

· 基础研究 ·

基于 CRITIC 法计算权重系数的枳壳综合品质研究[△]石艺婷¹, 何英杰^{1,3}, 陈芸¹, 唐其^{1,4*}, 谭海燕¹, 刘东波^{1,2,4}, 谢红旗^{1,2,3,4*}

1. 湖南农业大学 园艺园林学院, 湖南 长沙 410128;

2. 国家中医药管理局 亚健康干预技术实验室, 湖南 长沙 410128;

3. 湖南省中兽药重点实验室, 湖南 长沙 410128;

4. 湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 湖南 长沙 410128

[摘要] 目的: 测定不同产地枳壳有效成分含量并评价其质量, 为其作为中药类保健食品原料开发利用提供理论基础。方法: 采用高效液相色谱法、紫外分光光度法分别测定枳壳中柚皮苷、新橙皮苷、多酚、三萜及多糖的含量, 并基于 CRITIC 客观赋值法进行综合评价。结果: 样品中柚皮苷、新橙皮苷、多酚、三萜及多糖的质量分数分别为 44.78~131.39、21.14~74.17、33.38~71.90、7.80~19.50、0.75~1.81 mg·g⁻¹。由加权得分可知, 样品编号为 AF-7 的综合评分最高, 品质最佳, 其次是 AF-10; AF-4 的得分最低, 各项指标数值低, 质量较差。结论: 不同产地枳壳有效成分含量差异较大, 通过多指标成分分析综合客观评价了枳壳的品质, 以沅江三江塘产区枳壳综合评分最佳、质量最优, 体现了湘枳壳的道地性, 为今后其作为保健食品的开发利用提供参考。

[关键词] 枳壳; 柚皮苷; 新橙皮苷; 多酚; 三萜; 多糖; CRITIC 赋值法**[中图分类号]** R282.71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2019)05-0598-06**doi:** 10.13313/j.issn.1673-4890.20181104003

Quality Evaluation of Aurantii fructus Based on CRITIC Method

SHI Yi-ting¹, HE Ying-jie^{1,3}, CHEN Yun¹, TANG Qi^{1,4*}, TAN Hai-yan¹, LIU Dong-bo^{1,2,4}, XIE Hong-qi^{1,2,3,4*}

1. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China;

2. State Key Laboratory of Sub-health Intervention Technology, Changsha 410128, Hunan, China;

3. Hunan Key Laboratory of Traditional Chinese Veterinary Medicine, Changsha 410128, Hunan, China;

4. Hunan Co-innovation Center for Utilization Of Botanical Functional Ingredients, Changsha 410128, Hunan, China

[Abstract] **Objective:** This paper focused on analyzing the content of effective components in *Aurantii fructus* from different regions, and evaluating their qualities. Then the theoretical basis was provided for the exploitation and utilization of *A. fructus*, as a health food raw material. **Methods:** The content of naringin and neohesperidin was determined by HPLC, and the level of polyphenols, triterpenoids and polysaccharides was determined by UV spectrophotometry. The comprehensive evaluation was based on the method of Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation (CRITIC). **Results:** The content ranges of these components in samples were 44.78-131.39, 21.14-74.17, 33.38-71.90, 7.80-19.50 and 0.75-1.81 mg·g⁻¹, respectively. It is concluded from the weighted scores that AF-7 has the highest comprehensive score and the best quality, followed by AF-10. Among the 12 samples, AF-4 scored lowest with the low content of effective fractions and poor quality. **Conclusion:** The content of effective compositions in *A. fructus* has significant differences. The quality of these samples was evaluated through multi-indicator analysis, and the samples from Sanyantang of Yuanjiang have higher scores and better qualities, which represents strongly the geo-herbalism of the Hunan *A. fructus*. It can provides references for the further development of health food from *A. fructus*.

