

# 苕麻籽总黄酮含量测定方法比较研究

赵振<sup>1</sup>, 刘霞<sup>1\*</sup>, 黄昭<sup>1</sup>, 李跑<sup>1</sup>, 邢虎成<sup>2,3\*</sup>, 曹亚男<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 长沙 410128;  
2. 湖南农业大学苕麻研究所, 长沙 410128; 3. 湖南省种质资源创新与资源利用重点实验室, 长沙 410128)

**摘要:** **目的** 比较苕麻籽总黄酮含量的测定方法。**方法** 以芦丁和槲皮素为对照品, 比较直接测定法、 $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$ 法、 $\text{AlCl}_3$ 法3种比色方法下苕麻籽(70%乙醇提取液)的紫外-可见光谱图, 并通过精密度、稳定性、干扰试验、加标回收率试验对所选方法进行评价。**结果** 芦丁和槲皮素均不适合作为直接测定苕麻籽总黄酮的对照品;  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$ 法最大吸收波长为500 nm, 但受某些非黄酮类物质干扰, 使得该方法下的总黄酮含量测定值虚高;  $\text{AlCl}_3$ 法以芦丁为对照品, 测定波长为401 nm, 在0.004~0.02 mg/mL范围内浓度与吸光度值成良好的线性关系, 相关系数 $r^2=0.9998$ , 该法受干扰小, 精密度高, 平均回收率为(99.46±4.16)%, 显色后在20~60 min内吸光值稳定。**结论**  $\text{AlCl}_3$ 法简单可行, 适用于苕麻籽提取物中总黄酮含量的测定。

**关键词:** 苕麻籽; 总黄酮; 分光光度法

## Comparative study on determination method of total flavonoids content in ramie seeds

ZHAO Zhen<sup>1</sup>, LIU Xia<sup>1\*</sup>, HUANG Zhao<sup>1</sup>, LI Pao<sup>1</sup>, XING Hu-Cheng<sup>2,3\*</sup>, CAO Ya-Nan<sup>1</sup>

(1. Hunan Provincial Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Institute of Ramie, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Hunan Provincial Key Laboratory of Crop Germplasm Innovation and Utilization, Changsha 410128, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the determination methods of total flavonoids in ramie seeds. **Methods** The ultraviolet-visible spectra of 2 standard reference substance (rutin and quercetin) and total flavonoids (solvent: 70% ethanol) in ramie seeds based on the direct colorimetry,  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  method and  $\text{AlCl}_3$  method were compared, and the selected method was evaluated by precision, stability, interference test, and recovery test. **Results** Both rutin and quercetin were not suitable as a standard reference substance for the direct determination of total flavonoids in ramie seeds. The maximum absorption wavelength was 500 nm for total flavonoids by  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  method. However the total flavonoid content measured was higher using  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  method due to interference with certain non-flavonoids. For the  $\text{AlCl}_3$  method, the measurement wavelength was 401 nm using rutin as a reference substance,

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(31671931, 31601551)

**Fund:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (31671931, 31601551)

**\*通讯作者:** 刘霞, 教授, 主要研究方向为食品现代分析与检测, 食品营养与安全。E-mail: liuxiaspr@aliyun.com

邢虎成, 副教授, 主要研究方向为草类植物种质资源、遗传育种、分子生物学及草业科学教育工作。E-mail: xhcsoldier@163.com

**\*Corresponding author:** LIU Xia, Professor, Hunan Province Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: liuxiaspr@aliyun.com

XING Hu-Cheng, Associate Professor, Institute of Ramie, Hunan Agricultural University, Hunan Provincial Key Laboratory of Crop Germplasm Innovation and Utilization, Changsha 410128, China. E-mail: xhcsoldier@163.com

and this method had a good linear relationship in the concentration range of 0.004–0.02 mg/mL ( $r^2=0.9998$ ). The  $AlCl_3$  method had the advantages of low interference and high precision. The average recovery rate was  $(99.46\pm 4.16)\%$ . The absorbance was stable within 20–60 min after color development. **Conclusion** The  $AlCl_3$  method is simple, feasible, and is suitable for the determination of total flavonoids in ramie seeds extract.

