

6种地被竹叶有效成分及其抗氧化活性研究

倪勤学^{1,2,3}, 刘颖坤³, 龚凌霄¹, 林新春³, 方伟³, 张英^{1*}

1. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310029

2. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江 临安 311300

3. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300

摘要: 目的 研究6种地被竹叶的有效成分及其抗氧化活性。方法 分别用Folin试剂还原比色法、硝酸铝-亚硝酸钠比色法和香草醛-冰醋酸比色法测定6种地被竹叶中总酚、总黄酮和三萜的量, 采用超高效液相色谱(UPLC)定量分析荭草苷、异荭草苷、牡荊苷、异牡荊苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸、阿魏酸8个特征性成分的量。同时, 采用DPPH法和FRAP法调查不同竹叶提取物的抗氧化性和还原能力。结果 6种竹叶均含有较高的次生代谢产物, 以干基计, 总酚的质量分数为4.15%~9.12%, 总黄酮为1.62%~4.00%, 总萜为0.44%~0.57%; 8个特征性成分在各自总酚中所占的比例依次为限箬6.81%>铺地竹4.80%>翠竹4.35%, 黄条金刚竹4.35%>倭竹1.54%>阔叶箬竹1.08%。不同地被竹种的抗氧化能力存在显著差异($P < 0.05$)。结论 倭竹和黄条金刚竹的总酚和总萜量以及清除DPPH自由基的能力和还原铁离子的能力均显著高于其他地被竹。关键词: 地被竹; 竹叶; 次生代谢产物; 总酚; 总黄酮; 三萜; 抗氧化性

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2011)11-2317-05

Active components in six kinds of ground bamboo leaves and their anti-oxidant activities

NI Qin-xue^{1,2,3}, LIU Ying-kun³, GONG Ling-xiao¹, LIN Xin-chun³, FANG Wei³, ZHANG Ying¹

1. School of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

2. Agriculture and Food Science School, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, China

3. Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, China

Abstract: Objective To study the effective components of the leaves in six kinds of ground bamboo (*Shibataea chinensis*, *Pleioblastus kongosanensis* f. *aureostriatus*, *Indocalamus latifolius*, *Sasa pygmaea*, *S. argenteastriata*, and *S. veitchii*) and their anti-oxidant activities. **Methods** The contents of total phenolics, total flavonoids, and triterpenoids in bamboo leaves and their anti-oxidant activities were detected and investigated by using Forint reduction assay reagent, aluminum nitrate-sodium nitrite colorimetry, and vanillin-acetic acid assay, respectively. Eight characteristic compounds (orientin, isoorientin, vitexin, homovitexin, *p*-coumaric acid, chlorogenic acid, caffeic acid, and ferulic acid) were quantitatively analyzed by UPLC synchronously. The anti-oxidative and reducing activities of extracts from bamboo leaves were investigated by DPPH and FRAP. **Results** Six kinds of ground bamboo leaves contained abundant botanic secondary metabolites. The content of total phenolics, on dry basis of leaves, varied in a range of 4.15%–9.12% in the six kinds of ground bamboo, total flavonoids and triterpenoids located in 1.62%–4.00% and 0.44%–0.57%, respectively. The sequence of the eight characteristic compounds in total phenolics was *S. veitchii* 6.81% > *S. argenteastriata* 4.80% > *S. pygmaea* 4.35%, *P. kongosanensis* 4.35% > *S. chinensis* 1.54% > *I. latifolius* 1.08%. The content of eight characteristic compounds and their anti-oxidant activities in each ground bamboo leaves were significantly changed ($P < 0.05$).

Conclusion Among the six kinds of ground bamboo, there are much more effective components and more outstanding anti-oxidant activities of radical scavenging and iron reduction in two species (*S. chinensis* and *P. kongosanensis*) than those in any other bamboos.

