

过程控制

初加工方式对槐米黄酮含量和抗氧化能力的影响^{*}刘金亮^{1,2,3}, 李隆云^{1**}, 何光华^{2**}, 宋旭红¹, 谭均¹, 廖尚强⁴

(1. 重庆市中药研究院中药种植研究所, 重庆市中药良种选育与评价工程技术研究中心,
重庆市中药资源学重点实验室, 中国中医科学院中药资源中心重庆分中心, 重庆 400065;
2. 西南大学农学与生物科技学院, 重庆 400715; 3. 贵州大学烟草学院, 贵阳 550025;
4. 重庆恒林农业开发有限公司, 重庆 400700)

摘要 目的: 探索初加工方式对槐米黄酮含量和抗氧化能力的影响, 为其生产提供理论依据和技术指导。方法: 以新鲜槐米为试验材料, 采用二因素裂区设计, 主区为槐米干燥前蒸汽杀青和干燥前不杀青 2 种方式, 副区为晒干、105 ℃ 烘干和微波干燥 3 种干燥方式, 考察总黄酮、芦丁、槲皮素、染料木素、山奈酚、异鼠李素等质量标志物含量以及 1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼、羟自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率、脂质过氧化抑制率等抗氧化能力。结果: 干燥前蒸汽杀青和干燥前不杀青 2 种方式下晒干、105 ℃ 烘干和微波干燥处理对槐米组分含量及抗氧化能力影响显著; 如果以总黄酮为主要目标, 在槐米干燥前进行蒸汽杀青或不杀青均可, 根据实际条件选择晒干、105 ℃ 烘干和微波干燥 3 种干燥方式中的任意 1 种即可; 如果以芦丁为主要目标, 应在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理, 杀青后选择 105 ℃ 烘干或微波干燥任意 1 种方式干燥即可; 如果以槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素组分主要目标, 应在槐米干燥前不进行蒸汽杀青, 直接在 105 ℃ 下烘干为佳。如果综合考虑所有组分和抗氧化能力以及槐米当前主要用途, 应在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理, 杀青后在 105 ℃ 下烘干。结论: 在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理、杀青后在 105 ℃ 下烘干比传统晒干方式节省了反复晾晒管理的劳动成本, 节约了建设晒场的成本, 增加了能源消耗, 但提高了初加工效率, 提升了槐米品质, 克服了阴雨天气给种植农户或基地带来的经济损失; 本方式的烘烤设备价格适中, 利于推广应用。

关键词: 槐米; 初加工; 组分含量; 抗氧化能力; 品质

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2019)09-1713-07

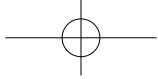
doi: 10.16155/j.0254-1793.2019.09.24

* 重庆市林业重点科技攻关项目(2016-14); 国家中药材产业技术体系(CARS-21)和重庆市中药材产业技术体系(2017-[5]号)

** 通信作者 李隆云 Tel:(023)89029118; E-mail: lilongyun8@163.com

何光华 Tel:(023)68250158; E-mail: hegh@swu.edu.cn

第一作者 Tel: 15181215150; E-mail: liujinliang0827@163.com



Effects of primary processing method on the flavonoids content and antioxidant capacity of Flos Sophorae Immaturus*

LIU Jin-liang^{1,2,3}, LI Long-yun^{1**}, HE Guang-hua^{2**},
SONG Xu-hong¹, TAN Jun¹, LIAO Shang-qiang⁴

(1. Institute of Material Medical Planting, Chongqing Academy of Chinese Materia Medica (Chongqing Engineering Research Center for Fine Variety Breeding Techniques of Chinese Materia Medica, Chongqing Key Laboratory of Chinese Medicine Resources), Chongqing Sub-center of National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Science, Chongqing 400065, China; 2. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. College of Tobacco Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 4. Chongqing Henglin Agricultural Development Co. Ltd., Chongqing 400700, China)