[Keywords] Aurantii fructus; naringin; neohesperidin; polyphenols; triterpenoids; polysaccharides; CRITIC method

[△] **[基金项目]** 现代农业产业技术体系(CARS-21); 农业农村部农产品质量安全监管专项(181821301092361018); 湖南省科技重大专项(2015SK1001); 湖南农业大学大学生创新型实验计划项目(XCX17038); 湖南省研究生科研创新项目(CX2016B311)

^{*} **[通信作者]** 唐其, 副教授, 研究方向: 药用植物遗传改良; E-mail: tangqi@hunau.edu.cn
谢红旗, 教授, 研究方向: 天然产物分离分析; Tel: (0731)84617244, E-mail: xiehongqi@hunau.edu.cn

枳壳为芸香科植物酸橙 *Citrus aurantium* L. 及其栽培变种的干燥未成熟果实, 是国家规定的 114 种可用于中药类保健食品原料之一, 主要分布于四川、重庆、湖南、江西等省, 其中属“湘枳壳”产量较大, 为大宗中药材^[1-2]。枳壳性微寒, 味酸苦, 归脾胃经, 用于胸胁气滞、胀满疼痛、食积不化、脏器下垂等, 具有调节胃肠动力、抗氧化、利胆排石及抗抑郁等多种功效^[3-5]。

枳壳中有效成分主要有黄酮、三萜、多糖、多酚、少量挥发油及生物碱等^[6-7]。黄酮类化合物主要为二氢黄酮, 如柚皮苷、新橙皮苷等, 具有抗氧化、抗炎、抗癌抑菌等作用^[8-10]; 三萜类成分以柠檬苦素为代表, 具有抗肿瘤、保护神经等生物活性^[11-12]; 多糖主要由阿拉伯糖、甘露糖和半乳糖构成, 能有效促进小鼠脾细胞的增殖, 具有一定免疫增强活性^[13-15]; 多酚类物质具有良好的生物活性, 主要表现在抗氧化、抗肿瘤、抗糖尿病、抑制肥胖等方面, 是近年来的研究热点之一, 而目前关于枳壳多酚的报道较少^[6, 16-17], 但同属中药枳实中多酚具有一定的抗氧化活性, 并能抑制脂肪酶和葡萄糖苷酶活力^[18]。

中药类保健食品的研究开发主要包括配方、工艺和质量标准, 其中质量标准研究为基础保障^[19]。而关于枳壳的质量标准控制一般以《中华人民共和国药典》为准, 即以柚皮苷和新橙皮苷的含量为评价指标, 由于控制指标少, 不能全面真实反映产品的质量。基于已有的研究, 本文选择枳壳的特征性成分柚皮苷、新橙皮苷、多酚、三萜以及多糖的含量为质量指标, 通过 Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation 法, 即 CRITIC 客观赋值法, 建立枳壳综合质量评价体系, 分析并比较了以湘枳壳为主的 12 个枳壳样品的品质, 旨在构建一种客观的评价体系来反映枳壳的药材质量, 为今后枳壳在中药保健品等领域的质量标准研究提供参考。

1 材料

1.1 仪器

DHG-9246A 烘箱(上海精宏实验设备有限公司); YS-20 粉碎机(北京燕山正德机械设备有限公司); XS205 分析天平(德国 METTLER TOLEDO 公司); KM5200DV 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); 2-16R 高速离心机(恒诺仪器公司); UV-1800 紫外分光光度计(日本岛津公司); 1260 高效液

相色谱仪(美国安捷伦公司)。

1.2 试药

柚皮苷对照品(Naringin, 上海源叶生物有限公司, 批号: B12594)、柠檬苦素对照品(Limonin, 上海源叶生物有限公司, 批号: B20911)、新橙皮苷对照品(Neohesperidin, 上海源叶生物有限公司, 批号: B21390); 一水合没食子酸、葡萄糖(天津科密欧化学试剂有限公司); 甲醇、乙醇、香草醛、冰醋酸、高氯酸、碳酸钠、福林酚、三氯化铝、蒽酮、硫酸(上海国药集团试剂有限公司, 分析纯)。

枳壳样品经湖南中医药大学药用植物学专业王智老师鉴定为正品, 具体信息见表 1。

表 1 枳壳样品信息

编号	产地	采集时间	来源
AF-1	湖南沅江新湾镇	2016-07-23	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-2	湖南沅江石矶湖镇 1 号	2016-07-23	<i>Citrus aurantium</i> 'Daidai'
AF-3	湖南沅江石矶湖镇 2 号	2016-07-23	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-4	湖南沅江南咀镇	2016-07-25	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-5	湖南沅江三眼塘镇 1 号	2016-06-30	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-6	湖南沅江三眼塘镇 2 号	2016-07-22	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-7	湖南沅江三眼塘镇 3 号	2016-07-07	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-8	湖南安仁洋际乡	2016-07-06	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-9	湖南永州宁远县	2016-07-17	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-10	湖南汉寿百禄桥镇	2016-07-18	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-11	江西樟树市	2016-07-20	<i>Citrus aurantium</i> L.
AF-12	江西新干神政桥乡	2016-07-11	<i>Citrus aurantium</i> L.