Key words: ground bamboo; bamboo leaves; secondary metabolites; total phenolics; total flavonoids; triterpenoids; anti-oxidant activity

竹子为禾本科(Gramineae)竹亚科(Bambu-soideae)多年生常绿植物, 是当今世界上最具有使

用价值的植物类群之一。大量研究表明, 竹叶中含有丰富的次生代谢产物, 具有抗自由基、抗氧化、

收稿日期: 2011-04-15

基金项目: 国家“十一五”支撑计划项目(2009BADB9B07)

作者简介: 倪勤学(1983—), 女, 浙江省金华人, 讲师, 博士研究生, 研究方向为天然产物化学和功能性食品的研究与开发。

Tel: (0571)63748155 Fax: (0571)63741276 E-mail: niqinxue@hotmail.com

*通讯作者 张英 Tel: (0571)86049803 E-mail: yzhang@zju.edu.cn

抗衰老、抗菌、抗病毒、调血脂、提高免疫力、防治老年退行性疾病等药理作用,并在化解人类病毒危害和保障食品安全中发挥重要作用^[1-4]。竹叶提取物中的有效成分主要是以荭草苷、异荭草苷、牡荆苷和异牡荆苷为代表的碳苷黄酮和以对香豆酸、绿原酸、咖啡酸和阿魏酸为代表的植物酚酸为主^[5-7],但以往对竹叶有效成分的研究主要集中在以刚竹属品种为代表的竹种上,从其叶的生物量和采集的难易程度看,并没有太大的优势。而地被竹种由于其秆形矮小、叶子密集、生物量大、适于机械化采摘等,具有定向培育叶用竹林的潜质。

本实验选取了倭竹、翠竹、铺地竹、隈笹、黄条金刚竹和阔叶箬竹 6 种不同的地被竹,对其竹叶有效成分、特征性化合物及其抗氧化性能进行初步研究,以期为地被竹的研究开发和资源的合理利用提供科学依据。

1 材料与仪器

1.1 材料

地被竹样品于 2010 年 5 月采自浙江省临安市浙江农林大学的翠竹园。由浙江农林大学方伟教授鉴定分别为倭竹 *Shibataea chinensis* Nakai、黄条金刚竹 *Pleioblastus kongosanensis* f. *aureostriatus* Muroi et Yuk. Tanaka、阔叶箬竹 *Indocalamus latifolius* (Keng) McClure、翠竹 *Sasa pygmaea* (Miq.) E. G. Camus、铺地竹 *Sasa argenteastriatus* Camus 和隈笹 *Sasa veitchii* (Carr.) Rehd。对羟基苯甲酸、芦丁、没食子酸、熊果酸、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸、阿魏酸、香草醛、2, 2'-二苯基-1-苦味酰苯肼 (DPPH)、2, 4, 6-三吡啶-s-三吡嗪 (TPTZ) 购自 Sigma 公司,质量分数均大于 98%;异荭草苷、荭草苷、异牡荆苷、牡荆苷对照品购自法国 Extrasynthese 公司,质量分数大于 98%;Folin 试剂购自上海鼎国生物科技有限公司;乙腈为色谱纯;其他试剂均为分析纯,水为去离子水。

1.2 仪器

Acquity™ 超高效液相色谱系统,配备 Acquity UPLC™ BEH C₁₈ 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 1.7 μm) 和 PDA 检测器 (美国 Waters 公司); DGG—9053AD 电热恒温鼓风干燥箱 (上海森信实验仪器公司), T6 紫外可见分光光度计 (北京普析通用仪器有限责任公司), R—201 旋转蒸发仪 (瑞士布奇公司), 红外线快速水分测定仪 (瑞士奥豪斯公司)。

2 方法

2.1 样品的制备

分别采集 6 种地被竹的叶,清洗,沥干,立刻用 WD 800 G 微波炉,间隙加热 2~3 次,每次 60 s,叶样置于烘箱中干燥,粉碎,过 40 目筛,精密称取 3.00 g 平行样 3 份,备用。用快速水分测定仪逐个测定每个叶样的实际水分,试样有效成分量均折合以叶干基计。

取 3.00 g 碎干青叶样品,70%乙醇回流提取 2 h,趁热过滤,洗渣,定容至 100 mL 量瓶中,得竹叶乙醇提取物待测液,备用。

2.2 总酚的测定

2.2.1 线性关系考察 精密称取经真空干燥至恒定质量的对羟基苯甲酸对照品 25.0 mg,水溶解并定容至 100 mL 量瓶,配成 0.250 mg/mL 的对羟基苯甲酸对照品溶液。准确吸取对照品溶液 0、0.05、0.10、0.20、0.40、0.80、1.20、1.60 mL,移入 25 mL 具塞试管中,分别用水稀释至 10.0 mL。各加入 1.0 mL 稀释 2 倍的 Folin 试剂和 20% Na₂CO₃ 水溶液 2.0 mL,在沸水浴上加热 1 min,用水冷却并稀释至 25 mL。室温放置 30 min,在 745 nm 的波长处测定吸光度 (A)。以 A 值为纵坐标 (Y),对羟基苯甲酸的质量为横坐标 (X),绘制标准曲线,得回归方程为 $Y=1.2593 X+0.0529$, $r=0.9969$,线性范围为 0~400 μg。

