

# 酶解法提取楠竹叶黄酮的工艺研究

喻浩洋, 张臻, 袁圆, 梁淼, 贺正宜\*, 贺国文

湖南城市学院材料与化学工程学院, 湖南 益阳

收稿日期: 2026年3月18日; 录用日期: 2026年4月23日; 发布日期: 2026年4月30日

## 摘要

竹叶黄酮是一种天然的有机混合物, 可以有效地降血糖、血脂, 对于心脑血管疾病也有一定的预防作用, 而且还可以起到抗氧化作用。本文采用单因素实验法, 从酶的种类、料液比、酶解时间和酶的用量四方面, 并进行正交实验对楠竹叶总黄酮的提取工艺进行了优化。结果显示, 采用纤维素酶, 以4 g竹粉为原料, 酶用量为0.05 g, 酶解时间为1.5 h, 料液比为1:16 g/ml时, 黄酮得率达最高(1.75%)。本文所采用的酶解法相较于传统的溶剂提取法更为高效环保, 为竹叶黄酮提取工艺的研究提供了新的思路, 助力竹叶黄酮的开发与利用。

## 关键词

黄酮, 提取, 酶解法, 楠竹叶

# Research on the Extraction Process of Flavonoids from Moso Bamboo Leaves by Enzymatic Hydrolysis

Haoyang Yu, Zhen Zhang, Yuan Yuan, Miao Liang, Zhengyi He\*, Guowen He

School of Materials and Chemical Engineering, Hunan City University, Yiyang Hunan

Received: March 18, 2026; accepted: April 23, 2026; published: April 30, 2026

## Abstract

Bamboo leaf flavonoids are a natural organic mixture that can effectively lower blood sugar, blood lipids, and also have a certain preventive effect on cardiovascular and cerebrovascular diseases, and can also play an antioxidant role. In this paper, the extraction process of total flavonoids in moso

\*通讯作者。

文章引用: 喻浩洋, 张臻, 袁圆, 梁淼, 贺正宜, 贺国文. 酶解法提取楠竹叶黄酮的工艺研究[J]. 化学工程与技术, 2026, 16(3): 162-170. DOI: 10.12677/hjct.2026.163016

bamboo leaves was optimized from the four aspects of enzyme type, material-liquid ratio, enzyme hydrolysis time and enzyme dosage, and orthogonal experiments were carried out by using the single-factor experimental method. The results showed that when cellulase was used, the enzyme dosage was 0.05 g, the enzymatic hydrolysis time was 1.5 h, and the material-liquid ratio was 1:16 g/ml, the yield of flavonoids reaches its maximum value of 1.75%. Compared with the traditional solvent extraction method, the enzymatic hydrolysis method used in this paper is more efficient and environmentally friendly, which provides a new idea for the research of bamboo leaf flavonoid extraction process, thereby helping the development and utilization of bamboo leaf flavonoids.

## Keywords

Flavonoids, Extraction, Enzymatic Hydrolysis, Moso Bamboo Leaves

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

黄酮类物质是一大类的植物多酚类次生代谢产物，是人体所需的一种物质[1]。竹叶黄酮是一种天然的有机混合物[2]，对人体可产生显著的生理作用[3]，如抗氧化[4]、抗癌[5]、抑菌抗炎[6]、抗心脑血管疾病[7]、抗衰老、抗疲劳[8]、抗肿瘤、增强免疫作用[9]。竹叶黄酮高效的提取工艺研究对竹资源功能化应用具有重要的意义。常见的竹叶黄酮的提取方法有浸提法、物理辅助提取法、酶解法等[10][11]。浸提法便宜、安全，适合工业化生产，但提取效率不高[12]。物理辅助提取法有微波法和超声波法，低能耗、高效率、低溶剂，但需要较多技术、设备，成本较高，难以实现工业化应用[13]。超临界流体萃取法是在室温下提取，产量高，没有残留的有机溶剂[14]，但常用于提取某些低等级、高生产价值的植物成分，大规模生产还不可能[13][15]。酶解法是一种通过生物酶解和酶解等手段实现对植物细胞壁组分的水解和降解，使胞中活性物质充分溶出的一种新技术，操作简单，减少了能量的损耗，也避免对环境造成污染，是对生物活性成份提取值得发展的工艺[13]。湖南益阳为“中国楠竹之乡”，楠竹资源虽丰富，但高质化利用程度低，在楠竹竹叶黄酮的提取方面缺乏优化的高效酶解工艺数据。本文旨在采用酶解工艺对楠竹叶黄酮提取工艺的研究为竹叶黄酮的工业化应用提供理论依据，促进竹资源的深度开发利用。

