

化州柚落花、落果及叶片中总黄酮含量及其抗氧化活性研究*

胡艳玉¹, 杨星¹, 陈德斌², 江泽权², 黄小琼², 吴强¹, 黄荣韶¹, 李良波^{1**}

(1. 广西大学农学院, 广西南宁 530004; 2. 平果县天然润宝农业发展有限公司, 广西百色 531400)

摘要: 本文以化州柚落花、落果及叶片为材料, 研究 60%乙醇提取和水提取两种方式所得提取液中总黄酮的含量及抗氧化能力。实验采用紫外分光光度法测定化州柚不同提取物中总黄酮的含量, 并采用 DPPH 法和水杨酸法测定其抗氧化能力。结果表明, 化州柚落果、落花及叶片的 60%乙醇提取液总黄酮得率高于水提液; 水提液对 DPPH 自由基的最大清除率均大于 91%, 60%乙醇提取液对 DPPH 自由基的清除率均高于 88%, 各提取液对 DPPH 自由基的清除率在一定范围内随反应时间及提取液浓度的增加而增高; 落花 60%乙醇提取液对羟基自由基的清除率远高于落果和叶片; 羟基自由基的清除率与提取液浓度呈正相关关系, 与反应时间无关。化州柚不同部位总黄酮含量相差很大, 其含量变化为落果 > 落花 > 叶片, 因此可根据总黄酮含量及抗氧化活性对化州柚落花、落果和叶进行分类利用, 变废为宝。

关键词: 化州柚 浸提液 总黄酮 抗氧化性 DPPH 自由基

中图分类号: R284.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2019)04-0345-06

0 引言

自由基的存在和活动是人体代谢紊乱的重要诱因之一^[1], 大部分自由基容易与细胞成分反应, 引起细胞损伤, 从而引发生物体内各种疾病并导致衰老^[2]。外源性抗氧化剂可以修复自由基导致的重要生物大分子的损伤, 适当补充外源性抗氧化剂可以平衡体内自由基, 预防疾病, 延缓衰老^[3-4]。黄酮类化合物广泛存在于植物皮、根、叶、果实中, 是天然有机化合物, 具有广泛的生物活性, 可抗氧化、抗肿瘤、抑菌、抗炎、抗过敏等^[5-6]。

芸香科植物化州柚 (*Citrus grandis* 'Tomentosa

或柚 (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) 的花量大, 产量高, 其药用化学成分具有抗菌、抗寄生虫、抗氧化、抗炎、抗肿瘤等生物活性^[7]; 其未成熟或近成熟的干燥外层果皮——化橘红^[8] 含有黄酮类化合物、挥发油、香豆素类化合物、多糖等有效成分^[9]。郑亚美等^[10] 通过正交实验所得最佳提取工艺提取的蜜柚叶黄酮得率为 12.4 mg/g。一般柑橘属植物花量越大其落花落果越严重, 坐果率越低^[11], 超过 95% 的花果会脱落, 造成严重浪费, 疏花、疏果和整枝修剪是克服果树大小年和提高果品质的重要手段。目前对化州柚落花、落果和叶进行开发利用的研究报道相对较少。本文对化州柚的叶片以及生理性落花、落果中的总黄酮

* 百色市科技计划项目(百科 20183006)资助。

【作者简介】

胡艳玉(1992—), 女, 硕士研究生, 主要从事药用植物资源与利用研究。

【**通信作者】

李良波(1980—), 男, 副教授, 主要从事药用植物栽培与资源利用研究, E-mail: llb100@126.com。

【引用本文】

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20191210.003

胡艳玉, 杨星, 陈德斌, 等. 化州柚落花、落果及叶片中总黄酮含量及其抗氧化活性研究[J]. 广西科学院学报, 2019, 35(4): 345-350.

HU Y Y, YANG X, CHEN D B, et al. Study on total flavonoids and antioxidant activity in the extract of blossom drop, fruit drop and leaves of *Citrus grandis* 'Tomentosa' [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2019, 35(4): 345-350.