2.2.2 样品测定 分别精密量取待测液 0.2 mL,按线性关系考察方法在 745 nm 处测定 A 值,并根据对羟基苯甲酸的标准曲线,计算各试样的总酚量。

2.3 总黄酮的测定

2.3.1 线性关系考察 精密称取经干燥至恒定质量的芦丁对照品 15.0 mg,加甲醇溶解并定容至 100 mL,配成 150 μg/mL 芦丁对照品溶液。准确吸取对照品溶液 0、0.50、1.00、2.00、3.00、4.00 mL 移入 10 mL 具塞试管中,甲醇定容至 5 mL,各加 5%亚硝酸钠溶液 0.3 mL,振摇后放置 5 min,加入 10%硝酸铝溶液 0.3 mL,摇匀后放置 6 min,加 1.0 mol/L 氢氧化钠溶液 2 mL,用甲醇定容至 10 mL,静置 10 min。以零管为空白,摇匀后在波长 510 nm 处测定 A 值。以 A 值为纵坐标 (Y),以芦丁的质量为横坐标 (X),绘制标准曲线,得回归方程为 $Y=0.0103 X+0.0154$, $r=0.9968$,线性范围为 0~600 μg。

2.3.2 样品测定 分别精密量取待测液 0.5 mL,在 510 nm 的波长处测定 A 值,并根据芦丁的标准曲

线, 计算各试样的总黄酮量。

2.4 三萜的测定

2.4.1 线性关系考察 精密称取真空干燥至恒定质量的熊果酸对照品 10.0 mg, 用无水乙醇定容至 100 mL, 即得 100 $\mu\text{g/mL}$ 熊果酸对照品溶液。精密吸取对照品溶液 0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL, 挥干溶剂, 分别加入 5% 香草醛-冰醋酸 0.5 mL, 高氯酸 0.8 mL, 混匀后于 65 $^{\circ}\text{C}$ 水浴反应 15 min, 取出放置冰水中冷却, 加冰醋酸 5 mL, 混匀, 在 548 nm 处测定 A 值。以 A 值为纵坐标 (Y), 以熊果酸的质量为横坐标 (X), 绘制标准曲线, 得回归方程为 $Y=0.0058X-0.0087$, $r=0.9996$, 线性范围为 0~100 μg 。

2.4.2 样品测定 分别精密量取不同待测液 0.5 mL, 在 548 nm 处测定 A 值, 并根据熊果酸的标准曲线, 计算各试样的三萜量。

2.5 竹叶提取物的特征性成分分析

2.5.1 色谱条件 色谱柱为 Acquity UPLCTM BEH C₁₈ 柱 (100 mm \times 2.1 mm, 1.7 μm), 流动相为 0.5% 乙酸水溶液 (A)-乙腈 (B); 梯度洗脱: 0~25 min, 88% A; 25~33 min, 30% A; 33~37 min, 12% A。体积流量 0.2 mL/min; 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 检测波长 330 nm。

2.5.2 混合对照品的制备 精密称取干燥至恒定质量的异荳蔻苷、荳蔻苷、牡荆苷、异牡荆苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸和阿魏酸对照品适量, 50% 甲醇水溶液溶解并定容至 5 mL, 制成含异荳蔻苷、荳蔻苷、牡荆苷、异牡荆苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸和阿魏酸分别为 20、22、16、32、24.4、22、29、38 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液。

2.5.3 线性关系考察 将混合对照品溶液分别以 0.1、0.3、0.5、1.0、1.5、2.0、5.0 μL 的进样量注

入超高效液相色谱仪, 记录峰面积。分别以异荳蔻苷、荳蔻苷、牡荆苷、异牡荆苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸和阿魏酸的量为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y), 进行线性回归, 得回归方程及线性范围, 见表 1。