## 2. 实验部分

### 2.1. 实验原料及药品试剂

鲜楠竹竹叶，两年生楠竹叶，益阳桃江某竹林基地；芦丁，标准品，中国药品生物制品检定所；纤维素酶，酶活力/(10万 U/g)，宁夏和氏璧生物技术；果胶酶，酶活力/(10万 U/g)，合肥千盛生物科技；醋酸-醋酸钠(HAc-NaAc)缓冲液，pH=4.5，飞净生物科技；无水乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠，均为AR，天津市恒兴化学试剂。

### 2.2. 实验仪器与设备

组织捣碎机，JJ-2，金坛市富华仪器；电热鼓风干燥箱，101-1AB型，天津市泰斯特仪器；双光束紫外可见分光光度计，TU-1901，北京普析通用仪器；索氏提取器，BSXT06-150，北京金洋万达科技。

### 2.3. 鲜竹叶预处理

去除枯死或发黄的叶子后,将鲜竹叶用水清洗3遍,再将其放入到电热鼓风干燥箱中,在60℃下进行恒温烘干,直至完全干燥。将干燥后的竹叶剪成小块,然后用组织破碎器捣碎5 min,最后装入袋中,以密封的方式进行干燥贮存。

### 2.4. 楠竹叶黄酮的提取

本文主要研究酶解法对楠竹叶总黄酮的提取。为了与酶解法作对比研究,采用常规乙醇浸提法和索氏提取法来提取楠竹叶总黄酮。

#### (1) 酶解法提取竹叶黄酮。

将4 g楠竹叶粉末装入200 ml烧瓶,加入纤维素酶或果胶酶0.05 g以及HAc-NaAc缓冲剂50 ml,其pH值为4.5,混合均匀后,放置在45℃的水浴中反应1.5 h。其次,将pH值用NaOH溶液调至9.0,再将其置于85℃的水浴锅中加热15 min,从而使酶失活。无水乙醇与酶溶液等量混合,使醇浓度为50%。在此溶液中提取竹叶样品24 h,提取液过滤后加入50%无水乙醇100 ml,再次提取。将两次提取液合并,经过过滤、蒸馏和浓缩处理,最终获得黄酮类化合物,计算黄酮得率。

#### (2) 浸提法提取竹叶黄酮。

称取一定量的楠竹粉,加入适量的乙醇,保持料液比为1:16 g/ml,加热回流1.5 h,冷却过滤,蒸馏和浓缩处理,最终获得黄酮类化合物,计算黄酮得率。

#### (3) 索氏提取法提取竹叶黄酮。

称取适量的竹粉,置入滤纸圆筒,使用无水乙醇作回流液,电热套加热,料液比控制在1:16 g/ml,单次回流时间约12 min,总回流时间为1.5 h。冷却后,蒸馏和浓缩处理,最终获得黄酮类化合物,计算黄酮得率。

### 2.5. 总黄酮含量的测定

参考相关的文献[16][17],本文对竹叶中的黄酮类化合物的检测采用了分光光度分析法。本研究以芦丁为参照,选择 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$ 作为显色剂,来测定总黄酮含量。

#### (1) 芦丁对照品溶液的配制。

称取芦丁标准品0.04 g放入100 ml烧杯中,加50 ml甲醇后超声使之充分溶解后用60%乙醇定容至1 L,摇匀,即得芦丁对照品溶液。

#### (2) 最大吸收波长的确定和标准曲线的绘制

取芦丁对照品溶液和竹叶黄酮提取溶液各5.0 ml,分别置入25 ml容量瓶中,加入0.5 mol/L的 $\text{NaNO}_2$ 溶液1.0 ml,扩散10 min后加入0.3 mol/L的 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液1.0 ml,摇匀,再加入1.0 mol/L的NaOH溶液5.0 ml,再用60%乙醇定容,超声3 min,在475~525 nm扫描。研究发现,用楠竹竹叶总黄酮提取物在区间有吸收峰(见图1), $\lambda_{\text{max}} = 510 \text{ nm}$ ,与芦丁对照品溶液吸收相似,故选用510 nm为黄酮的检测波长。