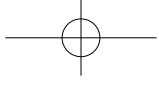
Abstract Objective: To explore the effects of primary processing method on the quality and antioxidant capacity of Flos Sophorae Immaturus (FSI) in order to provide theoretical basis and technical guidance for its production. **Methods:** The influence of sun-dried, 105 °C dried and microwave dried of steam filming were investigated before it was dried and not filming two style on the quality and antioxidant capacity of FSI. Total flavonoids, rutin, quercetin, genistein, kaempferol, and isorhamnetin were identified as the main anti-oxidative substances in FSI, and the content of them was measured, respectively. The antioxidant capacity of FSI was determined by DPPH, hydroxyl radicals scavenging capacity, superoxide anion radicals scavenging capacity and inhibition of lipid peroxidation capacity, respectively. **Results:** After the test was determined as follows: if the total flavonoids as the main target, should steam filming or not filming before it was dried, sun-drying, 105 °C drying or microwave drying, with actual conditions to choose one style; if the rutin as the main target, should choose the way of the steam filming and 105 °C drying or microwave drying; if quercetin, genistein, kaempferol and isorhamnetin the components such as the main target, should choose not filming and 105 °C drying style. **Conclusion:** According to the main application, total components and antioxidant activity should choose the way of steam filming before it is dried and 105 °C drying. This way is more economic and reduce the processing cost.

Keywords: Flos Sophorae Immaturus; primary processing method; active ingredients; antioxidant activity; quality

国槐 (*Sophora japonica* Linn.) 属豆科蝶形花亚科多年生落叶乔木,是集药、食、材、赏于一体的优良树种,其未开放的花蕾为槐米,收录于2015年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)和国家卫健委最新发布的药食同源目录中,是医药和食品领域的重要原材料^[1-2]。

国槐在全国大部分地区均有栽培,在当前槐米生产中,初加工仍以传统的蒸汽杀青后晒干的方式

为主,小规模的专业合作社或散户种植户使用此方式生产的成本低,易操作,有学者建议采用此方式进行产地槐米初加工^[3],但是此方式在采收期如遇到阴雨天气时不利于及时干燥,且生产效率低下;大规模的规范化槐米种植基地不宜采用此种初加工方式,因其不利于大量鲜槐米的初加工,故需选用适合大规模生产的杀青和干燥一体化机械设备进行初加工,但目前尚未见应用。有科研人员对槐米初加



工的问题进行研究,考察不同的烘干温度条件对槐米中芦丁含量的影响,表明 90 ℃烘干较优^[4];还有学者对槐米自然晒干、蒸后晒干、65~70 ℃烘干、蒸后 65~70 ℃烘干、炒干、蒸后炒干和热水烫后晒干等干燥方式进行研究,结果表明,以蒸后晒干为最佳^[3]。这些研究结果只是针对以芦丁 1 种组分来评价槐米品质并确定初加工方式的,故均无法应用于生产。基于 1 种或少数几种有效成分的量来进行药材品质评价,通常难以真正反映其品质与疗效的关系,因临床疗效不一定就是某 1 种或少数几种成分的作用。研究发现,槐米主要组分黄酮类物质(槲皮素及其糖苷衍生物)是槐米的质量标志物,其中芦丁含量最高,槲皮素次之。芦丁是槲皮素的 C-3 位上连接了鼠李糖和葡萄糖苷而成,染料木素、山奈酚和异鼠李素均为槲皮素异构化的衍生物。芦丁在不同环境条件下可能进行相互转化,如:高温处理前后,芦丁含量显著降低,槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素的含量显著增加;还有不同槐米样品中的各黄酮类组分含量通常是此高彼低的,不同的组分有不同的功效,因此,不能仅从槐米药效组分含量高低来评价其品质,尤其是新仪器、新方法快速发展的现阶段,应将品质评价指标更加深入、细化和丰富^[5]。抗氧化是黄酮类物质的重要作用之一,故以总黄酮、芦丁、槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素等质量标志物的含量再加上抗氧化能力,评价其品质更加合理或在前人研究的基础上更加进步^[5-10]。

初加工环节是影响中药材、果蔬等农产品质量的主要影响因素之一,而槐米采用何种产地初加工方式既便于操作,又成本低廉,还能保证其品质,目前尚未见有相关的系统研究报道。本文拟从槐米初加工方式对总黄酮、芦丁、槲皮素、染料木素、山奈酚、异鼠李素等质量标志物含量以及 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH)、羟自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率、脂质过氧化抑制率等的影响进行研究,确定最佳槐米产地初加工方法,为生产提供理论支撑和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

