

柿叶中黄酮类化合物及提取工艺研究进展

王梦杰¹, 李 镐¹, 华会明², 周 微^{1*}, 赵余庆^{1,2*}

1. 延边大学 长白山天然药物研究教育部重点实验室, 吉林 延吉 133002

2. 沈阳药科大学, 辽宁 沈阳 110016

摘要: 柿叶来源于柿科柿属植物柿 *Diospyros kaki* 的干燥叶。柿叶中的主要化学成分有黄酮、三萜等, 其中黄酮类化合物是中药制剂脑心清片的主要活性成分, 在脑心清片治疗心脑血管疾病的过程中起关键作用, 因此柿叶中的黄酮类成分具有较高的经济和药用价值。针对柿叶中的黄酮类化合物结构类型及柿叶黄酮的不同提取工艺进行综述, 以期对柿叶中黄酮成分的深入开发和应用提供参考依据。

关键词: 柿叶; 黄酮类; 三萜; 提取工艺; 心脑血管; 槲皮素; 山柰酚; 芦丁

中图分类号: R286 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2022)13-4214-09

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.13.034

Research progress of flavonoids and extraction processes in persimmon leaves

WANG Meng-jie¹, LI Gao¹, HUA Hui-ming², ZHOU Wei¹, ZHAO Yu-qing^{1,2}

1. Key Laboratory of Natural Medicines of Changbai Mountain, Ministry of Education, Yanbian University, Yanji 133002, China

2. Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

Abstract: Persimmon leaf derived from the dried leaves of *Diospyros kaki* Thunb, which belongs to the *Diospyros* genus and Persimmon family. The main chemical components are the flavonoids and triterpenes, among which flavonoids as the major active ingredients of preparation of Chinese medicine Naoxingqing Tablets, which play a key role in the treatment of cardiovascular diseases, therefore, the flavonoids in persimmon leaves possess high economic and medicinal value. In this paper, the structural types of flavonoids which have been reported in persimmon leaves and the different extraction processes of persimmon leaf flavonoids were reviewed, in order to provide a reference for the further development and application of the flavonoids in persimmon leaves.

Key words: persimmon leaf; flavonoids; extraction processes; research progress; quercetin; kaempferol; rutin

柿叶来源于柿科柿属 *Diospyros* L. 植物柿 *Diospyros kaki* Thunb. 的干燥叶, 全世界柿属有 6 属 450 余种, 我国有 2 属 50 多种, 主要分布于山西、山东、河南、甘肃等省^[1]。柿叶入药最早记载于明《滇南本草第一卷》^[2]“柿花”项下, 曰:“经霜叶敷臃疮。”《本草再新》中记载柿叶“味苦, 性寒, 无毒, 专入肺经, 治咳嗽吐血, 止渴生津。”《分类草药性》亦记载柿叶可“治咳嗽气喘, 消肺气胀”。大量国内外研究证明, 黄酮类化合物是柿叶的主要活性物质, 具有抗氧化、保护心脑血管、抗菌、抗癌、免疫调节等多种药理活性, 且具有毒性低、资源丰富、易于工业化提取制备等优点^[3]。本文对柿叶

中已报道的黄酮类化合物及柿叶黄酮的不同提取工艺进行综述, 为柿叶黄酮提取物的进一步开发和应用提供科学依据。

1 黄酮类化合物

黄酮类化合物广泛存在于自然界, 是一类重要的天然抗氧化剂, 是植物、蔬菜以及水果等自身产生的一类次生代谢产物^[4]。柿叶中的黄酮类化合物主要是以槲皮素和山柰酚为苷元, 与不同的糖苷结合而成^[5]。由于柿叶黄酮类化合物具有保护心脑血管、抗氧化、抗肿瘤以及调节免疫力等作用, 使其在天然药物和保健品研制开发方面得到广泛应用^[6-7]。迄今为止已从柿叶中发现的黄酮类化合物见表 1~3 和图 1~3。

收稿日期: 2021-12-09

基金项目: 高等教育学科创新工程 (NO.111, D18012)