采用60%的乙醇配制0、0.01、0.02、0.03、0.04、0.05 mg/ml的黄酮溶液各50 ml,过程中加入1.4 ml浓度为5%的 $\text{NaNO}_2$ 溶液,摇匀,静置5 min,再加入1.4 ml浓度为10%的 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,摇匀,静置5 min。再加入10 ml的同样浓度的硝酸铝溶液,静置5 min,然后用60%乙醇进行定容,静置10 min。然后以配置黄酮溶液的流程,制作不添加黄酮的溶液作为参比液。最后采用紫外分光光度计在510 nm处定点依次测定溶液的吸光度,以吸光度为纵坐标、黄酮浓度为横坐标绘制标准曲线,得到回归方程。

#### (3) 提取物中黄酮含量的测定

首先,称取一定量的黄酮,加入30%乙醇,并定容至100 ml,之后,取3 ml配置的黄酮溶液,分别

放在 3 个 25 ml 的容量瓶中, 分别加入 30%乙醇, 至 10 ml, 加入 0.7 ml 浓度为 5%的  $\text{NaNO}_2$  溶液, 并摇匀, 静置 5 min, 再加入 0.7 ml 浓度为 10%的  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , 并摇匀, 静置 5 min, 之后, 再混入 5 ml 的同样浓度的硝酸铝溶液, 再静置 5 min, 即得制成浓度为 10%的溶液。添加  $\text{NaOH}$  溶液, 充分搅拌, 然后用 30%乙醇进行定容, 静置 10 min。接着, 测定在 510 nm 波长下的吸收系数  $A$ , 再将其引入标准曲线方程式, 以求出样品中的总浓度  $C$ 。根据公式(1)计算黄酮的得率:

$$W = \frac{C \times V_{\text{总}} \times 0.025}{V_{\text{取}} \times M_{\text{竹叶}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $C$  为黄酮质量浓度, 单位:  $\text{g/L}$ ;  $M_{\text{竹叶}}$  为竹叶质量, 单位:  $\text{g}$ ;  $V_{\text{总}}$  为粗提取液定容体积;  $V_{\text{取}}$  为移取用来测定黄酮含量的提液体积; 0.025 为 25 ml 容量瓶体积, 单位:  $\text{L}$ 。

## 2.6. 单因素实验

### (1) 酶种类的影响

植物细胞壁主要成分为纤维素和果胶细胞壁对植物中的活性成分溶出起着最大的阻碍作用, 所以在对其进行提取时, 必须要攻破这一障碍。在提取过程中添加合适的细胞壁水解酶, 有助于活性成分向提取物扩散, 从而提高黄酮得率。本研究对比性研究了纤维素酶和果胶酶对竹叶黄酮提取的影响, 在相同的条件下(选定 pH 值为 4.5、温度为  $45^\circ\text{C}$ 、料液比为 1:16  $\text{g/ml}$ 、酶解时间为 1.5 h, 酶用量为 0.05 g), 考察 2 种酶对竹叶黄酮得率的影响。

### (2) 料液比的影响

选定酶解温度为  $45^\circ\text{C}$ , 酶解 pH 值为 4.5, 酶解时间为 1.5 h 和酶用量为 0.05 g, 保持以上条件不变, 料液比分别采用为 1:12、1:14、1:16、1:18、1:20, 进行反应来研究料液比对黄酮提取的影响。

### (3) 酶解时间的影响

由于酶解时间会在一定程度上影响酶的活性, 因此对酶解时间对黄酮提取的影响进行了研究, 选择酶解温度为  $45^\circ\text{C}$ , 酶解 pH 值为 4.5, 料/液比为 16  $\text{g/ml}$ , 酶用量为 0.05 g, 分别取酶解时间为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h。

### (4) 酶用量的影响

增加纤维素酶的用量, 可以使其与纤维素的结合位点数增多, 从而促进纤维素的水解, 促进植物细胞的渗透, 提高活性组分的提取率。但是, 如果在不同的作用部位都已经被酶的活性物质所覆盖, 那么无论再怎么添加酶用量, 都不能提高酶的催化效率, 不仅浪费酶, 还会提高成本。因此, 对酶用量的影响进行研究, 选择  $45^\circ\text{C}$ , 酶解 pH 值为 4.5, 料/液比为 16  $\text{g/ml}$ , 酶解时间为 1.5 h 分别取酶用量为酶用量为 0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06 g。

