浅黄 Light yellow
7	56.35	棕黄 Brown yellow
8	52.97	棕黄 Brown yellow
9	51.98	棕黄 Brown yellow
10	51.15	棕黄 Brown yellow
11	49.82	棕黄 Brown yellow

黄酮稳定性有一定影响, 在提取和使用过程中应将 pH 控制在 5~7 之间。而我们提取楠竹叶总黄酮的匀浆辅助空化提取法, 整个过程 pH 始终在 5~7 之间, 避免黄酮的降解。

### 3.3.2. 受热对楠竹叶黄酮稳定性的影响

由表 2 可知, 楠竹叶黄酮在加热温度为 20℃~40℃时, 楠竹叶黄酮损失不大, 且始终为浅黄色; 温度升高至 50℃~80℃, 楠竹叶黄酮损失较大, 且由浅黄色变为棕黄色, 尤其在 80℃加热 20 h 后楠竹叶黄酮的保留率仅为 56.5%, 所以在提取时应注意避免 50℃以上的高温。机械粉碎楠竹叶是一个放热过程, 在这个过程中, 热敏化合物竹黄酮可能会降解, 因此我们选取匀浆粉碎的方法, 在楠竹叶中加入适量的溶剂可避免匀浆过程中因温度升高而引起的黄酮降解。我们选取的匀浆辅助空化提取楠竹叶黄酮的方法, 相比于热水提取法与回流提取法, 全程没有加热过程, 温度始终在 40℃以下, 能有效防止楠竹叶黄酮受热分解。因此, 匀浆辅助空化是一种极佳的提取楠竹叶中总黄酮的方法。

**Table 2.** Effect of being heated on the stability of flavonoids extracts from bamboo leaves ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  
**表 2.** 受热对楠竹叶黄酮稳定性的影响( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )

温度(Temperature/ $^{\circ}\text{C}$ )	时间(Time/h)						颜色 Colour
	0	4	8	12	16	20	
20	64.32	63.49	61.44	59.39	57.79	52.31	浅黄 Light yellow
30	64.32	63.49	61.44	59.39	57.79	52.31	浅黄 Light yellow
40	64.32	63.49	61.44	59.39	57.79	52.31	浅黄 Light yellow
50	64.32	63.32	58.62	52.53	48.60	43.90	棕黄 Brown yellow
60	64.32	62.82	57.18	51.31	45.83	40.58	棕黄 Brown yellow
70	64.32	61.55	57.57	50.20	44.17	38.69	棕黄 Brown yellow
80	64.32	61.05	54.24	48.16	40.85	36.37	棕黄 Brown yellow

### 3.3.3. 光照对楠竹叶黄酮稳定性的影响

由表 3 可知, 楠竹叶总黄酮在室内避光条件下损失很少, 约为 0.5% 左右; 在室内日光, UVA 灯照射下损失较小, 20 h 后分别还能保留 98.8%, 90.3%, 且颜色始终不变; 20 h 长时间 UVB, UVC 灯照射, 楠竹叶黄酮不仅会大量降解, 分别降解 17.6%, 39.5%, 而且颜色还会由浅黄色变为棕黄色。因此影响竹黄酮稳定性的光照次序为 UVC > UVB > UVA。由此可知楠竹叶总黄酮的日照光稳定性较好, 但要避免紫外光近距离长时间的照射。

### 3.4. 匀浆空化机理分析

本研究以楠竹叶为原料, 采用匀浆辅助空化的方法萃取总黄酮。匀浆过程可以粉碎原料, 不仅得到均匀的细小颗粒, 而且破坏植物细胞壁。随着匀浆时间延长, 植物粒径变小, 较小的粒径可以提供更高的比表面积, 从而缩短传质路径, 提高传质效率, 同时加速了空化过程中楠竹叶总黄酮的扩散和传质。空化是一种由负压产生的流体动力过程, 由于负压, 空气被不断引入空化仪器中, 数以百万计的小气泡不断生长, 在液体或液固界面溃灭, 不仅导致细胞肿胀或细胞壁的击穿, 使溶剂可以扩散到楠竹叶颗粒的内部, 而且提高萃取溶剂与楠竹叶颗粒之间的碰撞和传质, 可以高效的萃取楠竹叶中的总黄酮。空化过程中空气流速大, 单位时间产生的气泡量大, 湍流效果好, 有利于碰撞, 湍流和传质。而梨形空化仪器底部比表面积大, 仪器壁上产生的气泡量大, 因仪器上部半径较小, 气泡的上升的过程中受到的压力急速减小而破裂, 气泡的崩溃产生气蚀, 使楠竹叶颗粒的表面被腐蚀, 溶剂可以扩散到楠竹叶颗粒的内部, 总黄酮转移到溶剂中。