作者简介: 王梦杰 (1995—), 女, 硕士研究生, 生药学专业。E-mail: 1286738824@qq.com

*通信作者: 赵余庆 (1957—), 男, 教授, 研究方向为药食同源品功效物质发现与功效评价。E-mail: zyuq4885@126.com

周 微 (1984—), 女, 副教授, 研究方向为天然产物药效物质基础研究。E-mail: zhouwei8452@163.com

表 1 柿叶黄酮醇类化合物

Table 1 Flavonoids from persimmon leaves

序号	化合物名称	取代基位置	糖基取代位置	文献
1	槲皮素	5,7,3',4'-OH	无	8-9
2	杨梅酮苷	5,7,3',4'-OH	无	10
3	杨梅酮-3-甲基醚	5,7,3',4',5'-OH,3-OCH ₃	无	10
4	山柰酚	3,5,7,4'-OH	无	8-9
5	染料木素	5,7,4'-OH	无	11
6	异鼠李素	3,5,7,4'-OH,5'-OCH ₃	无	11
7	山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷	5,7,4'-OH	3-O- α -L-rhas	8
8	山柰酚-3-O-D-木糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -D-xyls	12
9	黄芪苷	5,7,4'-OH	3-glus	10,13
10	槲皮素-3-O- α -L-阿拉伯糖苷	5,7,3',4'-OH	3-O- α -L-aras	10
11	槲皮素-3-D-葡萄糖苷	5,7,3',4'-OH	3- β -D-glus	9,13-15
12	槲皮素-3-D-半乳糖苷	5,7,3',4'-OH	3- β -D-gals	9,14
13	杨梅酮-3-O- α -L-鼠李糖苷	3,5,7,3',4',5'-OH	3-O- α -L-rhas	10
14	杨梅酮-3-O-D-葡萄糖苷	5,7,3',4',5'-OH	3-O- β -D-glus	10
15	异槲皮素-3-O-D-葡萄糖苷	3,5,7,4'-OH,3'-OCH ₃	3-O- β -D-glus	10
16	山柰酚-3-O-D-半乳糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -D-gals	9,13-16
17	异鼠李素-3-O-D-葡萄糖苷	3,5,7,4'-OH,5'-OCH ₃	3-O- β -D-glus	9,18
18	山柰酚-3-O-D-葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -D-glus	9,13-17
19	山柰酚-3-O- α -L-阿拉伯糖苷	5,7,4'-OH	3-aras	12
20	槲皮素-7-O-D-鼠李糖苷	5,7,3',4'-OH	7-O- β -D-rhas	11
21	金丝桃苷	3,5,7,4',5'-OH,	3-gals	10
22	山柰酚-3-O-(2"-没食子酰基)-葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-glus	10
23	山柰酚-3-O-(6"-O- α -鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -glus,6"-rha	19
24	没食子酰基金丝桃苷	5,7,3',4'-OH	3-glus	10
25	槲皮素-3-O-(2"- α -鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	2"-O- α -rha,3-O- β -glucos	19
26	槲皮素-3-O- β -葡萄糖苷	5,7,3',4'-OH	3-O- β -glucos	18
27	牡荆素	5,7,8,4'-OH	8-glus	9,20
28	山柰酚-3-O-(2"-O- α -鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -glu,2"-rha	19
29	2"-O-鼠李糖-牡荆素	5,7,4'-OH	8-glu,2"-rha	9,20
30	8-C-[α -L-鼠李糖-(1 \rightarrow 4)]- α -D-吡喃葡萄糖苷	5,7,4'-OH	8-glus,4'-rha	10
31	山柰酚-3-O-[2"-O- α -鼠李糖-3"-O-(6-O- α -鼠李糖)- β -葡萄糖]- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -glu,2"-rha,3"-O-glu,6"-O- α -rha	19
32	槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖-(6 \rightarrow 1)- α -L-鼠李糖苷	5,7,3',4'-OH	3-glu,6"-rhas	21
33	槲皮素-3-O-(6"-O- α -鼠李糖 1)- β -葡萄糖苷	5,7,3',4'-OH	3-O- β -glus,6"-rha	19,22
34	山柰酚-3-O- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	3-O- β -glucos	19
35	异槲皮素	5,7,3',4'-OH	3-glus	10,13
36	山柰酚-3-O- β -(2"-O- α -鼠李糖-3"-O- β -葡萄糖)-葡萄糖苷	5,7,4'-OH	2"-O- α -rha,3"-O- β -glu,3-O- β -glucos	19
37	槲皮素-3-O-(2",6"-二鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,3',4'-OH	3-O- β -glus,2",6"-rha	19
38	槲皮素-3-O-D-吡喃葡萄糖苷	3,5,7,4',5'-OH	3-O- β -D-glus	8
39	槲皮素-3-O-(2"-O- α -鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,3',4'-OH	3-O- β -glus,2"-rha	19
40	山柰酚-3-O-(2"- α -鼠李糖)- β -葡萄糖苷	5,7,4'-OH	2"-O- α -rha,3-O- β -glucos	19,22
41	芦丁	5,7,3',4'-OH	3-glc,6"-rhas	8-9