2.5.4 精密度试验 取混合对照品溶液以 2 μL 的进样量, 连续进样 7 次, 测定峰面积, 分别计算各对照品峰面积的 RSD, 见表 1。

2.5.5 稳定性试验 精密吸取翠竹待测液 2 μL , 分别于 0、2、4、6、8、10、12 h 进样测定, 测定峰面积, 分别计算各对照品峰面积的 RSD, 见表 1。

2.5.6 重现性试验 取翠竹粉末 (过 40 目筛) 7 份, 每份 0.50 g, 精密称定, 制备待测液。各精密吸取 2 μL , 分别进样, 测定峰面积, 计算各指标成分质量分数的 RSD, 见表 1。

2.5.7 加样回收率试验 取翠竹粉末 (过 40 目筛) 7 份, 每份 0.50 g, 各加入混合对照品 20 mL, 制备待测液, 各进样 2 μL , 计算异荳蔻苷、荳蔻苷、异牡荆苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸的加样回收率分别为 102.82%、99.89%、97.27%、98.97%、103.21%、101.93%, RSD 分别为 1.64%、1.85%、1.73%、1.22%、2.03%、1.32%。

2.5.8 样品测定 各待测液经微孔滤膜 (0.45 μm) 滤过后, 进样测定, 按标准曲线计算各成分的量。

2.6 地被竹叶提取物抗氧化活性测定

2.6.1 DPPH 自由基清除试验 准确称取 DPPH 试剂 0.02 g, 用甲醇溶解至 500 mL 量瓶中, 摇匀得 0.10 mmol/L。分别取 0.1 mL 待测样液和 3.9 mL DPPH 溶液混合摇匀, 在室温下反应 1 h, 517 nm 波长下测定 A 值。以甲醇为空白对照, 计算各样品抑制率。

表 1 竹叶 8 个特征性成分分析方法学考察结果 ($n=7$)

Table 1 Methodological investigation of eight characteristic components in bamboo leaves ($n=7$)

| 化合物 | 线性范围/ μg | 回归方程 | r | RSD/% | | |
|------|---------------------|---------------------------------------|---------|-------|------|------|
| | | | | 精密度 | 稳定性 | 重现性 |
| 绿原酸 | 0.002 2~0.110 0 | $Y=1.29\times 10^7 X-3.16\times 10^3$ | 0.999 7 | 1.58 | 2.18 | 1.62 |
| 咖啡酸 | 0.002 9~0.145 0 | $Y=2.85\times 10^7 X-4.24\times 10^3$ | 0.999 5 | 0.71 | 1.37 | 1.13 |
| 对香豆酸 | 0.002 4~0.122 0 | $Y=1.70\times 10^7 X+51.4$ | 0.999 9 | 1.07 | 1.18 | 0.96 |
| 异荳蔻苷 | 0.002 0~0.100 0 | $Y=1.33\times 10^7 X-5.49\times 10^3$ | 0.999 9 | 1.25 | 1.42 | 1.38 |
| 荳蔻苷 | 0.002 2~0.110 0 | $Y=2.09\times 10^7 X-1.67\times 10^5$ | 0.995 5 | 1.34 | 1.91 | 1.45 |
| 阿魏酸 | 0.003 8~0.190 0 | $Y=1.20\times 10^7 X-8.31\times 10^3$ | 0.999 8 | 0.91 | — | — |
| 牡荆苷 | 0.001 6~0.080 0 | $Y=1.26\times 10^7 X-1.61\times 10^4$ | 0.999 6 | 2.58 | — | — |
| 异牡荆苷 | 0.003 2~0.160 0 | $Y=1.40\times 10^7 X-3.52\times 10^4$ | 0.999 5 | 0.64 | 1.87 | 1.09 |