2 方法

2.1 样品处理

将枳壳干样置 60 ℃ 烘箱中, 烘干 24 h, 然后取适量药材置植物粉碎机中粉碎, 再过 80 目筛, 即得。

2.2 柚皮苷、新橙皮苷含量测定

2.2.1 色谱条件 参考《中华人民共和国药典》(2015 版)及相关研究^[3, 20]中的方法稍作改进。采用 Agilent-ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 以 0.1% 甲酸水(A)-乙腈(B)为流动相, 梯度洗脱程序: 0 ~ 5 min, 10% ~ 15% B; 5 ~ 10 min, 15% ~ 18% B; 10 ~ 15 min, 18% ~ 20% B; 15 ~ 20 min, 20% ~ 22% B; 20 ~ 25 min, 22% B; 25 ~ 30 min, 22% ~ 25% B; 检测波长为 284 nm; 色谱柱温度为 30 ℃; 流动相流速为 0.7 mL·min⁻¹; 进样体

积为 10 μL 。

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取对照品柚皮苷 0.44 mg、新橙皮苷 0.40 mg，用甲醇溶解并定容到 1.0 mL，制成混合对照品储备液，分别取储备液稀释到质量浓度为 0.43 ~ 225 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ，过 0.45 μm 滤膜后进行色谱分析，并以相应对照品溶液浓度为横坐标(X)，峰面积为纵坐标绘制标准曲线(Y)。

2.2.3 供试品溶液的制备 称取干燥的枳壳粉末(AF-1 ~ AF-12) 50.00 mg 置于锥形瓶中，按料液比 1:100，分别加入 50.0 mL 甲醇，密封后称质量，超声提取 30 min 后再称质量，再用甲醇补足质量，抽滤，取滤液于 4 $^{\circ}\text{C}$ 贮存，备用。

2.2.4 柚皮苷、新橙皮苷含量测定 取 2.2.3 制备的供试品溶液过 0.45 μm 滤膜后，按照 2.2.1 项色谱条件进行定量分析。

2.3 多酚含量测定

2.3.1 枳壳样品处理 按 2.2.3 的方法操作。

2.3.2 没食子酸标准曲线 采用福林酚显色法，参考文献 [21-22] 方法。称取一水合没食子酸对照品 110.00 mg，用蒸馏水配成质量浓度为 1.0 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的没食子酸对照品溶液；分别移取适量溶液配制成 10.0、20.0、30.0、40.0、50.0 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的对照品溶液。分别移取各浓度的对照品溶液 0.5 mL 于试管中，依次加入蒸馏水 2.5 mL、福林酚试剂 0.5 mL 和 7.5% 碳酸钠溶液 1.5 mL，室温下显色 2 h，以没食子酸对照品溶液为参比溶液，用紫外分光光度计于 760 nm 波长下测定吸光度，以没食子酸浓度为横坐标、吸光度为纵坐标制作标准曲线。

2.3.3 多酚含量测定 取各样品溶液 10.0 μL ，加甲醇至 0.5 mL，并用甲醇溶液作参比溶液，按照 2.3.2 的方法进行测定。

2.4 三萜含量测定

2.4.1 供试品溶液制备 按照 2.2.3 方法，制备供试品溶液后将其稀释 3 倍，备用。

2.4.2 柠檬苦素标准曲线 参考文献 [23-24] 的方法，精密称量柠檬苦素对照品 1.20 mg，用甲醇定容至 5.0 mL。分别移取 0.10、0.20、0.40、0.60、0.70 mL 柠檬苦素溶液于试管中，用甲醇补足到 1.00 mL，依次加入 5% 香草醛-冰醋酸溶液 0.40 mL、高氯酸 1.0 mL，摇匀，60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热 15 min 后冰水浴冷却，再加入 5.00 mL 冰醋酸，室温静置 15 min 后于 548 nm 波长处测定吸光度，并制作标准曲线。