glus-葡萄糖苷 rhas-鼠李糖苷 aras-阿拉伯糖苷 gals-半乳糖苷 xyl-木糖苷 glul-吡喃葡萄糖基 glucos-葡萄糖苷
 rhal-鼠李糖基 glu-葡萄糖 rha-鼠李糖 gal-半乳糖 xyl-木糖 ara-阿拉伯糖
 glus-glucoside rhas-rhamnoside aras-arabinoside gals-galactoside xyl-xyloside glul-gluco-pyranosyl glucos-glucuronopyranoside rhal-rhamnopyranosyl glu-glucose rha-rhamnose gal-galactose xyl-xylose ara-arabinose

表 2 柿叶中二氢黄酮醇类和黄烷-3-醇类

Table 2 Dihydroflavonols and flavane-3-alcohols in persimmon leaves

序号	化合物名称	取代基位置	糖取代位置	文献
42	二氢槲皮素	5、7、3'、4'-OH	无	23
43	原花色素	5、7、3'、4'、5'-OH	无	24
44	儿茶素	5、7、3'、4'、5'-OH	无	25
45	倍儿茶	5、7、3'、4'-OH	无	25

表 3 柿叶中花色素类化合物

Table 3 Anthocyanidins in persimmon leaves

序号	化合物名称	取代基位置	糖取代位置	文献
46	花青素	3、5、7、3'、4'-OH	无	23
47	花葵素	3、5、7、4'-OH	无	23
48	花翠素	3、5、7、3'、4'、5'-	无	23