**KEY WORDS:** ramie seeds; total flavonoids; spectrophotometry

## 1 引言

苧麻 [*Boehmeria nivea* (L.) Gaud] 为荨麻科苧麻属多年生宿根性草本植物, 主要分布在亚热带和热带地区, 在我国湖南、云南、四川等省份均有种植<sup>[1]</sup>。苧麻茎皮拥有优质植物纤维, 一直以来都是重要的纺织工业原料, 其根和叶是我国传统中药, 有着活血、安胎等功效<sup>[2]</sup>。现代许多研究致力于苧麻根、叶中的功能成分分析, 其中黄酮类化合物一直是研究的热点<sup>[3,4]</sup>。但在所有苧麻副产物中, 苧麻籽一直是处在被忽视的地位, 近些年来有关苧麻籽成分的分析仅有几篇苧麻籽油的报道<sup>[5,6]</sup>, 未见关于苧麻籽中黄酮类化合物的研究。

在对苧麻籽中黄酮类物质展开研究前, 需先建立一套客观合理的定量检测方法。目前, 植物中黄酮类化合物的含量测定一般采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 法<sup>[7]</sup>和分光光度法<sup>[8]</sup>。HPLC 法相对准确, 但设备昂贵, 操作相对复杂, 成本较高。相比之下, 分光光度法由于其简单便捷而被广泛使用。2015 版《中国药典第一部》将分光光度法作为测定多种中药及中药制品中总黄酮含量的标准方法, 其中大多以芦丁为标准品, 使用  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  进行显色测定<sup>[9]</sup>。其原理是芦丁与  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  显色剂反应生成红色络合物, 在波长 500 nm 附近有特征吸收峰。但在郭亚健等<sup>[10]</sup>的研究中发现, 该方法下某些黄酮类物质如槲皮素、山萘酚显色后在波长 500 nm 处无最大吸收, 而某些含有邻二酚羟基结构的非黄酮类物质如咖啡酸、绿原酸经  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  显色后, 却在波长 500 nm 处有较强吸收, 表明该法的专属性差, 对于酚酸含量较多的样品, 可能会得到虚高的测定结果。

除  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法外,  $AlCl_3$  法也是测定总黄酮含量的常用方法。其原理是在弱酸性条件下,  $Al^{3+}$  与黄酮类化合物形成酸稳定配合物, 还与邻苯二酚结构络合成酸不稳定配合物, 所以酚酸类化合物对该测定方法的干扰较小, 此外, 还有依照黄酮本身特征峰定量的直接测定法、2, 4-二硝基苯肼显色法、盐酸-镁粉显色法等多种测定植物中总黄酮含量的分光光度法<sup>[11]</sup>。

本研究以芦丁、槲皮素为对照品, 比较了接测定法、 $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法和  $AlCl_3$  法 3 种常用比色法在苧麻籽

总黄酮含量测定中的可行性, 建立测定苧麻籽总黄酮含量的客观方法, 以期为后续黄酮提取、纯化等研究工作提供技术支撑。

## 2 材料与方法

### 2.1 实验材料

苧麻籽(湘苧三号)(湖南农业大学苧麻研究所提供)。

### 2.2 仪器和试剂

Lambda365 双光束紫外-可见分光光度计(美国珀金埃尔默公司); AU220 电子天平(日本岛津公司); KQ250DE 数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); TG16MW 台式高速离心机(湖南赫西仪器装备有限公司); BJ-100 高速多功能粉碎机(德清拜杰电器有限公司)。