2.4.3 三萜含量测定 取各样品溶液 0.10 mL，加甲醇至 1.00 mL，以甲醇溶液为参比，按照 2.4.2 的方法进行测定。

2.5 多糖含量测定

2.5.1 供试品溶液制备 称取各枳壳样品 1.00 g 分别加入 20.0 mL 甲醇，超声脱脂 30 min 后抽滤，继续加入 20.0 mL 甲醇溶液，重复上述操作，得滤渣，置通风橱中吹干，再往滤渣中加入 30.0 mL 蒸馏水，沸水加热提取 30 min，重复操作两次后合并滤液，减压浓缩至一定体积，加入适量乙醇，4 $^{\circ}\text{C}$ 过夜保存后高速离心 10 min，弃上清液，得多糖沉淀，加蒸馏水溶解后定容至 50.0 mL。

2.5.2 葡萄糖标准曲线 采用蒽酮-硫酸法^[15,25]，精密称取干燥的葡萄糖对照品 10.00 mg，加蒸馏水定容得质量浓度为 0.10 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 葡萄糖对照品溶液。分别精密量取 0.20、0.40、0.60、0.80、1.00、1.20 mL 上述溶液于试管中，用蒸馏水补足到 2.0 mL，再往各试管加入 0.1% 蒽酮-硫酸溶液 6.0 mL，迅速摇匀，室温反应 15 min 后冰水浴 15 min；以 2.0 mL 蒸馏水作参比溶液，于 625 nm 处测定吸光度。以葡萄糖溶液浓度为横坐标，吸光度 A 为纵坐标，绘制标准曲线。

2.5.3 多糖含量测定 依照 2.5.2 的方法并计算出多糖含量。

2.6 数据处理

对所得数据通过 Excel 2010 软件进行处理。

3 结果与分析

3.1 枳壳有效成分含量测定

3.1.1 线性回归方程 按实验方法操作，以对照品溶液质量浓度为横坐标(X)，各对照品溶液的峰面积或吸光度 A 为纵坐标(Y)，得到柚皮苷、新橙皮苷、没食子酸、柠檬苦素、葡萄糖对照品的线性回归方程，见表 2。结果表明，各对照品的质量浓度与吸光度的线性关系良好。

表 2 各对照品线性回归方程及相关系数

对照品	线性回归方程	r
柚皮苷	$Y = 18.107 X + 9.310 2$	0.999 8
新橙皮苷	$Y = 26.069 X + 10.197$	0.999 9
一水合没食子酸	$Y = 0.011 8 X + 0.010 5$	0.999 6
柠檬苦素	$Y = 0.823 5 X + 0.009 1$	0.999 3
葡萄糖	$Y = 10.551 X + 0.024 5$	0.996 1

3.1.2 含量测定结果 通过高效液相色谱法和紫外分光光度法,测定不同产地枳壳有效组分的含量,将各样品3次测定结果的平均值列于表3。由表3可知,以《中华人民共和国药典》(2015版)为指导,即枳壳中柚皮苷含量不能低于4.0%,各样品均符合要求;新橙皮苷含量不能低于3.0%,除AF-1、AF-4和AF-10外其余样品均符合要求。

表3 枳壳5个指标测定结果($n=3$)

编号	各有效组分质量分数				
	柚皮苷	新橙皮苷	多酚	三萜	多糖
AF-1	53.73	21.14	34.53	12.95	1.04
AF-2	81.35	56.31	55.91	13.99	1.21
AF-3	82.64	43.53	65.58	19.36	0.86
AF-4	44.78	21.82	33.38	10.84	0.75
AF-5	106.81	35.99	41.89	18.14	1.93
AF-6	86.17	33.59	52.80	10.60	1.57
AF-7	131.39	66.27	71.90	19.50	1.57
AF-8	96.91	37.99	60.93	15.43	1.49
AF-9	105.55	46.58	60.30	16.80	1.51
AF-10	75.92	23.97	42.10	9.00	1.81
AF-11	79.45	56.44	48.80	7.80	1.72
AF-12	78.87	74.17	60.42	12.68	1.44

3.2 CRITIC 赋值法分析

3.2.1 CRITIC 法原理 CRITIC 法是一种与主观权重赋值法相比更为科学可靠的客观赋值法。它是通过各指标间的对比强度和冲突性来综合衡量其客观权重^[26-28]。对比强度表示同一指标各个类别之间取值差距的大小,以标准差的形式表现出来,用 σ_j 表示,即 σ_j 越大则同一指标内各类别之间的差距越大。各指标间的冲突性以指标之间的相关性为基础,通常用 R_j 表示,如果指标之间具有较强的正相关,说明这两个指标的冲突性较低,则表明这两个指标反映的信息较为相似。