含量及其抗氧化活性进行研究,为化州柚落花、落果和叶的开发利用提供依据,变废为宝。

1 材料与方法

1.1 材料

样品:化州柚落花(2018年3月11日采集),化州柚落果(第一次生理落果)及成熟叶(2018年3月25日采集),采样地点为广西玉林市陆川县清湖镇天然润宝公司化州柚基地。

试剂:芦丁标准品,三氯化铝(结晶,分析纯),甲醇(分析纯),无水乙醇(分析纯),九水合硝酸铝(分析纯),抗坏血酸(分析纯),1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(分析纯),水杨酸(分析纯),七水合硫酸亚铁(分析纯),过氧化氢(分析纯),浓硫酸(分析纯),高锰酸钾(分析纯)。

1.2 仪器

UV-1800 紫外-可见分光光度计(岛津),循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司),HH-S 恒温水浴锅(常州市金坛友联仪器研究所),KQ-500 DE 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),纯水制造系统(成都优越科技有限公司),多功能粉碎机(拜杰),电热恒温鼓风干燥箱(上海跃进医疗器械厂)。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

将采集的花、果、叶分拣整理,用超纯水冲洗,置于鼓风干燥器中 105℃ 杀青 30 min,70℃ 烘干,磨粉,过 40 目筛。

1.3.2 化州柚不同部位总黄酮类的提取及测定

1.3.2.1 标准曲线的绘制

参考任顺成等^[12]的方法,稍作改进:精确称取 10 mg 芦丁标准品,用甲醇溶解,转移到 100 mL 容量瓶中,定容,得到浓度为 0.1 mg/mL 的芦丁标准溶液。精确吸取 0 mL、0.5 mL、1.0 mL、1.5 mL、2.0 mL、2.5 mL、3.0 mL、3.5 mL 芦丁标准溶液分别置于 10 mL 比色管中,分别加入 5 mL 0.1 mol/L 三氯化铝甲醇溶液,定容,摇匀,显色 10 min 后在 385 nm 处测定吸光度(A),以 A 为纵坐标、浓度为横坐标,绘制标准曲线。

1.3.2.2 回归方程的测定

精密量取化州柚待测样液 1 mL 置于比色管中,加入浓度 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 溶液 1 mL,甲醇定容至 10 mL,摇匀,放置 20 min,另取 1 mL 10%

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 溶液置 10 mL 比色管中,加甲醇至刻度,作为空白对照溶液于 385 nm 处测定波长(3 个平行),依据绘制的标准曲线求得总黄酮含量回归方程。

1.3.2.3 化州柚不同部位提取液的制备

沸水浸提^[12]:准确称取打磨好的样品各 1.00 g,置于锥形瓶中,按照 1:40 固液比,加入刚煮沸的纯水中,置于 90℃ 恒温水浴锅中浸提 30 min,浸提结束后趁热用真空泵抽滤,提取两次,合并提取液后移入 100 mL 容量瓶中,定容备用。

60%乙醇超声浸提^[13]:准确称取打磨好的样品各 1.00 g,置于锥形瓶中,按照 1:40 固液比,加入 60%乙醇溶液(纯水:无水乙醇=4:6,V:V),在 60℃、60%功率下,超声 30 min,用真空泵抽滤,提取两次,合并提取液后移入 100 mL 容量瓶中,定容备用。

Vc(抗坏血酸)对照液的制备^[14]:准确称取 25 mg 抗坏血酸,用 60%乙醇溶液溶解,定容于 500 mL 棕色容量瓶,得到 0.05 mg/mL 抗坏血酸溶液,摇匀备用(现配现用)。

1.3.2.4 化州柚不同部位提取液中总黄酮得率的测定

用移液枪移取 0.5 mL 提取液于 10 mL 比色管中,加 5 mL 0.1 mol/L 三氯化铝甲醇溶液,纯水定容,摇匀,静置 10 min 后,在 385 nm 处测定吸光度,由标准曲线求得样品中总黄酮含量。总黄酮得率= $[(Y \times 20V)/(M \times 1000 \times 1000)] \times 100\%$,式中:Y 为测定的浓度,μg/mL;V 为提取液总体积,mL;M 为样品质量,g。