芦丁标准品(纯度 98%)、槲皮素标准品(纯度 99.7%) (成都曼斯特生物科技有限公司); 无水乙醇(郑州派尼化学试剂厂);  $NaOH$ 、 $Al(NO_3)_3$ 、 $NaNO_2$ 、 $AlCl_3$ (分析纯, 国药试剂有限公司)。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 苧麻籽总黄酮粗提液的制备

精确称量 10.0 g 苧麻籽粉末于 500 mL 锥形瓶中, 加入 200 mL 70%乙醇溶液( $V/V$ ), 封口后摇匀, 置于超声清洗器中, 60 °C 下超声提取 90 min, 超声功率为 250 W。提取结束后抽滤, 滤液使用 70%乙醇溶液( $V/V$ )定容至 500 mL 的样品液。取适量样品液在 10050 r/min 下离心 10 min, 吸取上清液进行测定。

#### 2.3.2 对照品溶液的制备

精密称取芦丁和槲皮素标准品各 20.0 mg, 分别使用 70%乙醇溶液( $V/V$ )溶解并定容至 100 mL 容量瓶中, 配制浓度均为 0.2 mg/mL 的对照品溶液。

#### 2.3.3 总黄酮测定方法

直接测定法: 移取 2 mL 样品置于 25 mL 容量瓶中, 使用 70%乙醇溶液( $V/V$ )定容, 以试剂为空白, 在 200~700 nm 波长范围内扫描。

$NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法: 移取 2 mL 样品置于 25 mL 容量瓶中, 同时加入 1 mL 5%  $NaNO_2$ [溶剂为 70%乙醇溶液( $V/V$ )], 摇匀静置 6 min 后加入 1 mL 10%  $Al(NO_3)_3$ [溶剂为 70%乙醇溶液( $V/V$ )], 再次摇匀静置 6 min 后加入 10 mL

1 mol/L NaOH 溶液, 摇匀后使用 70%乙醇溶液(V/V)定容, 静置 6 min。以不加显色剂为空白, 在 200~700 nm 波长范围内扫描。

$AlCl_3$  法: 移取 5 mL 样品置于 25 mL 容量瓶中, 加入 5 mL 1.5%  $AlCl_3$ [溶剂为 70%乙醇溶液(V/V)], 摇匀后使用 70%乙醇溶液(V/V)定容, 以试剂为空白, 30 min 后在 200~700 nm 波长范围内扫描。

分别以 1 mL 芦丁和槲皮素对照品溶液代替样品, 按照上述 3 种方法, 以试剂为空白, 在 200~700 nm 波长范围内扫描, 所有实验均重复 5 次。

#### 2.3.4 标准曲线的建立

$NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法: 分别移取芦丁对照品溶液 0.0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 于 25 mL 容量瓶中, 按 2.3.3 中  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法显色后, 在波长 500 nm 处测定吸光度。以吸光度为纵坐标, 芦丁浓度为横坐标绘制标准曲线, 所有操作重复 3 次。

$AlCl_3$  法: 分别移取芦丁对照品溶液 0.0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 于 25 mL 容量瓶中, 按 2.3.3 中  $AlCl_3$  法显色后, 在波长 401 nm 处测定吸光度。以吸光度为纵坐标, 芦丁浓度为横坐标绘制标准曲线, 所有操作重复 3 次。

#### 2.3.5 干扰试验

取 3 份同一样品溶液 2 mL 于 25 mL 容量瓶中, 分别加入 1、2、3 mL 浓度为 4 mg/mL 的单宁酸[溶剂为 70%乙醇溶液(V/V)], 使用  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法显色后在 500 nm 处测定吸光度值, 计算测定结果。同样取 3 份同一样品溶液 5 mL 于 25 mL 容量瓶中, 相同做法加入单宁酸溶液, 使用  $AlCl_3$  法显色后在 401 nm 处测定吸光度值, 计算测定结果, 所有实验均重复 3 次。