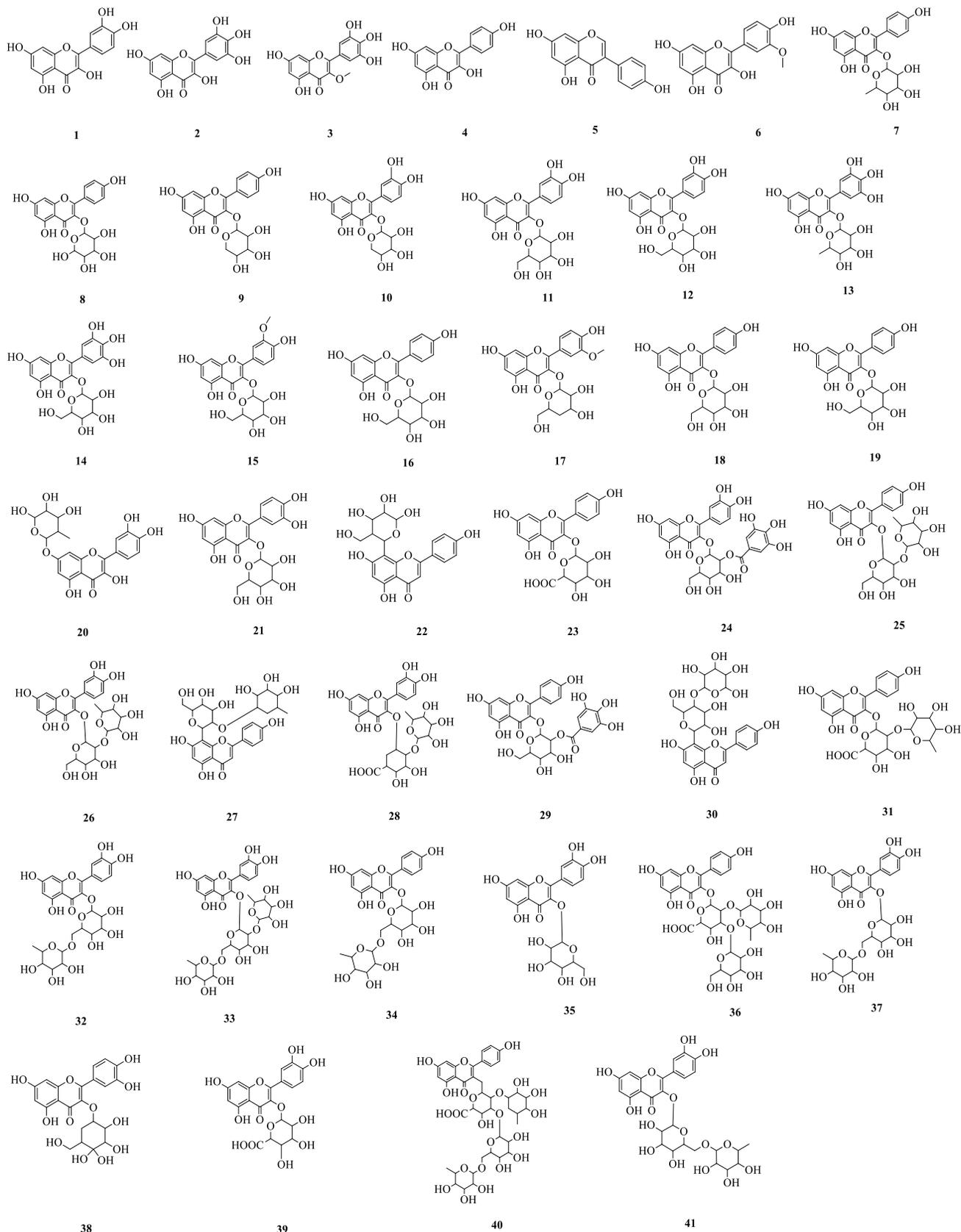


图1 黄酮醇类化合物的结构

Fig. 1 Structure of flavonoids compounds

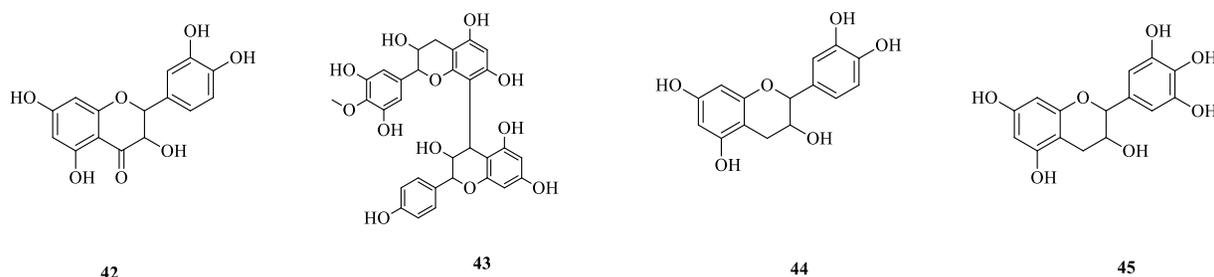


图2 二氢黄酮醇类和黄烷-3-醇类化合物的结构

Fig. 2 Structures of dihydroflavonol and flavan-3-ol compounds

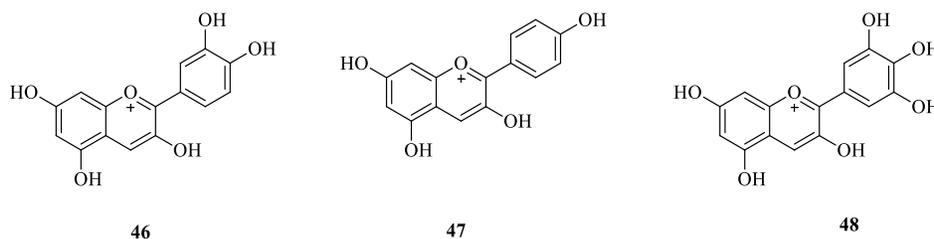


图3 花色苷类化合物的结构

Fig. 3 Structures of anthocyanin-like compounds

2 总黄酮提取工艺研究

2.1 溶剂提取法

溶剂提取法常用的有浸渍法、渗漉法、煎煮法、回流提取法及连续回流提取法等，常用溶剂有水、乙醇、甲醇等。大量研究证明^[26-39]，在其他条件相同的情况下，使用丙酮提取柿叶黄酮的得率略高于乙醇，甲醇相对较低。考虑到乙醇相对成本低、毒性小等特点，乙醇作为提取剂为更佳^[28]，且研究报道相对较多。最佳提取工艺具有低耗、高效、得率高的特点。周吴萍^[29]和王兰等^[37]分别采用单因素和正交试验以及单因素和响应面法优化黄酮的提取工艺，得到提取率较高的总黄酮，分别为7.59%和4.04%；赵文红等^[39]采用单因素和正交试验优化总黄酮的提取工艺，以水为溶剂提取10 min，得到总黄酮提取率为3.12%，实现了提取工艺的高效且得率高；周雅阳等^[33]从提取工艺和纯化工艺2方面对柿叶黄酮进行了全面的研究。通过单因素实验优化黄酮提取的最佳工艺：15倍量的75%乙醇加热回流2次，每次1 h。在此提取工艺下又对黄酮进行了纯化工艺研究，在对酸水解法、萃取法、大孔吸附树脂法纯化工艺进行比较的同时，也比较了不同酸水解液对纯化工艺和黄酮得率的影响。结果表明，5%硫酸水解液纯化的黄酮质量分数及得率最高，且3种方法中萃取法的黄酮质量分数最高，为12.6%。其他研究者有关溶剂提取

法的实验设计、最佳工艺参数及提取率的实验结果归纳总结见表4。

2.2 超声波辅助提取法