1.3.3 抗氧化时间测定

量取各待测液,超纯水(空白对照)与 60%无水乙醇(空白对照)各 1 mL,分别置于 50 mL 量瓶中,加水定容至刻度,摇匀;精密量取 10 mL,置具塞锥形瓶中,精密加入体积分数 20% H_2SO_4 2 mL,振摇 1 min;精密加入 0.02 mol/L KMnO_4 0.05 mL,同时开始秒表计时;当溶液的紫红色完全消退时,停止秒表,记录的时间即为供试品的氧化时间(平行测定 3 次)^[15-16]。

1.3.4 DPPH 自由基清除能力测定

准确称取 19.7 mg DPPH 用少量无水乙醇溶解,再以无水乙醇定容至 250 mL,配成 200 μmol/L 的储备溶液,置棕色瓶中于冰箱内备用。移取 5 mL DPPH 储备液置于比色管中,分别加入 1 mL、2 mL、

3 mL、4 mL 提取液, 醇提液用无水乙醇定容, 水提液用超纯水定容至 10 mL, 摇匀, 置于阴暗处, 分别于 0.5 h、1.0 h、1.5 h 测定吸光度^[17]。以无水乙醇为空白, 测定反应体系在 517 nm 处的吸光度 A_i ; 同时测定 5 mL DPPH 溶液加 5 mL 无水乙醇混合液的吸光度 A_c ; 平行测定 3 次不同体积(1 mL、2 mL、3 mL、4 mL)提取液加入无水乙醇定容至 10 mL 的混合液的吸光度 A_j 。清除率(%) = $[1 - (A_i - A_j) / A_c] \times 100\%$ 。

1.3.5 羟基自由基(\cdot OH)清除能力测定

在比色管中加入 1 mL、2 mL、3 mL、4 mL 的提取液, 依次加入 1 mL 6 mmol/L 的硫酸亚铁溶液, 1 mL 6 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液, 然后加入 0.1% H_2O_2 1 mL 启动反应, 定容总体积 10 mL, 以超纯水补足体积^[18]。其中对照管不加样液, 样底管不加 H_2O_2 , 摇匀后在 37℃ 水中温育 0.5 h、1.0 h、1.5 h, 在 510 nm 处测定吸光度, 平行测 3 次。清除率(%) = $[A_{\text{对照}} - (A_{\text{样品}} - A_{\text{样底}})] / A_{\text{对照}} \times 100\%$ 。

1.4 数据分析

总黄酮标准曲线的回归方程由 Excel 作图得到, 黄酮含量及抗氧化性的数据用 SPSS 软件处理, 选用单因素 ANOVA 检验比较平均值分析, 邓肯 Alpha=0.01 齐子集事后检验。

2 结果与分析

2.1 两种提取条件下化州柚不同部位总黄酮含量

总黄酮含量的回归方程: $Y = 0.025X + 0.0099$, $R^2 = 0.9993$, 其中: Y 为吸光度, X 为黄酮浓度(mg/L)。

如表 1 所示, 化州柚各部位 60% 乙醇提取液的总黄酮含量大于水提液, 说明化州柚 3 个不同部位中所含的黄酮类物质在有机溶剂中的溶解度大于水中, 不同部位总黄酮得率差异明显, 且落果 > 落花 > 叶。

2.2 化州柚不同部位抗氧化性研究

2.2.1 化州柚不同部位抗氧化时间

由表 2 可知, 不同浸提条件下化州柚各部位提取液抗氧化时间差异显著, 60% 乙醇提取液的抗氧化能力远大于水提液, 落果和落花的抗氧化能力相近, 高于化州柚叶片提取液。

表 1 不同浸提条件下化州柚各部位总黄酮含量(mg/g)

Table 1 Total flavonoids yield of various parts of *Citrus grandis* 'Tomentosa' under different extraction conditions (mg/g)