设 C_j 为第 j 个指标所包含的信息量, C_j 越大,则第 j 个指标所包含的信息量越大,该指标的相对重要性越大,客观权重 W_j 就越大。

$$R_j = \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij}) \quad (1)$$

$$C_j = \sigma_j R_j \quad (2)$$

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad (3)$$

其中, r_{ij} 为指标 i 与 j 之间的相关系数。

3.2.2 相关性分析 采用Excel 2010 软件分析上述指标间的相关性,结果见表4。由表4可知,柚皮苷含量与其他4个指标均呈较好的相关性,其中与多糖含量的相关系数为0.550,与多酚含量的相关系数达0.698;而新橙皮苷含量仅与多酚含量有良好的相关性,为0.733;多酚含量与三萜含量之间也有较大的相关性;而多糖含量与三萜含量呈一定的负相关。

表4 各指标间的相关性

指标	柚皮苷含量	新橙皮苷含量	多酚含量	三萜含量	多糖含量
柚皮苷含量	1.000	—	—	—	—
新橙皮苷含量	0.521	1.000	—	—	—
多酚含量	0.698	0.733	1.000	—	—
三萜含量	0.643	0.262	0.625	1.000	—
多糖含量	0.550	0.281	0.059	-0.137	1.000

注:—表示数据已有,不再重复。

3.2.3 CRITIC 法分析 本实验采用 CRITIC 法对枳壳中柚皮苷、新橙皮苷、多酚、三萜以及多糖含量进行权重赋值,并以此作为枳壳品质的评价指标。首先按照标准化数据 = (该次试验值 - 试验最小值) / (试验最大值 - 试验最小值),对表3的数据采用Excel 2010 软件进行标准化处理,然后根据3.2.1的公式计算各指标的对比强度、冲突性、信息量和客观权重,结果见表5。

表5 评价指标的对比强度、冲突性、信息量和客观权重

指标	对比强度(σ_j)	冲突性(R_j)	信息量(C_j)	客观权重(W_j)
柚皮苷含量	0.269	1.588	0.427	0.115
新橙皮苷含量	0.328	2.203	0.723	0.194
多酚含量	0.337	1.885	0.635	0.171
三萜含量	0.339	2.607	0.883	0.237
多糖含量	0.325	3.247	1.056	0.284

由上表可知,各指标的客观权重系数分别为0.115、0.194、0.171、0.237和0.284,故将加权得分公式设定如下。

$$Y = (\text{柚皮苷含量} / \text{柚皮苷最大含量}) \times 0.115 \times 100 + (\text{新橙皮苷含量} / \text{新橙皮苷最大含量}) \times 0.194 \times 100 + (\text{多酚含量} / \text{多酚最大含量}) \times 0.171 \times 100 + (\text{三萜含量} / \text{三萜最大含量}) \times 0.237 \times 100 + (\text{多糖含量} / \text{多糖最大含量}) \times 0.284 \times 100 \quad (4)$$

根据公式计算各枳壳样品的得分和排序结果见表6。

表6 CRITIC 法得分表

编号	Y	排名
AF-1	49.568	11
AF-2	70.144	7
AF-3	70.803	6
AF-4	42.003	12
AF-5	79.331	3
AF-6	65.266	9
AF-7	92.936	1
AF-8	73.866	5
AF-9	76.252	4
AF-10	60.541	10
AF-11	68.201	8
AF-12	80.355	2

由上表可知,样品的得分范围为42.003~92.936。由表5可知,多糖含量的信息量、所占的客观权重均较其他指标大,因此它对加权公式的影响也最大;三萜含量的信息量和客观权重仅次于多糖,对加权得分也有较大影响。

而由表3可知,多糖含量排在前3位的样品编号依次是AF-5、AF-10、AF-11,三萜含量排在前3的分别是AF-7、AF-3、AF-5,而最终得分前3名为AF-7、AF-12、AF-5。由表3可知,AF-7各项指标含量均比较高,尤其是柚皮苷、三萜及多酚的含量均位于第一,因而最终得分最高,品质最好;AF-12虽然只有新橙皮苷含量最高,但其他指标排名都比较靠前,得分也相应较高。而AF-5有3项指标位于前3,其中属多糖含量最高,另外两项得分虽相对靠后,但其对加权公式影响较小,最终得分依然较高。排名靠后的3个样品的编号分别是AF-10、AF-1和AF-4,它们各指标含量均比较靠后,尤其是AF-4,所有指标值均在最后3名内,品质较差。