## 3 结果与分析

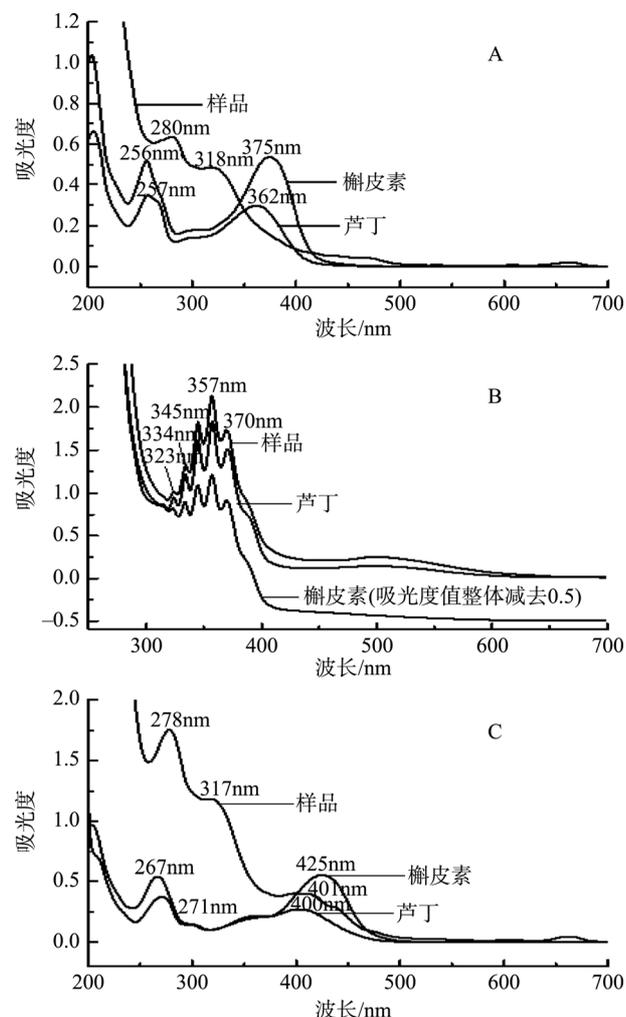
### 3.1 2 种对照品和样品在 3 种比色法下的扫描光谱图

芦丁、槲皮素和样品在 3 种比色法下的紫外-可见光谱图如图 1 所示。未经显色的样品在 200~700 nm 波长范围内共有 3 个吸收峰, 但均与芦丁和槲皮素的吸收峰相差较远(图 1 A), 表明芦丁与槲皮素都不适合作为直接测定法测定苕麻籽总黄酮含量的对照品。

$NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法中(图 1 B), 样品、芦丁、槲皮素经显色后在紫外区的光谱图十分吻合, 均有 5 个明显吸收峰。在可见区, 样品和芦丁的最大吸收波长均在 500 nm 附近, 而槲皮素无吸收峰。暂定该法以槲皮素为对照品时, 测定波长可选 323、334、345、357、370 nm; 以芦丁为对照品时, 测定波长可选 323、334、345、357、370 和 500 nm。

$AlCl_3$  法(图 1 C)下样品与芦丁均在波长 401 nm 附近

具有吸收峰, 而与槲皮素的 2 个吸收峰位置相差较远, 因此该法应以芦丁为对照品, 检测波长为 401 nm。



注: A: 直接测定法; B:  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法; C:  $AlCl_3$  法。

图 1 3 种比色方法的芦丁、槲皮素和样品的紫外-可见光谱图  
Fig.1 Ultraviolet-Visible visible spectrum of rutin, quercetin and sample under using 3 colorimetric methods

### 3.2 重复扫描结果

为进一步确定  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法的检测波长, 比较了样品重复扫描 5 次的吸光度值。结果显示(表 1), 紫外区 5 个波长下的吸光度值均呈现明显的下降趋势, 这可能是络合后的显色结构不稳定导致。而波长 500 nm 处 5 次测定结果基本一致, 相对标准偏差仅为 0.4%。故确定  $NaNO_2-Al^{3+}-NaOH$  法以芦丁为对照品, 测定波长为 500 nm。