组别 Group	60%乙醇提取液 60% Ethanol extraction	水提液 Water extraction
落果 Fruit drops	69.34±0.69A	53.48±0.63B
落花 Blossom drops	49.45±0.53C	37.52±0.85D
叶 Leaves	31.22±1.04E	19.09±0.38F

注: 不同大写字母表示平均值差值的显著性水平为 $P < 0.01$

Note: Different capital letters indicate the significance level of the mean±SD value is $P < 0.01$

表 2 不同浸提条件下化州柚各部位提取液抗氧化时间(min)

Table 2 Antioxidant time of extraction solution of different parts of *C. grandis* under different extraction conditions (min)

组别 Group	60%乙醇提取液 60% Ethanol extraction	水提液 Water extraction
落果 Fruit drops	4.66±0.06F	13.97±0.28C
落花 Blossom drops	5.19±0.11E	15.44±0.24B
叶 Leaves	13.09±0.19D	25.95±0.28A
对照 Contrastion	—	—

注: 不同大写字母表示平均值差值的显著性水平为 $P < 0.01$

Note: Different capital letters indicate the significance level of the mean±SD value is $P < 0.01$

2.2.2 DPPH 自由基清除能力

由表 3 可知, 各部位提取液对 DPPH 自由基有很强的清除率, 不同提取方法下的清除率存在差异。各部位提取液对 DPPH 自由基的清除率与提取液浓度以及反应时间有关, 在一定时间与浓度范围内呈正相关关系; 在提取液浓度为 40 mg/mL, 反应时间为 90 min 时, 水提液花、果、叶清除率(93.4%, 96.2%, 91.0%) 高于 60% 乙醇提取液(90.1%, 88.6%, 88.5%)。实验中 Vc 的浓度为 50 mg/L, Vc 对 DPPH 自由基的清除率随浓度的增加而增加, 当达到一定浓度后清除率基本不变, Vc 对 DPPH 自由基的清除率与反应时间关系不大。

表 3 化州柚不同部位提取液对 DPPH 自由基的清除率

Table 3 DPPH radical clearance rate of extraction solution from different parts of *C. grandis*

提取方法 Extract method	组别 Groups	提取液浓度 Concentration of the extraction (mg/mL)	不同反应时间的清除率 Clearance rate at different reaction time (%)		
			30 min	60 min	90 min
60%乙醇提取 60% Ethanol extraction	落花 Blossom drops	10	68.70±0.56F	78.80±0.48E	85.19±0.09D
		20	88.32±0.47C	90.10±0.43AB	90.32±0.35A
		30	89.21±0.34ABC	89.61±0.46AB	90.10±0.60AB
		40	90.13±0.32AB	90.08±0.27AB	90.09±0.26AB
	落果 Fruit drops	10	59.92±0.33E	67.33±0.49D	71.42±1.58C
		20	84.92±0.77B	87.63±0.35A	88.51±0.27A
		30	87.32±0.28A	87.10±0.27A	88.21±0.37A
		40	88.62±0.40A	88.62±0.20A	88.61±0.13A
	叶 Leaves	10	50.41±0.81H	51.51±0.25G	56.70±0.56F
		20	75.12±0.28E	79.50±0.46D	82.50±0.52C
		30	86.12±0.20B	86.90±0.30B	88.30±0.46B
		40	87.12±0.42B	88.24±0.09A	88.51±0.63A
水提取 Water extraction	落花 Blossom drops	10	83.83±0.71G	87.59±0.33EF	89.20±0.10CD
		20	84.84±0.29G	88.35±0.22DE	89.52±0.50BC
		30	86.72±0.65F	88.62±0.42CDE	93.51±0.37A
		40	88.93±0.34CD	90.52±0.16B	93.41±0.87A
	落果 Fruit drops	10	85.12±0.54G	93.12±0.38D	95.10±0.33ABC
		20	87.81±0.66F	94.21±0.35CD	95.71±0.31AB
		30	90.22±0.59E	94.60±0.68BC	96.12±0.27A
		40	93.12±0.52D	95.30±0.32ABC	96.21±0.47A
	叶 Leaves	10	66.53±0.81H	71.90±0.50G	75.39±0.68F
		20	86.42±0.45E	87.12±0.17DE	90.80±0.66AB
		30	88.22±0.65CDE	89.03±1.88BC	91.80±0.26A
		40	88.72±0.28CD	90.04±0.35ABC	91.01±0.89A
对照 Contrastion	Vc	0.05	44.93±0.46E	44.71±0.47E	44.09±0.21E
		0.1	88.74±0.45D	88.51±0.36D	88.11±0.12D
		0.15	92.11±0.28AB	91.82±0.06B	90.91±0.61C
		0.2	92.74±0.26A	92.49±0.17AB	92.20±0.49AB