槐米均采自重庆市北碚区东阳街道西山坪金槐基地 7 年树龄盛花期国槐。

1.2 试剂与仪器

对照品芦丁(批号 100080-201409)、槲皮素(批号

100081-201408)、染料木素(批号 111704-201302)、山奈酚(批号 110861-201310)和异鼠李素(批号 110860-201410)均购于中国食品药品检定研究院,质量分数大于 98%。乙腈、甲醇和甲酸均为色谱纯, DPPH、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(nicotinamide adenine dinucleotide, DADH)、四唑氮蓝(nitro-blue tetrazolium, NBT)、吩嗪硫酸甲酯(phenazine methosulfate, PMS)、乙醚、乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、硫酸亚铁、菲罗啉、过氧化氢、三羟甲基氨基甲烷、盐酸、硫代巴比妥酸、卵磷脂、三氯化铁和抗坏血酸等均为分析纯。

Shimadzu LC-30AD 系列超高效液相色谱仪,具二极管阵列检测器检测器、真空脱气机、高压二元泵、自动进样器、柱温箱,岛津公司;GZX-9076MBE 电热鼓风干燥箱,上海博迅医疗生物仪器股份有限公司;UV-2600 紫外可见分光光度计,岛津公司;BSA4202S 万分之一电子天平,北京赛多利斯仪器系统有限公司;CEM Mars 6 微波消解/萃取系统,CEM 公司;DFY-1000D 高速粉碎机,温岭市林大机械有限公司。

1.3 试验设计

试验采用二因素裂区设计,主区设置蒸汽杀青(在槐米干燥前)和不杀青 2 种方式,副区设置晒干、105 ℃烘干和微波干燥 3 种干燥方式(见表 1),每处理 3 次重复。

表 1 试验设计

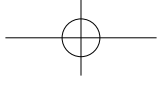
Tab. 1 Experimental design

编号 (No.)	杀青方式 (de-enzyme method)	干燥方式 (desiccating method)
1	蒸汽杀青(steam sterilization)	晒干(dry out in the sun)
2		105 ℃烘干(105 ℃ drying)
3		微波干燥(microwave drying)
4	不杀青(no sterilization)	晒干(dry out in the sun)
5		105 ℃烘干(105 ℃ drying)
6		微波干燥(microwave drying)

1.4 测定指标

处理好的槐米在干燥后粉碎过筛用于以下指标测定^[2,11]。

1.4.1 总黄酮含量测定^[2] 取样品 1 g,精密称定,置索式提取器中,加乙醚适量,加热回流至提取液无色,放冷,弃去乙醚液。再加甲醇 90 mL,加热回流至



提取液无色,转移至 100 mL 量瓶中,用甲醇少量洗涤容器,洗液并入同一量瓶中,加甲醇至刻度,摇匀。精密量取 10 mL,置 100 mL 量瓶中,加水至刻度,摇匀。精密量取 3 mL,置 25 mL 量瓶中,加水至 6 mL,加 5% 亚硝酸钠溶液 1 mL,混匀,放置 6 min,加 10% 硝酸铝溶液 1 mL,摇匀,放置 6 min,加氢氧化钠溶液 10 mL,再加水至刻度,摇匀,放置 15 min,在 500 nm 波长处测定吸收度,根据标准曲线计算总黄酮含量。

1.4.2 芦丁、槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素的含量测定^[11] 样品粉碎后过 100 目筛,提取溶剂为甲醇,液料比 50:1,微波功率 300 W,提取时间 80 s,放至室温时用 0.22 μm 针筒过滤器过滤,滤液收集于 1.5 mL 进样瓶。用 HPLC 法测定 5 个组分的含量, Kinetex C₁₈ 色谱柱 (100 mm $\times$ 2.1 mm, 2.6 μm),柱温 40 $^{\circ}\text{C}$,洗脱时间为 5 min,流动相为 0.1% 甲酸-乙腈 (71:29),在 200~400 nm 内扫描,流速为 0.35 mL $\cdot$ min⁻¹。参照文献[5]计算 5 个组分的含量。