“—” -未检出, 下同

“—” -undetected, same as below

以待测样品浓度为横坐标 (X), 抑制率为纵坐标 (Y) 得待测样品清除 DPPH 自由基的关系曲线。计算得到待测样品的半数抑制浓度 (IC₅₀ 值)。

$$\text{抑制率} = (A_{\text{空白}} - A_{\text{样品}}) / A_{\text{空白}}$$

2.6.2 铁离子还原/抗氧化能力分析法(FRAP 法)
参照文献方法^[8], 配制相同浓度的样品溶液, 各取 0.3 mL 加入 2.7 mL 工作液(0.3 mol/L 醋酸盐缓冲液 25 mL, 10 mmol/L TPTZ 溶液 2.5 mL, 20 mmol/L FeCl₃ 溶液 2.5 mL), 混匀后在 37 °C 反应 10 min, 于 593 nm 处测定 A 值。以 70%乙醇溶液做空白对照。准确量取 6.08 mg 硫酸亚铁溶于适量的水中, 加入 18 mol/L 硫酸 0.25 mL, 再加水稀释至 50 mL, 得 0.8 mmol/L 的硫酸亚铁溶液, 并置入小铁钉。依次配制 400、200、100、50、25 μmol/L 标准溶液, 以硫酸亚铁浓度为横坐标 (X), A 值为纵坐标 (Y) 绘制标准曲线, 得回归方程为 $Y = 0.0018X + 0.0019$, $r = 0.9996$ 。将样品反应后的 A 值在标准曲线上获得相应的硫酸亚铁的浓度 (μmol/L) 定义为 FRAP 值。

2.7 数据处理

结果采用“SPSS 16.0”统计软件进行数据分析, 方差分析运用 Duncan 新复极差法, 数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。

3 结果与分析

3.1 地被竹叶样品中有效成分的量

6 种地被竹叶样干基的总酚、总黄酮和三萜量测定结果见表 2。结果表明, 地被竹叶均含有较高的总酚, 干基量为 4.15%~9.12%, 总酚量最高的是倭竹, 是阔叶箬竹的 2.2 倍; 所试叶样的总黄酮量依次为倭竹 > 黄条金刚竹 > 翠竹 > 铺地竹 > 隈笹 > 阔叶箬竹。倭竹和黄条金刚竹的三萜总量显著高于其他品种。

3.2 地被竹叶提取物中特征性成分分析

各取 2 μL 竹叶提取物试样滤过后注入 UPLC

表 2 6 种地被竹叶的有效成分测定结果(n=3)

Table 2 Determination of active component contents in leaves of six kinds of ground bamboo (n=3)

| 品 种 | 总酚/% | 总黄酮/% | 三萜/% |
|-------|-------------|-------------|--------------|
| 倭竹 | 9.12±0.16 e | 4.00±0.05 e | 0.57±0.02 c |
| 翠竹 | 5.30±0.11 c | 2.63±0.04 c | 0.51±0.03 b |
| 铺地竹 | 5.01±0.10 b | 2.39±0.06 b | 0.45±0.02 a |
| 隈笹 | 4.29±0.06 a | 1.63±0.08 a | 0.53±0.02 b |
| 黄条金刚竹 | 5.51±0.12 d | 3.16±0.07 d | 0.54±0.02 bc |
| 阔叶箬竹 | 4.15±0.07 a | 1.62±0.07 a | 0.44±0.01 a |

同一列标记字母不同表示显著差异 (P<0.05), 下同

Values in same row followed by different letters mean significant difference (P<0.05), same as below

色谱仪分析测定, 外标法计算其中异荭草苷、荭草苷、异牡荆苷、牡荆苷、对香豆酸、绿原酸、咖啡酸、阿魏酸的量。各成分的量均折算成叶干基计, 结果见表 3, 相应的 UPLC 图谱见图 1。地被竹中均含绿原酸、咖啡酸、对香豆酸和异荭草苷, 均未检出阿魏酸。8 种竹叶特征性成分的量在不同的地被竹中存在较大差异。绿原酸和荭草苷在黄条金刚竹中的量最高, 分别为 1.55 和 0.72 mg/g; 对香豆酸和异牡荆苷在翠竹中的量最高, 分别为 0.11 和 0.41 mg/g; 异荭草苷和牡荆苷在隈笹中的量最高, 分别为 0.56、0.65 mg/g; 咖啡酸在阔叶箬竹中的量最高, 为 0.11 mg/g。8 种竹叶特征性成分在各地被竹中占总酚的量依次为隈笹 > 铺地竹 > 翠竹, 黄条金刚竹 > 倭竹 > 阔叶箬竹。

3.3 地被竹叶提取物的抗氧化性能比较

由表 4 可知, 不同品种竹叶提取物的抗氧化能力存在显著性差异 (P<0.05), 对 DPPH 自由基的清除能力大小与还原力强弱的趋势基本一致。倭竹抗氧化能力远强于其他品种, 其清除 DPPH 自由基的 IC₅₀ 值为 (88.43±0.71) μg/mL, FRAP 值为 661.44±7.12; 其次是黄条金刚竹和翠竹; 隈笹清除 DPPH 自由基的能力最弱, 而阔叶箬竹则是还原能力最弱的品种。