注:不同大写字母表示平均值差值的显著性水平为 $P < 0.01$

Note: Different capital letters indicate the significance level of the mean±SD value is $P < 0.01$

2.2.3 羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力

由表 4 可以看到, Vc 溶液和化州柚不同部位提取液对羟基自由基的清除率随着提取液浓度的增大而增大, 不同提取液浓度间清除率差异显著, 与反应时间关系不大。在提取液浓度为 40 mg/mL, 反应时

间为 60 min 时, 化州柚花的 60%乙醇提取液对羟基自由基的清除率达 70.3%, 高于水提液清除率(49.7%), 同时也高于相同提取条件下的落果(45.1%)以及成熟叶(29.3%)。

表 4 羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除率Table 4 Removal rate of hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$)

提取方法 Extract method	组别 Groups	提取液浓度 Concentration of the extraction (mg/mL)	不同反应时间的清除率 Clearance rate at different reaction time (%)		
			30 min	60 min	90 min
60%乙醇提取 60% Ethanol extraction	落花 Blossom drops	10	34.22±0.19d	34.43±0.54d	34.42±0.36d
		20	49.62±0.20c	50.20±0.62c	50.23±0.53c
		30	63.91±0.31b	64.21±0.25b	64.32±0.28b
		40	70.19±0.10a	70.31±0.26a	70.22±0.19a
	落果 Fruit drops	10	35.93±0.10d	36.01±0.26d	36.12±0.10d
		20	39.19±0.10c	39.31±0.26c	39.23±0.21c
		30	43.51±0.30b	43.83±0.24b	43.82±0.53b

续表 4

Continued table 4

提取方法 Extract method	组别 Groups	提取液浓度 Concentration of the extraction (mg/mL)	不同反应时间的清除率 Clearance rate at different reaction time (%)		
			30 min	60 min	90 min
水提取 Water extraction	叶 Leaves	40	45.01±0.11a	45.11±0.26a	45.02±0.20a
		10	25.22±0.11d	25.30±0.25d	25.23±0.20d
		20	26.99±0.23c	27.21±0.50bc	27.24±1.06bc
		30	28.41±0.20ab	28.61±0.54a	28.63±1.05a
	落花 Blossom drops	40	29.11±0.18a	29.30±0.55a	29.22±0.74a
		10	34.11±0.70d	34.81±0.66d	34.81±1.32d
		20	41.33±0.23c	41.80±0.71c	41.89±0.22c
		30	46.40±0.34b	47.11±0.94b	47.08±0.34b
	落果 Fruit drops	40	49.10±0.60a	49.70±0.53a	49.74±1.03a
		10	29.72±0.80d	30.49±0.53d	30.61±0.20d
		20	43.70±0.19c	43.91±0.54c	43.82±0.43c
		30	47.82±0.29ab	47.21±0.10b	47.22±0.20b
	叶 Leaves	40	48.10±0.44ab	48.51±0.33a	48.51±0.70a
		10	24.70±0.10f	24.82±0.26ef	25.01±1.20def
		20	26.02±0.24cdef	27.62±1.55bcd	27.95±0.60bc
30		27.42±0.12bcde	28.46±1.97bc	29.42±0.78b	
对照 Contrastion	Vc	0.05	32.00±0.56a	32.22±0.26a	32.02±0.51a
		0.1	11.77±0.05d	11.80±0.11d	11.80±0.21d
		0.15	22.51±0.13c	22.64±0.34c	22.72±0.39c
		0.2	31.91±0.14b	32.00±0.26b	32.23±1.23b
		0.2	46.84±0.24a	46.81±0.20a	46.92±0.19a