1.4.3 DPPH、羟自由基和超氧阴离子清除率测定^[12-13] 取样品溶液(制法同“1.4.2”项下)0.5 mL 和 0.1 mmol $\cdot$ L⁻¹ DPPH 乙醇溶液 2 mL,25 $^{\circ}\text{C}$ 时反应 30 min,反应结束后在 517 nm 波长下测定吸收度, DPPH 清除率 = $(1 - A_{\text{样品}} / A_{\text{空白}}) \times 100\%$;另取样品溶液(制法同“1.4.2”项下)0.5 mL 和 16 mmol $\cdot$ L⁻¹ Tris-HCl (含 557 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NADH、108 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NBT 和 45 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ PMS) 3 mL 混合,25 $^{\circ}\text{C}$ 时反应 5 min,反应结束后在 560 nm 波长下测定吸收度,超氧阴离子自由基清除率 = $(1 - A_{\text{样品}} / A_{\text{空白}}) \times 100\%$;取样品溶液(制法同“1.4.2”项下)0.5 mL、5 mmol $\cdot$ L⁻¹ 菲罗啉溶液 1 mL、pH 7.4、50 mmol $\cdot$ L⁻¹ 的磷酸缓冲液 2 mL、7.5 mmol $\cdot$ L⁻¹ 硫酸亚铁溶液 0.5 mL 和 0.1% H₂O₂ 0.5 mL,混合,摇匀,37 $^{\circ}\text{C}$ 下反应 1 h,反应结束后在 510 nm 波长下测定吸收度,羟自由基清除率 = $(1 - A_{\text{样品}} / A_{\text{空白}}) \times 100\%$ 。

1.4.4 脂质过氧化抑制能力测定^[14] 于 10 mL 离心管中加入卵磷脂溶液、400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化铁溶液、400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 抗坏血酸和样品溶液各 1 mL,充分混匀,避光 37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 1 h,再加入 TCA-TBA-HCl 溶液(TCA 15 g、TBA 0.37 g 和浓 HCl 2 mL,加入水中,调体积至 100 mL)2 mL,90~100 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 15 min,

迅速冷却,2 000 r $\cdot$ min⁻¹ 离心 10 min,取上清液在 535 nm 波长下测定吸收度;以双蒸水代替样品同法制作空白,脂质过氧化抑制率 = $(1 - A_{\text{样品}} / A_{\text{空白}}) \times 100\%$ 。

1.5 数据处理

利用 Excel 2016 进行数据整理及作图,用 SPSS 22.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 初加工方式对总黄酮含量的影响

本试验设置不同的初加工方式来考察其对槐米总黄酮含量的影响,由表 2 可知,鲜槐米在干燥前进行蒸汽杀青和不杀青 2 种方式对其总黄酮含量没有显著影响;晒干、105 $^{\circ}\text{C}$ 烘干和微波干燥 3 种干燥方式对总黄酮含量也没有显著影响。因此,初加工方式对槐米总黄酮含量影响不显著。

表 2 初加工方式对总黄酮含量的影响 (mg $\cdot$ g⁻¹)

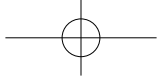
Tab. 2 Effects of primary processing on the total flavonoids content

杀青方式 (de-enzyme method)	干燥方式 (desiccating method)		
	晒干 (dry out in the sun)	烘干 (105 $^{\circ}\text{C}$ drying)	微波干燥 (microwave drying)
杀青 (steam sterilization)	284.53 $\pm$ 24.07a	311.73 $\pm$ 14.81a	267.66 $\pm$ 56.57a
不杀青 (no sterilization)	275.37 $\pm$ 58.84a	284.97 $\pm$ 16.46a	308.10 $\pm$ 5.55a

注 (note): a. 表示不同处理间差异显著, $P < 0.05$ (stand for significant difference at $P < 0.05$)