## 2.7. 正交实验

通过以上单因素实验, 可以确定影响黄酮提取率的主要因素有料液比、酶解时间、酶用量。因此本文以黄酮得率为考察指标, 选取料液比、酶解时间、酶用量三个因素进行正交水平, 每个因素选取三个水平, 按照  $L_9(3^3)$  正交设计进行实验, 因素水平设置见表 1, 以从竹叶中提取的黄酮类化合物含量为参考指标选取最佳提取工艺参数, 作为竹叶黄酮类化合物的提取的最佳实验条件。

## 3. 结果与分析

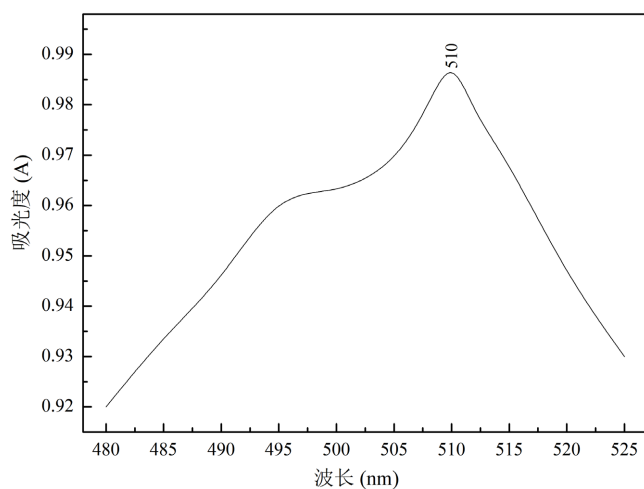
### 3.1. 芦丁溶液最大吸收波长的确定

为了确定芦丁在  $\text{NaNO}_2$ - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ - $\text{NaOH}$  显色反应下的最大吸收波长, 依据文献[17][18], 在 480~525 nm 进行扫描, 见图 1, 芦丁标准溶液的最高吸收峰处于 510 nm, 故黄酮含量测定的检测波长为 510 nm。

**Table 1.** Design of factor levels in orthogonal experiments

**表 1.** 正交实验水平设计

| 水平 | A         | B      | C       |
|----|-----------|--------|---------|
|    | 料液比(g/ml) | 酶用量(g) | 酶解时间(h) |
| 1  | 14        | 0.04   | 0.5     |
| 2  | 16        | 0.05   | 1       |
| 3  | 18        | 0.06   | 1.5     |

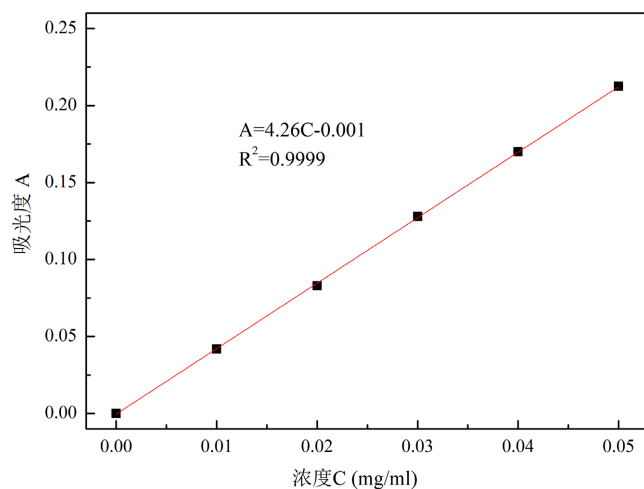


**Figure 1.** UV visible scanning spectrogram of rutin

**图 1.** 芦丁的紫外 - 可见扫描光谱图

### 3.2. 芦丁标准曲线及线性回归方程

以芦丁的质量浓度为横坐标，吸光度为纵坐标绘制了标准曲线，如图 2 所示。通过线性分析得到标准回归方程为  $A = 4.26C - 0.001$ ，相关系数值  $R^2 = 0.9999$ 。



**Figure 2.** Standard curve for determination of total flavonoids by spectrophotometry

**图 2.** 分光光度法测定总黄酮的标准曲线

### 3.3. 两种酶对黄酮提取效率的影响

将竹叶提取物测定的吸光度代入标准曲线回归方程式,求得竹叶提取物黄酮类化合物,使用纤维素酶提取的黄酮得率为 1.75%,以果胶酶提取黄酮的得率为 1.50%,说明纤维素酶对提取竹叶黄酮更有效。