注:不同小写字母表示平均值差值的显著性水平为 $P < 0.01$

Note: Different minuscule indicate the significance level of the mean±SD value is $P < 0.01$

3 讨论

实验中化州柚第一次生理落果的黄酮含量最高,其提取液的抗氧化性好,可考虑开发其药用价值。

化州柚落花的黄酮得率与任顺成等^[12]研究的市售 19 种花茶相比,黄酮得率高于其中 17 种花茶,实验过程中发现化州柚落花乙醇提取液和水提液均有独特浓郁芳香,且香味相对持久。化州柚投产树株产鲜花量大,正常管理的果树,一般都开花过量,使树体消耗过多养分,造成严重的大小年结果现象,疏花、疏果和整枝修剪果树高产高质栽培中不可缺少的环节,因此用化州柚花开发花茶饮品和化妆品前景广阔。

实验中化州柚叶片提取液对羟基自由基的最高清除率为 32%。郑亚美等^[10]研究发现在蜜柚叶黄酮含量为 0.2 mg/mL 时对羟基自由基的清除率约为 20%,当蜜柚叶黄酮含量达到 2.5 mg/mL 时对羟基自由基的清除率达 97%,本实验浓度范围内化州柚叶提取液对羟基自由基的最高清除率为 32% 和 29.3%,其原因是实验浓度内化州柚叶黄酮含量较低,最大浓度仅为 0.083 2 mg/mL。实验中化州柚叶片黄酮得率较为可观,化州柚成熟叶既可以考虑其药用价值,也可以考虑在动物饲料方面的应用,如田

刚等^[19-20]研究不同柚叶含量饲料对肉兔生理机能的影响,认为饲料中添加一定水平的柚叶对生长肉兔的屠宰性能有改善作用,表明化州柚叶在动物饲料方面的开发应用,可形成立体循环农业(树产饲料,林下养殖,粪便养树)。

4 结论

化州柚不同部位总黄酮含量相差很大,其含量变化为落果>落花>叶片。化州柚落果、落花及叶片的 60%乙醇提取液总黄酮得率高于水提液,但化州柚各部位水提取液对 DPPH 自由基清除率高于 60%乙醇提取液;各部位提取液对 DPPH 自由基的清除率与提取液浓度以及反应时间有关。化州柚落花 60%乙醇提取液对羟基自由基的清除率远高于落果和叶片,可达到 70.3%,清除效果良好。因此,可开发化州柚落果的药用价值,将化州柚花研发为花茶饮品和化妆品,同时利用化州柚叶为动物饲料。

参考文献

- [1] 孟庆,符玲,高振,等.野菊花总黄酮提取方法比较及其抗氧化活性研究[J].中草药,2015,46(21):3194-3197.
- [2] 赵保路.自由基、营养、天然抗氧化剂与衰老[J].生物物理学报,2010,26(1):26-36.