2.2 初加工方式对芦丁含量的影响

由表 3 可知,槐米干燥前进行蒸汽杀青对其芦丁含量影响显著,干燥前进行蒸汽杀青处理后的芦丁含量显著高于干燥前不进行杀青处理的;3 种干燥方式同样对其芦丁含量影响显著,微波干燥和 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘干处理优于晒干处理,以干燥前进行蒸汽杀青与杀青后 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘干组合、干燥前进行蒸汽杀青与杀青后微波干燥组合和干燥前不进行杀青与直接微波干燥 3 种组合的含量最高,与其他处理差异显著。因此,为保证槐米中芦丁的含量,确定干燥前进行蒸汽杀青,杀青后在 105 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干或微波干燥。

表 3 初加工方式对芦丁含量的影响 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

Tab. 3 Effects of primary processing on the rutin content

杀青方式 (de-enzyme method)	含量 (content)		
	晒干 (dry out in the sun)	烘干 (105 °C drying)	微波干燥 (microwave drying)
杀青 (steam sterilization)	288.44 ± 4.97b	318.31 ± 5.98a	304.44 ± 1.3ab
不杀青 (no sterilization)	245.63 ± 5.43c	180.83 ± 6.37d	300.79 ± 2.1ab

注 (note): 表中小写字母表示不同处理间差异显著, $P < 0.05$ (the different lowercase letters stand for significant difference at $P < 0.05$)

2.3 初加工方式对槲皮素等 4 个组分含量的影响

由表 4 可知,初加工方式对槐米中槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素的含量影响显著,槐米干燥前不进行杀青处理的各组分含量均优于干燥前进行蒸汽杀青的处理,且差异显著;槲皮素、山奈酚和异鼠李素在 105 °C 烘干优于晒干和微波干燥,以干燥前

不进行杀青直接在 105 °C 下烘干处理其含量最高;染料木素在晒干处理下优于其他 2 种干燥处理,其中以干燥前不进行杀青直接晒干处理优于其他处理,且差异显著。因此,从槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素含量的角度考虑,应在槐米干燥前不进行杀青处理,直接在 105 °C 下烘干为佳。

表 4 初加工方式对槲皮素等 4 个组分含量的影响 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

Tab. 4 Effects of primary processing on the quercetin, genistein, kaempferol and isorhametin content

组分 (ingredient)	杀青方式 (de-enzyme method)	含量 (content)		
		晒干 (dry out in the sun)	烘干 (105 °C drying)	微波干燥 (microwave drying)
槲皮素 (quercetin)	杀青 (steam sterilization)	1.59 ± 0.01d	1.47 ± 0.00d	1.81 ± 0.09d
	不杀青 (no sterilization)	8.53 ± 0.36b	28.94 ± 0.24a	4.03 ± 0.18c
染料木素 (genistein)	杀青 (steam sterilization)	0.02 ± 0.00b	0.02 ± 0.00b	0.01 ± 0.00b
	不杀青 (no sterilization)	0.05 ± 0.00a	0.02 ± 0.00b	0.02 ± 0.00b
山奈酚 (kaempferol)	杀青 (steam sterilization)	0.06 ± 0.00d	0.07 ± 0.00d	0.08 ± 0.01cd
	不杀青 (no sterilization)	0.20 ± 0.05b	0.58 ± 0.01a	0.13 ± 0.02c
异鼠李素 (isorhametin)	杀青 (steam sterilization)	0.20 ± 0.00c	0.18 ± 0.00c	0.18 ± 0.02c
	不杀青 (no sterilization)	0.77 ± 0.15b	1.83 ± 0.02a	0.23 ± 0.00c

注 (note): 表中小写字母表示不同处理间差异显著, $p < 0.05$ (the different lowercase letters stand for significant difference at $p < 0.05$)

2.4 初加工方式对槐米抗氧化能力的影响

由表 5 可知,槐米干燥前蒸汽杀青和不进行杀青以及晒干、105 °C 烘干和微波干燥 3 种方式对 DPPH、羟自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率和脂质过氧化抑制率等抗氧化能力的影响均不显著;槐米干燥前进行蒸汽杀青处理对超氧阴离子自由基清除率影响不显著,但是,干燥方式对自由基清除率