表 2 为样品经  $AlCl_3$  法显色后, 重复扫描 5 次的吸光度值。从中可以看出, 样品溶液经  $AlCl_3$  法显色后在波长 401 nm 处, 5 次测定结果的相对标准偏差仅为 0.12%, 重复测定结果十分稳定。

表1  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法重复扫描结果( $n=5$ )  
Table 1 Repeated scan results of  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  method ( $n=5$ )

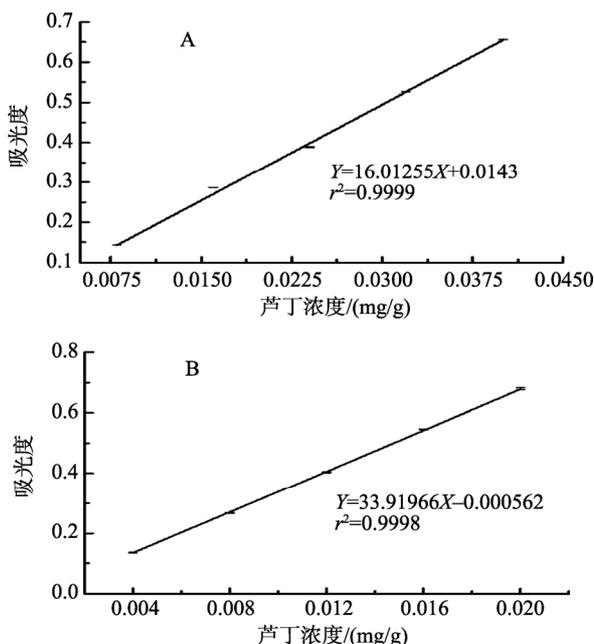
波长/nm	重复测定的吸光度					平均值±标准偏差	RSD/%
	1	2	3	4	5		
323	1.0106	0.9324	0.9006	0.8644	0.8263	0.9069±0.0702	7.741
334	1.3268	1.1930	1.1430	1.0780	1.0148	1.1511±0.1190	10.34
345	1.8257	1.5940	1.5203	1.4185	1.3240	1.5365±0.1912	12.44
357	2.1331	1.8386	1.7205	1.5968	1.4870	1.7552±0.2490	14.19
370	1.7305	1.5367	1.4494	1.3639	1.2759	1.4713±0.1744	11.85
500	0.2476	0.2488	0.2499	0.2498	0.2499	0.2492±0.0010	0.401

表2  $\text{AlCl}_3$  法重复扫描结果结果( $n=5$ )  
Table 2 Repeated scan results of  $\text{AlCl}_3$  method ( $n=5$ )

波长/nm	重复测定的吸光度值					平均值±标准偏差	RSD/%
	1	2	3	4	5		
401	0.3947	0.3942	0.3941	0.3952	0.3944	0.3945±0.0005	0.12

### 3.3 标准曲线

图2分别为两种显色方法下的芦丁标准曲线。 $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法标准曲线(图2A)线性方程为 $Y=16.01255X+0.0143$ , 在0.008~0.04 mg/mL范围内呈良好线性关系, 线性相关系数 $r^2=0.9999$ ;  $\text{AlCl}_3$ 法标准曲线(图2B)线性方程为 $Y=33.91966X-0.000562$ , 在0.004~0.02 mg/mL范围内呈良好线性关系, 线性相关系数 $r^2=0.9998$ 。



注: A:  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法标准曲线; B:  $\text{AlCl}_3$  法标准曲线。

图2 2种方法下的芦丁标准曲线( $n=3$ )

Fig.2 Rutin standard curves of 2 methods ( $n=3$ )