- [3] 方允中,杨胜,伍国耀. 自由基、抗氧化剂、营养素与健康的关系[J]. 营养学报, 2003, 25(4): 337-343.
- [4] 赵保路. 自由基生物学与健康[J]. 科学, 2007, 59(5): 14-15.
- [5] BENDJEDDOU D, LALAOUI K, SATTI D. Immunostimulating activity of the hot water-soluble polysaccharide extracts of *Anacyclus pyrethrum*, *Alpinia galanga* and *Citrullus colocynthis* [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2003, 88(2/3): 155-160.
- [6] 张德权, 台建祥, 付勤. 生物类黄酮的研究及应用概况[J]. 食品与发酵工业, 1999, 25(6): 52-57.
- [7] 刘孟华, 李泮霖, 罗铝铿. 柚花化学成分及药理活性研究进展[J]. 嘉应学院学报: 自然科学, 2015, 33(2): 67-73.
- [8] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 第一部[M]. 2015 版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 74-75.
- [9] 黄飞龙, 马三梅. 化橘红主要有效成分的分析方法[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(13): 26-28.
- [10] 郑亚美, 任娇艳, 史传超. 蜜柚叶黄酮的提取及其抗氧化与降尿酸活性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 262-266, 271.
- [11] 王男麒. 柑橘花果脱落规律及其矿质养分损耗[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [12] 任顺成, 常云彩, 刘梦文. 19 种花茶提取液中总黄酮得率及其清除自由基活性的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2014, 35(4): 6-11.
- [13] 兰昌云, 周崇松, 范必威, 等. 超声波法提取槐花中黄酮的最佳工艺研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(1): 55-58.
- [14] 郑大贵, 叶青, 叶红德, 等. DPPH·法评价 Vc、异 Vc 及其衍生物的抗氧化性能[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 113-115, 116.
- [15] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 2010 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 172.
- [16] 陈南迪, 方妙玉, 于超凡, 等. 毛橘红总黄酮指纹图谱与其抗氧化活性的谱效关系研究[J]. 广州中医药大学学报, 2012, 29(6): 702-706.
- [17] 侯秀娟, 沈勇根, 徐明生, 等. 化橘红多糖的提取纯化及抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(9): 135-138.
- [18] 盛伟, 方晓阳, 吴萍. 白灵菇、杏鲍菇、阿魏菇多糖体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 103-105, 109.
- [19] 田刚, 谢文梅, 余冰, 等. 饲料中不同水平柚叶对生长肉兔生长性能、饲料养分全肠表观消化率和屠宰性能的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(4): 1145-1151.
- [20] 田刚, 谢文梅, 余冰, 等. 不同水平柚叶饲料对生长肉兔血清生化指标、消化和免疫功能的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(6): 1789-1795.

Study on Total Flavonoids and Antioxidant Activity in the Extract of Blossom Drop, Fruit Drop and Leaves of *Citrus grandis* 'Tomentosa'

HU Yanyu¹, YANG Xing¹, CHEN Debin², JIANG Zequan², HUANG Xiaoqiong², WU Qiang¹, HUANG Rongshao¹, LI Liangbo¹

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. TANGERINEBABY Agricultural Development Co., Ltd. of Pingguo County, Baise, Guangxi, 531400, China)

Abstract: In this paper, *Citrus grandis* 'Tomentosa' flowers, fruits and leaves were used as materials to study the total flavonoid content and antioxidant capacity in the extracts obtained by 60% ethanol extraction and water extraction. UV spectrophotometry was used to determine the total flavonoids in different extracts of *Citrus grandis* 'Tomentosa', and DPPH and salicylic acid were used to determine its antioxidant capacity. The results showed that the yield of total flavonoids in 60% ethanol extract of *Citrus grandis* 'Tomentosa' blossom drops, fruits drops and leaves was higher than that of water extract. The maximum scavenging rate of DPPH free radicals by water extract was all greater than 91%. The scavenging rate of DPPH free radicals in 60% ethanol extracts was all higher than 88%. The scavenging rate of DPPH free radicals in each extract increased within a certain range as the reaction time and the concentration of the extract increased. The scavenging rate of hydroxyl radicals in 60% alcohol extract of blossom drops was much higher than that in fruit drops and leaves. The scavenging rate of hydroxyl radicals had a positive correlation with the concentration of the extract, and had nothing to do with the reaction time. The content of total flavonoids in different parts of *Citrus grandis* 'Tomentosa' is very different, and its content changes are fruit drop > blossom drop > leaf. Therefore, according to the total flavonoid content and antioxidant activity, the blossom drop, fruit drop and leaf of *Citrus grandis* 'Tomentosa' can be classified and used to turn waste into treasure.

Key words: *Citrus grandis* 'Tomentosa', extract, total flavonoids, antioxidant activity, DPPH radical

责任编辑: 米慧芝