影响显著,105 °C 烘干处理优于微波干燥,微波干燥又优于晒干处理。因此,从 DPPH、羟自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率和脂质过氧化抑制率等抗氧化能力角度考虑,应在槐米干燥前根据实际初加工能力选择蒸汽杀青或不杀青均可,并在 105 °C 下烘干为佳。



表 5 初加工方式对槐米抗氧化能力的影响 (%)

Tab. 5 Effects of primary processing on the antioxidant capacity

指标 (index)	杀青方式 (de-enzyme method)	含量 (content)		
		晒干 (dry out in the sun)	烘干 (105 ℃ drying)	微波干燥 (microwave drying)
DPPH 清除率 (DPPH scavenging capacity)	杀青 (steam sterilization)	88.19 ± 3.02a	89.20 ± 4.30a	90.45 ± 0.94a
	不杀青 (no sterilization)	84.43 ± 1.65a	86.45 ± 4.01a	90.91 ± 1.23a
羟 自 由 基 清 除 率 (hydroxyl radicals scavenging capacity)	杀青 (steam sterilization)	97.21 ± 0.00a	97.35 ± 0.09a	97.24 ± 0.10a
	不杀青 (no sterilization)	97.37 ± 0.11a	97.84 ± 0.15a	97.37 ± 0.11a
超 氧 阴 离 子 自 由 基 清 除 率 (superoxide anion radicals scavenging capacity)	杀青 (steam sterilization)	54.82 ± 0.16c	66.89 ± 1.07a	63.71 ± 0.72b
	不杀青 (no sterilization)	54.37 ± 0.85c	69.20 ± 0.70a	60.68 ± 0.71b
脂质过氧化抑制率 (inhibition of lipid peroxidation capacity)	杀青 (steam sterilization)	60.74 ± 0.87a	55.21 ± 3.47a	59.51 ± 1.74a
	不杀青 (no sterilization)	57.67 ± 0.01a	59.51 ± 0.87a	60.12 ± 6.07a

注 (note): 表中小写字母表示不同处理间差异显著, $P < 0.05$ (the different lowercase letters stand for significant difference at $P < 0.05$)

3 讨论与结论

槐米富含黄酮类物质,其中芦丁含量最高,其次是槲皮素,还含有山奈酚、异鼠李素等组分,但是其总黄酮及组分含量受生长环境或产地初加工条件等的影响,导致不同样品的总黄酮及各组分含量差异显著^[1-5]。抗氧化是黄酮类物质的重要作用之一,试验发现槲皮素清除 DPPH 和羟自由基的能力最强,其次是山奈酚和芦丁,再次是异鼠李素,染料木素的清除率最低;槲皮素、山奈酚和异鼠李素清除超氧阴离子自由基的能力最强,芦丁和染料木素的清除率极低,不同黄酮组分及含量显著影响槐米的抗氧化能力。随着新仪器、新技术等的快速发展,以槐米的总黄酮及组分含量和抗氧化能力综合评价其品质的方法更科学,易操作,成本低、效率高,也易于推广应用。

本研究以槐米的总黄酮、芦丁、槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素等质量标志物含量和抗氧化能力对其产地初加工方式进行评价,结果表明;以总黄酮为主要目标,在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理或不杀青均可,根据实际条件选择晒干、105℃烘干和微波干燥 3 种干燥方式中的任意 1 种均可;以芦丁为主要目标,应在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理,杀青后选择 105℃烘干或微波干燥任意 1 种干燥方式干燥;以槲皮素、染料木素、山奈酚和异鼠李素组分为主要目标,应在槐米干燥前不进行杀青处理,直接在

105℃下烘干为佳;以所有组分和抗氧化能力以及槐米当前主要用途为综合考虑因素,应在槐米干燥前进行蒸汽杀青处理,杀青后在 105℃下烘干,这种初加工方式比传统晒干方式节省了反复晾晒管理的劳动成本,节省了建设晒场的成本,增加了能源消耗,但提高了初加工效率,提升了槐米品质,克服了阴雨天气带来的经济损失,且烘烤设备价格适中,利于推广应用。