表 3 6 种地被竹叶中 8 种特征性成分的测定结果(n=3)

Table 3 Determination of eight characteristic components in leaves of six kinds of ground bamboo (n=3)

| 品 种 | 质量分数/(mg·g ⁻¹) | | | | | | | | 总酚的绝对值/(mg ⁻¹) | 8 种特征性成分 |
|-------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|----------------------------|----------|
| | 绿原酸 | 咖啡酸 | 对香豆酸 | 异荭草苷 | 荭草苷 | 阿魏酸 | 牡荆苷 | 异牡荆苷 | | |
| 倭竹 | 0.781 9 | 0.088 9 | 0.071 1 | 0.159 9 | 0.302 1 | — | — | — | 91.20 | 1.54 |
| 翠竹 | 0.869 6 | 0.035 5 | 0.106 5 | 0.354 9 | 0.532 4 | — | — | 0.408 1 | 53.03 | 4.35 |
| 铺地竹 | 1.184 6 | 0.036 5 | 0.091 1 | 0.364 5 | 0.546 7 | — | — | 0.182 2 | 50.13 | 4.80 |
| 隈笹 | 1.316 6 | 0.072 1 | 0.072 1 | 0.559 1 | — | — | 0.649 3 | 0.252 5 | 42.90 | 6.81 |
| 黄条金刚竹 | 1.551 4 | 0.035 3 | 0.088 1 | 0.370 2 | 0.722 8 | — | — | — | 55.10 | 4.35 |
| 阔叶箬竹 | 0.017 9 | 0.107 4 | 0.053 7 | 0.071 6 | 0.196 9 | — | — | — | 41.53 | 1.08 |

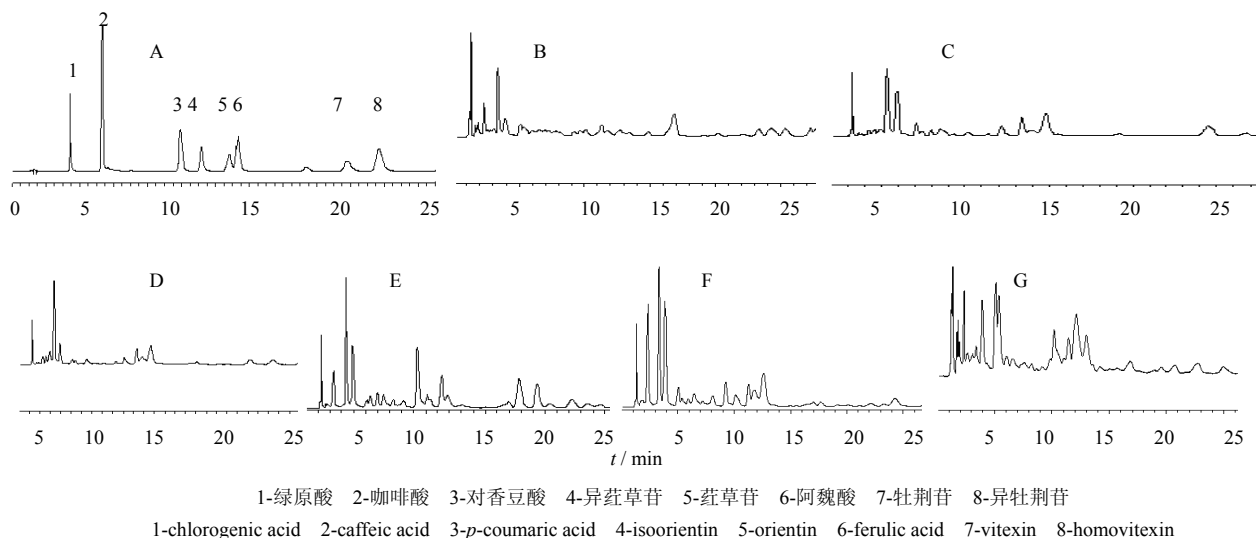


图 1 混合对照品 (A)、倭竹 (B)、翠竹 (C)、铺地竹 (D)、隈笹 (E)、黄条金刚竹 (F)、阔叶箬竹 (G) 提取物的 UPLC 色谱图
Fig.1 UPLC chromatograms of mixed reference substances (A), *S. chinensis* (B), *S. pygmaea* (C), *S. argenteostriatus* (D), *S. veitchii* (E), *P. kongosensis* f. *aureostriatus* (F), and *I. latifolius* (G)