### 3.4 干扰试验

若样品中含有邻二酚羟基结构的酚酸类物质, 如绿原酸, 则会严重影响  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  显色法的测定结果。有研究表明, 苕麻根和叶中均含有绿原酸且含量与总黄酮含量相当<sup>[12]</sup>。为了探究邻二酚羟基结构的酚酸, 是否对  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  和  $\text{AlCl}_3$  法的检测结果产生影响, 本研究使用单宁酸(含邻二酚羟基结构的常见酚酸)进行干扰试验。

结果如表3所示, 随着单宁酸加入量的增大,  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法测定结果也随之升高, 而  $\text{AlCl}_3$  法测定结果基本保持不变。此外, 比较未加入单宁酸时两种测定方法结果发现,  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法测定 1 mL 样品液中的总黄酮含量远大于  $\text{AlCl}_3$  法, 前者约为后者的 3.13 倍。目前在多种植物总黄酮含量测定中发现,  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法存在结果偏高的问题。李秀信等<sup>[13]</sup>测定香椿叶中总黄酮含量时, 发现  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法测定结果比  $\text{AlCl}_3$  法高出 59.96 mg/g; 李涛等<sup>[14]</sup>在啤酒花总黄酮测定方法研究中发现,  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法测定结果虚高, 与 HPLC 法偏差率达 241.9%, 而  $\text{AlCl}_3$  法与 HPLC 法偏差仅为 7.3%。

在已报道的苕麻属植物总黄酮含量测定的研究中, 赵立宁等<sup>[12]</sup>使用  $\text{AlCl}_3$  法测定了品种为“芦竹青”的苕麻叶中总黄酮含量为 0.421%, 而另一项研究中使用  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  显色法测定“芦竹青”苕麻叶总黄酮含量达到了 6.62%<sup>[15]</sup>, 相差近 15.7 倍。此外, 赵立宁等<sup>[12]</sup>同时测定了“芦竹青”苕麻叶中的绿原酸含量为 0.334%, 表明苕麻属植物中可能存在较多对  $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法测定总黄酮含量产生干扰的物质。

综上, 为避免使用分光光度法测定苕麻籽总黄酮含量, 出现结果虚高的问题, 应采用  $\text{AlCl}_3$  法作为测定方法。

### 3.5 $\text{AlCl}_3$ 显色法的方法学验证结果

#### 3.5.1 精密度测定

平行取 5 份同一样品, 每份 5 mL, 经  $\text{AlCl}_3$  显色后在 401 nm 处测定吸光度值。结果如表 4 所示, 5 次测定结果的相对标准偏差仅为 0.36%, 说明  $\text{AlCl}_3$  法精密度良好。

#### 3.5.2 加标回收率试验

吸取 5 mL 样品液数份, 分别加入 0.2、0.4、0.6、0.8、

1.0 mL 的芦丁标准溶液, 经  $\text{AlCl}_3$  法显色后, 在波长 401 nm 处测定吸光度, 各重复 3 次, 结果如表 5。

$\text{AlCl}_3$  法加标回收率在 94.00%~103.75% 范围内, 平均回收率(99.46±4.16)%, 相对标准偏差为 4.16%, 结果较为可靠。

### 3.6 稳定性试验

芦丁和样品经  $\text{AlCl}_3$  法显色后, 静置不同时间测定吸光度, 结果如图 3 所示。芦丁和样品显色后在 20~60 min 内吸光度稳定, 因此使用  $\text{AlCl}_3$  法测定苕麻籽中总黄酮含量时, 可在显色后 20~60 min 内测定。

表 3 单宁酸对 2 种比色法测定结果的影响( $n=3$ )  
Table 3 Effect of tannic acid on the results of 2 colorimetric methods ( $n=3$ )

测定方法	单宁酸加入量/mL				平均值±标准偏差/mg	RSD/%
	0	1	2	3		
$\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$ 法测定结果/mg*	0.1821	0.1940	0.2069	0.2190	0.2005±0.0159	7.94
$\text{AlCl}_3$ 法测定结果/mg*	0.0581	0.0581	0.0578	0.0579	0.0580±0.0002	0.29