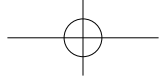
参考文献

[1] 刘金亮,李隆云,何光华,等. 施用氮磷钾肥对渝丘陵地区槐米产量与品质的影响[J]. 中国中药杂志, 2017, 42 (17): 3312
LIU JL, LI LY, HE GH, *et al.* Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the Flos Sophorae Immaturus yield and quality in hilly area of Chongqing [J]. China J Chin Mater Med, 2017, 42 (17): 3312

[2] 中华人民共和国药典 2015 年版. 一部 [S]. 2015: 354
ChP 2015. Vol I [S]. 2015: 354

[3] 谢锋. 金槐槐米品质及规范化种植关键技术研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2014
XIE F. Research on the Quality of Flos Sophorae Immaturus and the Key Technique of Standardized Cultivation of *Sophora japonica* L. [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2014

[4] 王耀华. 不同加工方法对槐米中芦丁含量的影响 [J]. 成都大学学报 (自然科学版), 2002, 21 (1): 39
WANG YH. Influence on the content of rutin in Flos Sophorae Immaturus by different processing method [J]. J Chengdu Univ (Nat



- Sci), 2002, 21(1): 39
- [5] 刘金亮, 李隆云, 何光华, 等. HPLC 指纹图谱结合化学计量学与抗氧化能力评价不同产地槐米的品质[J]. 中草药, 2018, 49(19): 4644
- LIU JL, LI LY, HE GH, *et al.* Quality evaluation of Flos Sophorae Immaturus from different geographical by HPLC coupled with chemometrics and antioxidant ability[J]. Chin Tradit Herb Drug, 2018, 49(19): 4644
- [6] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物(Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念[J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443
- LIU CX, CHEN SL, XIAO XH, *et al.* A new concept on quality marker of Chinese materia medica: quality control for Chinese medicinal products[J]. Chin Tradit Herb Drug, 2016, 47(9): 1443
- [7] 刘昌孝. 从中药资源-质量-质量标志物认识中药产业的健康发展[J]. 中草药, 2016, 47(18): 3149
- LIU CX. Recognizing healthy development of Chinese medicine industry from resources quality quality markers of Chinese medicine[J]. Tradit Herb Drug, 2016, 47(18): 3149
- [8] 肖小河, 张定堃, 王伽伯, 等. 中药品质综合量化评控体系——标准评控力金字塔[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(1): 7
- XIAO XH, ZHANG DK, WANG JB, *et al.* Controllability pyramid: an integrated control system of quality for traditional Chinese medicines[J]. China J Chin Mater Med, 2015, 40(1): 7
- [9] 刘昌孝. 基于中药质量标志物的中药质量追溯系统建设[J]. 中草药, 2017, 48(18): 3669
- LIU CX. Construction of traceability system of Chinese materia medica product quality based on quality marker of Chinese materia medica[J]. Tradit Herb Drug, 2017, 48(18): 3669
- [10] 余一鸣, 胡永慧, 韩立云, 等. 中药质量控制的研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(12): 2557
- SHE YM, HU YH, HAN LY, *et al.* Research progress on quality control of Chinese materia medica[J]. Tradit Herb Drug, 2017, 48(12): 2557
- [11] LIU JL, LI LY, HE GH. Optimization of microwave-assisted extraction conditions for five major bioactive compounds from Flos Sophorae Immaturus (cultivars of *Sophora japonica* L.) using response surface methodology[J]. Molecules, 2016, 21: 296
- [12] SHEN S, CHENG H, LI X, *et al.* Effects of extraction methods on antioxidant activities of polysaccharides from camellia seed cake[J]. Eur Food Res Technol, 2014, 238(6): 1015
- [13] SHEN S, CHEN D, LI X, *et al.* Optimization of extraction process and antioxidant activity of polysaccharides from leaves of *Paris polyphylla*[J]. Carbohydr Polym, 2014, 104: 80
- [14] 代沙. 紫苏叶抗氧化物质提取、含量测定及抗氧化活性研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2013
- DAI S. Study on Extraction, Content Determination and Antioxidative Activity of Antioxidative Substance from *Perilla frutescens* leaves[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2013

(本文于2018年6月1日收到)