表 4 6 种地被竹叶提取物的抗氧化活性 (n=3)

Table 4 Anti-oxidant activities in leaves of six kinds of ground bamboo (n=3)

| 品 种 | IC ₅₀ 值/(μg·mL ⁻¹) | FRAP 值/(μg·mL ⁻¹) |
|-------|---|-------------------------------|
| 倭竹 | 88.43±0.71 a | 661.44±7.12 f |
| 翠竹 | 107.48±2.46 c | 418.39±6.75 d |
| 铺地竹 | 130.97±1.55 d | 398.13±5.04 c |
| 隈笹 | 193.04±2.40 f | 334.58±4.19 b |
| 黄条金刚竹 | 94.73±1.56 b | 451.30±6.30 e |
| 阔叶箬竹 | 146.81±1.96 e | 316.29±4.14 a |

4 讨论

竹叶含有丰富的次生代谢产物,以竹叶提取物为主要功能成分的某些保健品已在人类的健康事业中发挥了重要的贡献。但在竹叶提取物的产业化过程中存在鲜竹叶采摘困难、原料总量有限等问题。所以,对开发产叶量大且采摘方便的叶用林提出了要求。地被竹由于植株矮小,生长周期短,萌发快,竹叶面积大等特点,能为开发新竹叶资源铺开新的道路。

本研究对 6 种地被竹的测定结果表明,地被竹竹叶也含有丰富的次生代谢产物,呈现出较总酚、总黄酮和三萜量高的特点。且不同种类地被竹的次生代谢物的量存在显著性差异,其中有效成分量较高的是倭竹和黄条金刚竹,其次是翠竹、铺地竹和隈笹,作为我国常用来制作粽子的阔叶箬竹的有效成分的量较少。抗氧化活性实验结果表明竹叶提取物的 DPPH 自由基清除能力和还原能力与次生代谢物的量有很大的相关性,倭竹和黄条金

刚竹表现出优于其他品种的抗氧化活性,具有进一步研究和开发的潜力。

另外,总酚量最高、抗氧化性能最强的倭竹和黄条金刚竹中 8 种竹叶特征性成分占其竹叶总酚量相对于其他品种呈现出较少的比例,推测倭竹和黄条金刚竹尚存在大量其他活性成分。同时,从液相色谱图中可见,地被竹叶提取物中存在大量的低极性部位,有待进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 何跃君,岳永德. 竹叶提取物的有效成分及其应用研究进展 [J]. 生物质化学工程, 2008, 42(3): 31-37.
- [2] 张 英,吴晓琴,俞卓裕. 竹叶和银杏叶总黄酮含量及其抗自由基活性的比较研究 [J]. 中国中药杂志, 2002, 27(4): 254-257.
- [3] 张 英,龚金炎,李 栋,等. 竹叶黄酮最新研究进展之二: 竹叶酚性化学素抑制食品中丙烯酰胺形成及化解人体丙毒危害的作用和机制研究 [J]. 中国食品添加剂, 2009, 5: 56-62.
- [4] 陆柏益,张 英,吴晓琴. 竹叶黄酮的抗氧化及其心脑血管药理活性研究进展 [J]. 林产化学与工业, 2005, 23(3): 120-124.
- [5] 吴 巍,程秀凤. RP-HPLC 法测定竹叶提取物中异荭草素 [J]. 中草药, 2008, 39(9): 1333-1335.
- [6] 王红兵,姚 慧,顾伟峰,等. 苦竹叶的化学成分研究 [J]. 中草药, 2004, 35(7): 739-740.
- [7] 龚金炎,吴晓琴,夏道宗,等. RP-HPLC 法测定竹叶提取物中黄酮类和酚酸类成分 [J]. 中草药, 2010, 41(1): 63-65.
- [8] Ardestani A, Yazdanparast R. Inhibitory effects of ethyl acetate extract of *Teucrium polium* on *in vitro* protein glycoxidation [J]. *Food Chem Toxicol*, 2007, 45: 2402-2411.