注: \*为 1 mL 样品液中总黄酮含量的测定结果。

表 4  $\text{AlCl}_3$  法精密度考察( $n=5$ )  
Table 4 Precision test results of  $\text{AlCl}_3$  method ( $n=5$ )

	样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	平均值±标准偏差	RSD/%
吸光度	0.3958	0.3926	0.3927	0.3930	0.3945	0.3937±0.0014	0.36

表 5  $\text{AlCl}_3$  法加标回收率试验结果  
Table 5 Recovery test results of  $\text{AlCl}_3$  method spiked

样品号	1	2	3	4	5
样品黄酮含量/mg	0.2939	0.2939	0.2939	0.2939	0.2939
加入芦丁量/mg	0.0400	0.0800	0.1200	0.1600	0.2000
理论值/mg	0.3339	0.3739	0.4139	0.4539	0.4939
测定值/mg	0.3315	0.3714	0.4184	0.4591	0.4927
回收率/%	94.00	96.88	103.75	103.25	99.40

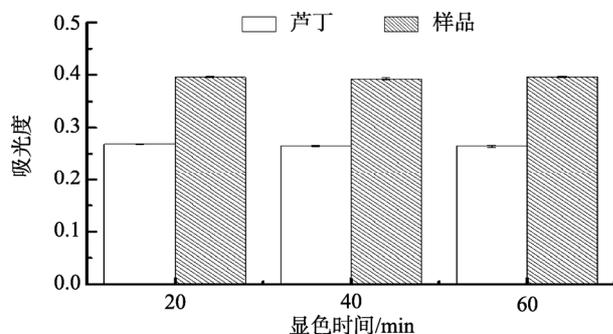


图 3  $\text{AlCl}_3$  法稳定性试验结果( $n=3$ )

Fig.3 Stability test results of  $\text{AlCl}_3$  method ( $n=3$ )

## 4 结 论

本研究通过比较直接测定法、 $\text{NaNO}_2\text{-Al}^{3+}\text{-NaOH}$  法、 $\text{AlCl}_3$  法 3 种比色法下的芦丁、槲皮素和苕麻籽(70%乙醇提取液)的紫外-可见光谱图, 通过方法学验证, 确定以芦丁、槲皮素为对照品, 使用  $\text{AlCl}_3$  法在波长 401 nm 处测定苕麻籽中的总黄酮含量。结果表明  $\text{AlCl}_3$  法操作简便, 专属性更强, 精密度高, 重复性好, 加标回收率为 94.00%~103.75%, 显色后在 20~60 min 内保持稳定, 更适合作为苕麻籽中黄酮类化合物研究的定量方法。