### 3.4. 单因素实验结果分析

#### (1) 酶种类的影响

选定 pH 值为 4.5、温度为 45℃、料液比为 1:16 g/ml、酶解时间为 1.5 h,酶用量为 0.05 g 分别采用纤维素酶和果胶酶进行黄酮提取。

代入线性标准回归方程为  $y = 4.26x - 0.001$  可得:

以纤维素酶提取黄酮得到的黄酮浓度为 0.7 g/ml,以果胶酶提取黄酮得到的黄酮浓度为 0.6 g/ml。

代入公式(1)进行计算,得到的结果为:用纤维素酶法和果胶酶法提取黄酮的得率分别为 1.75%和 1.50%。

据以上计算可发现,与果胶酶相比,纤维素酶在竹叶黄酮上的萃取效果要好得多,这是因为植物细胞壁中的纤维素大约占到了细胞壁干重的 25-50%,而果胶通常仅占 5%。因此,与果胶酶相比,纤维素酶能更好地破坏细胞壁,提取的效果也更好。另外,果胶酶的成本也比纤维素酶要高,故纤维素酶为提取竹叶黄酮的最佳选择。

#### (2) 料液比的影响

当溶液浓度增大时,可增大竹叶粉与溶剂的接触区域,从而有助于有效地萃取出黄酮类物质。因此,随着料液比的增加,提取得率也相应增加,但高比例的料液会降低酶的有效浓度和催化活性,导致得率降低,见图 3。由此,得率会达到峰值后略微下降。同时,过多的溶剂用量也会增加提取成本。由图可知,当料液比为 1:16 时,黄酮得率最高。

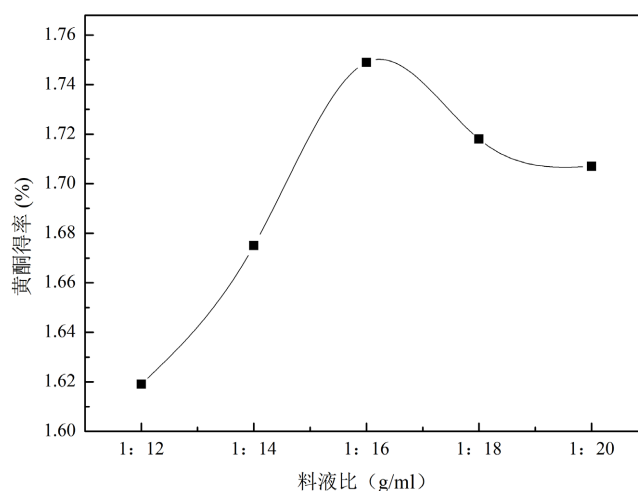


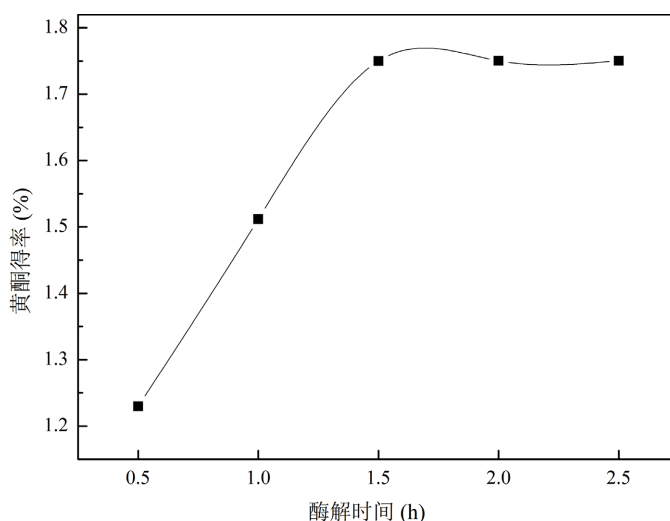
Figure 3. The influence of material to liquid ratio on the yield of flavonoids

图 3. 料液比对黄酮得率的影响

#### (3) 酶解时间的影响

研究在 45℃、pH 值为 4.5、料液比为 1:16 g/ml、酶用量为 0.05 g,以纤维素酶为主的条件下,不同的酶解时间对总黄酮的萃取率的影响,见图 4。过快会对酶的活力造成不利的影