从产区来看,产自三眼塘镇的AF-5、AF-7得分高,排名靠前,较沅江其他产地品质更佳;而同产于三眼塘镇的AF-6各指标值较低,排名相对靠后,推测与栽培技术、采收时间等有关,具体原因还有待研究。在各产地中,属沅江南咀镇的样品得分最低,品质较差。

4 结论

随着中药保健食品概念的推广,人们逐渐开始意识到防治未病的重要性,功能食品的保健功效也越来越受到重视,而枳壳作为一种常用的理气药,

在保健品等领域的开发尚处于起步阶段。枳壳中所含的黄酮类、多酚类、三萜以及多糖类化合物是其主要的有效活性成分,具有较强的药理作用及保健功效,通过测定这些有效成分的含量,并基于CRITIC客观赋值法建立可以客观反映不同来源枳壳质量的评价体系,为今后枳壳在功能产品的开发利用领域提供借鉴。

参考文献

- [1] 潘隽丽,杨翠平,苏薇薇. 枳壳类药材的研究概况[J]. 中药材,2003,26(10):768-771.
- [2] 唐毅. 卫生部公布药食同源物品可用于保健食品物品名单[J]. 中医药学刊,2002,21(2):176.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:246.
- [4] 何英杰,王靖,刘东波,等. 不同环境条件对枳壳挥发油主要成分的影响[J]. 中成药,2017,39(10):2200-2203.
- [5] ZHANG Y J, HUANG W, HUANG X, et al. Fructus Aurantii induced antidepressant effect via its monoaminergic mechanism and prokinetic action in rat[J]. Phytomedicine, 2012, 19(12):1101-1107.
- [6] 施学骄. 酸橙果实不同采收期化学成分动态变化及枳实、枳壳药材质量评价研究[D]. 四川:成都中医药大学,2012.
- [7] 何英杰,刘东波,唐其,等. 酸橙类中药材枳实和枳壳化学成分研究进展[J]. 中药材,2017,40(6):1488-1494.
- [8] ZHANG J, GAO W, LIU Z, et al. Systematic analysis of main constituents in rat biological samples after oral administration of the methanol extract of Fructus Aurantii by HPLC-ESI-MS/MS. [J]. Iranian J Pharm Res, 2014, 13(2):493-503.
- [9] TAN W, LI Y, WANG Y, et al. Anti-coagulative and gastrointestinal motility regulative activities of Fructus Aurantii Immaturus and its effective fractions[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 90(6):244-252.
- [10] YING JIE H, PI C, WEI W, et al. Rapid Investigation and Screening of Bioactive Components in Simo Decoction via LC-Q-TOF-MS and UF-HPLC-MD Methods[J]. Molecules, 2018, 23(7):1792.
- [11] YINGJIE H, ZONGKAI L, WEI W, et al. Chemical Profiles and Simultaneous Quantification of Aurantii fructus by Use of HPLC-Q-TOF-MS Combined with GC-MS and HPLC Methods[J]. Molecules, 2018, 23(9):2189.
- [12] 尤文挺,王洒,何龙,等. 柠檬苦素单体的药理活性研究进展[J]. 中药材,2017,40(1):242-246.

(下转第615页)