## 参考文献

- [1] 朱睿, 杨飞, 周波, 等. 中国苧麻的起源、分布与栽培利用史[J]. 中国农学通报, 2014, 30(12): 258—266.  
Zhu R, Yang F, Zhou B, *et al.* Origin, distribution of *Boehmeria nivea* and its history of cultivation and utilization in China [J]. Chin Agric Sci Bull, 2014, 30(12): 258—266.
- [2] 陈保锋, 陈建华, 母波, 等. 苧麻药用研究进展[J]. 中国麻业科学, 2016, 38(5): 237—241.  
Chen BF, Chen JH, Mu B, *et al.* Advances in medicinal health protection studies of *Boehmeria jacq* Spp [J]. Plant Fiber Sci China, 2016, 38(5): 237—241.
- [3] 朱敏. 苧麻根中主要有效成分的提取工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.  
Zhu M. Study extraction process of effective components from root of ramie [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015.
- [4] 贺波. 苧麻叶黄酮的提取、分离纯化、结构及抗氧化活性的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.  
He B. Studies on extraction, purification, structure and antioxidant activities of flavonoids from ramie leaves [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010.
- [5] 朱洁文. 苧麻属植物瘦果微结构及其籽油理化特性初步研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.  
Zhu JW. Studies on achene microstructure and physiochemical properties (*Boehmeria*) seed oil of ramie [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2008.
- [6] 罗中钦, 杨瑞芳, 杨艳春, 等. 苧麻籽油脂脂肪酸组成及其粕氨基酸组成分析[J]. 中国油脂, 2007, (5): 72—74.  
Luo ZQ, Yang RF, Yang YC, *et al.* Analysis of fatty acids composition in ramie seed oil and amino acid composition in its meal [J]. China Oils Fats, 2007, (5): 72—74.
- [7] 胡莉, 靳可婷, 仲伶俐, 等. 高效液相色谱法同时测定粮食中6种大豆异黄酮[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11): 4368—4374.  
Hu L, Jin KT, Zhong LL, *et al.* Determination of 6 kinds of isoflavones in food crops by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(11): 4368—4374.
- [8] 杨亚飞, 胡焯敏, 钱蔚, 等. 多种蜂胶中总黄酮检测方法的适用性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(9): 3708—3712.  
Yang YF, Hu YM, Qian W, *et al.* Applicability of methods for detection of total flavone in multiple propolis [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(9): 3708—3712.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 32, 184, 355, 396, 525.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia Part 1 [S]. Beijing: The Medicine Science and Technology Press of China, 2015: 32, 184, 355, 396, 525.
- [10] 郭亚健, 范莉. 关于  $\text{NaNO}_2$ - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ - $\text{NaOH}$  比色法测定总黄酮方法的探讨[J]. 药物分析杂志, 2002, (2): 97—99.  
Guo YJ, Fan L. Discussion about  $\text{NaNO}_2$ - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ - $\text{NaOH}$  colorimetry for determination of total flavonoids [J]. Chin J Pharm Anal, 2002, (2): 97—99.
- [11] 叶兴乾, 沈淑好, 黄睿, 等. 谷物食品总黄酮比色法定量的问题及选用原则[J]. 中国食品学报, 2018, 18(2): 1—14.  
Ye XQ, Shen SY, Huang R, *et al.* The problem and selection of the colorimetric quantification of flavonoids of cereal foods [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(2): 1—14.
- [12] 赵立宁, 臧巩固, 李育君, 等. 苧麻绿原酸和黄酮含量测定[J]. 中国麻业, 2003, (2): 10—12.  
Zhao LN, Zang GG, Li YJ, *et al.* The content of chlorogenic acid and total flavones in *Boehmeria* [J]. Plant Fiber Sci China, 2003, (2): 10—12.
- [13] 李秀信, 张院民. 香椿叶总黄酮含量测定方法研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(5): 243—248.  
Li XX, Zhang YM. Studies on the determination method of total flavone content in toona sinensis [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2010, 10(5): 243—248.
- [14] 李涛, 刘晓璠, 杨小兰. 啤酒花总黄酮测定方法的比较研究[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 89—92.  
Li T, Liu XF, Yang XL. Comparative study on assays for determination of flavonoids in hops (*Humulus lupulus* L.) [J]. Food Sci, 2014, 35(18): 89—92.
- [15] 贺波, 李小定, 彭定祥, 等. 苧麻叶中黄酮类化合物的提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(10): 259—262.  
He B, Li XD, Peng DX, *et al.* Study on extraction of flavonoids from leaves of ramie [J]. Sci Technol Food Ind, 2010, 31(10): 259—262.

(责任编辑: 王欣)

## 作者简介



赵振, 硕士研究生, 主要研究方向为食品资源开发与利用。  
E-mail: 18774080167@163.com



刘霞, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为食品现代分析与检测, 食品营养与安全。  
E-mail: liuxiaspr@aliyun.com



邢虎成, 副教授, 主要研究方向为草类植物种质资源、遗传育种、分子生物学及草业科学教育工作。  
E-mail: xhcsoldier@163.com