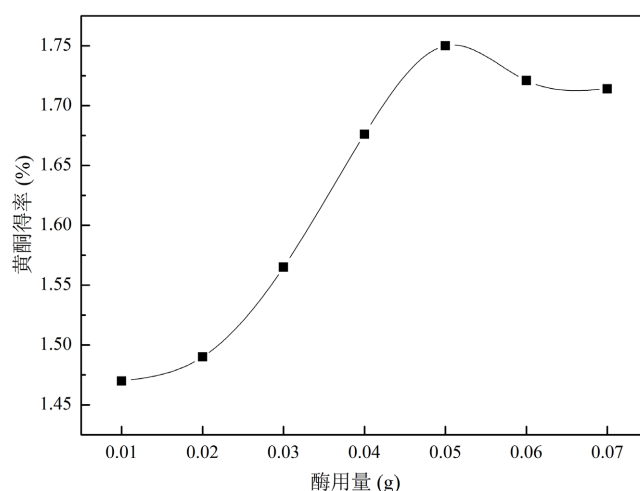
于竹叶中的总黄酮成分不断被洗脱到溶液中以至提取率增加。但是,经过一定的酶解时间(1.5 h)之后,总黄酮成分已经全部被溶出了,后续的酶解时间对黄酮提取率影响不大。因此,酶解处理的合适时间是 1.5 h。



**Figure 4.** The effect of enzymatic hydrolysis time on the yield of total flavonoids  
**图 4.** 酶解时间对总黄酮得率的影响

#### (4) 酶用量的影响

在 45℃、pH 值为 4.5、料液比为 1:16 g/ml、酶用量为 0.05 g,以纤维素酶为主,探究酶的用量对黄酮得率的影响,见图 5。实验初期,产量随着酶用量的增加而增加,但当酶用量达到 0.05 g 时,产量开始随着酶浓度的增加反而开始降低。其原因为,在酶浓度较低的情况下,酶活性还未达到最佳状态,因此就会随着酶浓度的增加而增加,而当酶浓度过大时,底物的浓度不足以使酶保持饱和的状态,从而酶的作用将被受到限制而不能充分发挥。因此,楠竹叶 4 g 时,酶用量为 0.05 g 是最合适的。



**Figure 5.** The effect of enzyme dosage on flavonoid extraction rate  
**图 5.** 酶用量对黄酮提取率的影响

### 3.5. 正交实验结果分析

正交实验的结果见表 2。对上述实验结果进行极差分析可得:

(1) 不同的实验因素和因子水平对黄酮提取的反应有差别, 因子的极差越大, 因子水平的变动所引起的试验指数的改变就会更大, 对试验结果的影响就会更大。故可得各因素对黄酮提取的影响力为: 酶解时间 > 料液比 > 酶用量。

(2) 采用纤维素酶解法的最佳工艺条件为: 酶用量为 0.05 g, 酶解时间为 1.5 h, 料液比为 1:16 g/ml。在此最佳条件下, 楠竹叶黄酮得率为 1.75%。

(3) 本研究做了空白试验, 纤维素酶解法的最佳工艺条件下, 不使用纤维素酶, 而是采用传统的乙醇浸提法和索氏提取法 2 种方法进行对比, 最后得到的总黄酮的得率分别为 0.32 和 0.76%, 分别只为酶解法的 18.3%和 43.4%, 说明了纤维素酶解法提取竹叶黄酮的高效性。

**Table 2.** The results of orthogonal experiments

**表 2.** 正交实验的结果

| 列号   | 1         | 2      | 3       |         |
|------|-----------|--------|---------|---------|
| 因素   | 料液比(g/ml) | 酶用量(g) | 酶解时间(h) | 黄酮得率(%) |
| 实验 1 | 14        | 0.04   | 0.5     | 1.533   |
| 实验 2 | 14        | 0.05   | 1       | 1.653   |
| 实验 3 | 14        | 0.06   | 1.5     | 1.713   |
| 实验 4 | 16        | 0.04   | 1       | 1.662   |
| 实验 5 | 16        | 0.05   | 1.5     | 1.750   |
| 实验 6 | 16        | 0.06   | 0.5     | 1.567   |
| 实验 7 | 18        | 0.04   | 1.5     | 1.717   |
| 实验 8 | 18        | 0.05   | 0.5     | 1.570   |
| 实验 9 | 18        | 0.06   | 1       | 1.658   |
| 均值 1 | 1.633     | 1.637  | 1.557   |         |
| 均值 2 | 1.660     | 1.658  | 1.658   |         |
| 均值 3 | 1.648     | 1.646  | 1.727   |         |
| 极差   | 0.015     | 0.009  | 0.17    |         |