- 1011-1014.
- [7] WU W W, YE Z J, XU Y M, et al. Ergosta-7,22-diene-2 β ,3 α ,9 α -triol (EGDT) from *Ganoderma lucidum* inhibits nasopharyngeal carcinoma cells by blocking EGFR signaling pathway[J]. CHM, 2018, 10(1): 27-33.
- [8] 丁平, 黄海波, 邱金英, 等. 应用色谱技术区别赤芝和紫芝[J]. 华西药学杂志, 2009, 24(4): 404-406
- [9] 黄生权, 魏刚, 姚松君, 等. 赤芝、紫芝三萜类成分指纹图谱的优化与比较[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2010, 38(8): 121-124
- [10] 郭晓蕾, 翟旭峰, 王怀豫, 等. 不同产地灵芝(赤芝)的HPLC指纹图谱评价[J]. 中华中医药学刊, 2011, 29(12): 2782-2784.
- [11] 何春龙, 张屏, 鞠爱华, 等. 灵芝超微粉、普通粉和灵芝提取物高效液相色谱指纹图谱的比较研究[J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(2): 575-578.
- [12] LIANG J Y, ZHOU J H, ZHOU J P, et al. The Impact on Extraction Effect of Polysaccharide from *Ganoderma lucidum* by Different Pretreatment[J]. Medicinal Plant, 2018, 9(3): 14-16, 20.
- [13] 徐雪峰, 闫浩, 张玉. 不同产地赤芝多糖和三萜含量的比较[J]. 海峡药学, 2016, 28(12): 39-41.
- [14] 孙小梅. 灵芝子实体多糖色谱指纹分析方法的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [15] 黄必奎, 陆兴毅, 农凤鸣, 等. 广西百色地产灵芝 FTIR 特征图谱的系统聚类分析与主成分分析[J]. 中国民族民间医药, 2010, 19(5): 24-26.
- [16] CHAO W Z, TANG C H, ZHANG J S, et al. Development of a stable SCAR marker for rapid identification of *Ganoderma lucidum* Hunong 5 cultivar using DNA pooling method and inter-simple sequence repeat markers[J]. J INTEGR AGR, 2018, 17(1): 130-138.
- [17] 冯柏康, 李其凤, 李卫民, 等. HPLC 指纹图谱结合系统聚类分析法对灵芝孢子油质量的研究[J]. 中国药房, 2011, 22(35): 3326-3328.
- [18] 贾红岩, 王亚涛, 张芝华, 等. 高效液相色谱法测定不同产地及品种灵芝三萜类成分的含量[J]. 微生物学通报, 2017, 44(1): 238-244.

(收稿日期: 2018-08-23 编辑: 王笑辉)

(上接第 602 页)

- [13] 杨玉红, 郝慧敏. 药用植物多糖的生物学功能及应用研究进展[J]. 生物学教学, 2013, 38(1): 6-8.
- [14] 邢娜, 舒尊鹏, 徐炳清, 等. 枳壳多糖 CALB-1 的提取、分离纯化及免疫调节活性研究[J]. 中草药, 2015, 46(5): 639-644.
- [15] 舒尊鹏, 杨燕妮, 王毅, 等. 枳壳多糖对辐射损伤小鼠的防护作用研究[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(5): 670-674.
- [16] 吴建华, 吴志瑰, 裴建国, 等. 多酚类化合物的研究进展[J]. 中国现代中药, 2015, 17(6): 630-636.
- [17] KHALIFA I, ZHU W, LI K K, et al. Polyphenols of mulberry fruits as multifaceted compounds: Compositions, metabolism, health benefits, and stability-A structural review[J]. J Funct Foods, 2018, 40(1): 28-43.
- [18] 符晨星. 植物活性成分的功能性研究: 代谢酶活性抑制及抗炎症效果的评价[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [19] 王林元, 张建军, 王淳, 等. 对中药类保健食品的认识及研究开发策略[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(21): 3927-3930.
- [20] 郭增喜, 李文庭, 李兆奎. 不同产地枳壳中柚皮苷和新橙皮苷的测定[J]. 中草药, 2012, 43(7): 1347-1348.
- [21] 施学骄, 张杰红, 刘友平, 等. 星点设计-效应面法优化枳实总黄酮提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 24-27.
- [22] 谢倩, 王威, 陈清西. 橄榄多酚含量测定方法的比较[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 204-207.
- [23] 田庆国, 丁霄霖. 测定橘核中柠檬苦素类似物的分光光度法[J]. 分析测试学报, 1999, 18(5): 45-47.
- [24] 唐韵熙, 邓放明. 桉桉核中柠檬苦素类似物提取条件优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 162-165.
- [25] 张媛媛, 张彬. 苯酚-硫酸法与蒽酮-硫酸法测定绿茶茶多糖的比较研究[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 158-163.
- [26] 贾成友, 李微, 张传辉, 等. 基于多指标权重分析和正交设计法优选白黄泄热止痢片复方提取工艺[J]. 中草药, 2016, 47(6): 917-922.
- [27] 黄潇, 刘婧, 付小梅, 等. 基于 CRITIC 法计算权重系数的 Box-Behnken 响应面法优化栀子炭微波炮制工艺研究[J]. 中草药, 2017, 48(6): 1133-1138.
- [28] 陈翔, 郭海波, 陈才军, 等. 基于 CRITIC 法计算权重系数的正交设计法优化三叶青干燥工艺的研究[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(9): 2174-2176.

(收稿日期: 2018-11-04 编辑: 王笑辉)