## 4. 结论

本实验对匀浆过程中乙醇体积分数、匀浆时间、料液比以及空化过程中空气流速、空化仪器形状、空化时间等因素, 通过单因素试验确定最优参数, 并对楠竹叶中总黄酮在光照、受热、酸碱条件下的稳定性进行研究。匀浆辅助空化的方法萃取楠竹叶总黄酮的最佳提取条件为: 用 1:14 g/mL 料液比加入 70% 乙醇溶液匀浆 210 s 后, 再经梨形空化器以空气流速为 200 mL/min 空化萃取 50 min, 总黄酮提取率为 76.05 mg/g。通过酸碱稳定性分析, 竹黄酮在 pH 值 5~7 范围内稳定; 通过热稳定性分析得知, 低于 40 $^{\circ}\text{C}$  时竹黄酮类化合物稳定性良好, 且始终为浅黄色, 当 80 $^{\circ}\text{C}$  受热 20 h, 总黄酮含量从 64.32 mg/g 降至 36.37 mg/g, 由浅黄色变为棕黄色; 通过日光及紫外光照射, 发现自然光照射 20 h, 黄酮类化合物含量基本稳定,

**Table 3.** Effect of light irradiation on the stability of flavonoids extracts from bamboo leaves ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )  
**表 3.** 光照对楠竹叶黄酮稳定性的影响( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )

光源(Light)	时间(Time/h)	0	4	8	12	16	20	颜色 Colour
	避光 Protect form light		64.32	64.26	64.32	64.15	64.21	63.98
室内日光 Nature light		64.32	64.26	64.21	64.21	63.76	63.54	浅黄 Light yellow
UVA		64.32	64.04	64.10	63.60	60.89	58.12	浅黄 Light yellow
UVB		64.32	63.32	60.83	57.57	55.24	53.64	棕黄 Brown yellow
UVC		64.32	61.33	57.18	51.31	45.28	38.92	棕黄 Brown yellow

仅降低 1.2%，破坏竹黄酮稳定性的光照次序为 UVC > UVB > UVA。本研究为楠竹叶中总黄酮的开发利用提供了理论依据，对楠竹叶的综合利用具有指导意义。

## 致 谢

作者感谢国家重点研发计划(2017YFD0601006)，黑龙江省青年科学基金资助项目(QC2015034)，中央高校基本科研业务费(2572016BB01)，黑龙江省博士后科研启动金(LBH-Q16001)和东北林业大学大学双一流科研启动金(YQ2015-02)的资助。

## 参考文献 (References)

- [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] 张英, 丁霄霖. 竹叶有效成分和抗活性氧自由基效能的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1996, 15(3): 17-24.
- [4] 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>
- [5] 陆柏益, 张英, 吴晓琴. 竹叶黄酮的抗氧化性及其心脑血管药理活性研究进展[J]. 林产化学与工业, 2005, 25(3): 120-124.
- [6] 孙智敏, 李发堂, 殷蓉. 黄酮类化合物提取工艺研究进展[J]. 河北化工, 2005(4): 7-30.
- [7] 王鑫. 黄酮类化合物提取方法的应用[J]. 天津药学, 2007, 19(5): 61-66.
- [8] 温玲蓉, 林恋竹, 赵谋明. 溪黄草常压回流提取物与减压回流提取物抗氧化性的比较[J]. 现代食品科技, 2010(1): 71-75.

**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)