## 4. 结论

本研究以提升竹资源的综合利用价值为目的, 采用酶解法从楠竹叶中提取黄酮类化合物, 获得如下结论:

(1) 纤维素酶相比果胶酶对竹叶黄酮的提取效果更好。

(2) 对黄酮提取的影响力大小为: 酶解时间 > 料液比 > 酶用量。在 45℃、pH 值为 4.5、料液比为 1:16 g/ml、酶解时间为 1.5 h、酶用量为 0.05 g 的最佳条件下, 总黄酮得率达到最大值 1.75%。

(3) 纤维素酶在楠竹叶黄酮提取的有效性比传统浸提法、索氏提取法更佳。

## 基金项目

湖南省大学生创新训练项目(S202311527076), 湖南省自然科学基金区域联合基金项目(2025JJ70380)。

## 参考文献

- [1] 赵洪, 欧秀蓉. 纤维素酶提取竹叶黄酮工艺初步研究[J]. 广州化工, 2015, 43(15): 80-81+110.
- [2] 许子竞, 黄世斌, 戴天伦, 等. 响应面法优化超声波提取楠竹叶黄酮工艺[J]. 梧州学院学报, 2020, 30(6): 8-15.
- [3] 王金宝, 王姣亮, 李顺利, 等. 楠竹叶中黄酮类化合物的超声提取及抗氧化性研究[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2014, 23(4): 53-57.
- [4] 坤旭锋, 吴章桥, 卓蕾. 梁山慈竹竹叶黄酮提取工艺的初步研究[J]. 现代园艺, 2020, 43(13): 13-14.
- [5] 王紫薇, 涂明峰, 叶文峰, 等. 淡竹叶黄酮提取工艺优化及抗氧化性研究[J]. 山东化工, 2020, 49(2): 17-20.
- [6] 黄珊, 刘嘉, 李贵华, 等. 方竹叶黄酮提取工艺优化及其抗氧化能力研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(19): 109-117.
- [7] 龙旭, 高静, 张光辉, 等. 竹叶黄酮的提取、纯化及抗氧化性能研究[J]. 当代化工, 2019, 48(2): 299-302.
- [8] Zhang, Y., Jiao, J.J., Liu, C.M., *et al.* (2019) Isolation and Purification of Four Flavone C-Glycosides from Antioxidant of Bamboo Leaves by Macroporous Resin Column Chromatography and Preparative High-Performance Liquid Chromatography. *Food Chemistry*, **107**, 1326-1336.
- [9] 段丽娜, 郭磊, 刘超, 等. 响应面法优化龙竹竹叶黄酮的提取工艺及抗氧化研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(27): 169-172.
- [10] 郭辉, 高帅, 张祎, 等. 15种竹叶中碳苷黄酮的含量研究[J]. 浙江工业大学学报, 2014, 42(1): 37-39.
- [11] 崔帆, 李晓晓. 竹叶黄酮提取工艺优化及其在露酒中的应用特性研究[J]. 食品工程, 2026(1): 25-27+66.
- [12] 李俊秀, 廖夏云, 赵立春, 等. 青钱柳黄酮类成分不同提取方法及药理活性研究[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(5): 17-26.
- [13] 刘莹, 粟君, 郭连金, 等. 青钱柳黄酮的提取及生物活性研究进展[J]. 现代园艺, 2026, 49(9): 13-16.
- [14] 赵淑军, 董姣姣, 刘洁, 等. 黄芪中黄酮类化合物的超临界流体色谱分离方法研究[J]. 分析测试学报, 2021, 40(9): 1311-1317.
- [15] 董彩军. 青钱柳黄酮的测定方法与提取分离及其生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [16] 郑杭生, 李计萍, 韩炜, 等. 紫外-可见分光光度法测定总黄酮含量的方法学考察要点[J]. 中成药, 2020, 30(9): 1364-1365.
- [17] 彭秧锡, 陈启元, 钟世安, 等. 分光光度法测定玉竹中黄酮类化合物的含量[J]. 华西药学杂志. 2006, 21(6): 604-605.
- [18] 龚敏, 卢金清. 蕲艾根的挥发性成分、总黄酮和总多糖的测定研究[J]. 药学前沿, 2026, 30(2): 240-245.