此法在柿叶提取黄酮的工艺研究报道较多^[40-47]。利用超声波产生的机械、热和空化作用原理和高效低耗等特点，可将柿叶中的黄酮类物质快速溶出，从而提高柿叶中黄酮类化合物的提取率。以提取率高为评价指标，杨露等^[43]采用单因素和正交试验优化柿叶黄酮超声波提取的最佳工艺，得到黄酮提取率为6.36%。而孙化鹏等^[45]以同样的方法对柿叶中的黄酮进行提取，其提取率较6.36%高，为7.52%，可能与乙醇浓度和提取时间有关；以低耗和高效为评价指标，贾娜等^[47]采用单因素实验对柿叶黄酮的提取工艺进行优化，在固液比1:21的条件下提取32 min，黄酮得率为3.54%，与其他方法相比，实现了低耗、高效，且得率相对较高（表5）。

2.3 微波提取法

微波提取柿叶黄酮，效率高，易提纯。陈淑燕等^[48]采用微波法提取柿叶中总黄酮。通过单因素试验和正交试验优化最佳提取条件为：65%乙醇，固液比为1 g:25 mL，微波辐射功率和时间为300 W和15 min，总黄酮的提取率为5.22%。卫静莉等^[49]采用微波辅助浸提工艺从柿叶中提取黄酮类化合物的工艺条件及参数，以单因素和正交试验相结合的

表4 溶剂提取法

Table 4 Solvent extraction method

实验设计	提取最佳工艺					提取率/%	文献
	提取溶剂	固液比	时间/min	温度/℃	次数		
正交试验	70%乙醇	1:10	60	70	—	0.12	26
正交试验	70%乙醇	—	90	100	2	2.60	27
正交试验	50%乙醇	—	180	75	—	—	28
单因素与正交试验	50%乙醇	1:60	45	90	—	7.59	29
单因素与正交试验	70%乙醇	1:40	60	100	2	—	30
单因素与正交试验	60%乙醇	—	60	100	—	0.73	31
单因素与正交试验	60%乙醇	1:30	—	100	2	0.71	32
单因素实验	75%乙醇	1:15	60	100	2	>0.4	33
单因素与正交试验	70%乙醇	1:10	120、60、60	100	3	1.10	34
单因素与正交试验	水	1:10	60	—	2	0.72	35
单因素与正交试验	40%乙醇	1:50	120	50	—	1.81	36
单因素和响应面法	65.78%乙醇	1:35.01	—	74.05	—	4.04	37
单因素与正交试验	70%乙醇	1:10	60	100	2	0.68	38
单因素与正交试验	水	1:30	10	60	—	3.12	39

表5 超声波辅助提取法

Table 5 Ultrasonic extraction method

实验设计	提取最佳工艺					提取率/%	文献
	乙醇/%	料液比	时间/min	功率/W	温度/℃		
响应面法	70	1:50	50	450	—	1.57	40
单因素和正交试验	60	1:50	45	250	—	2.59	41
单因素和正交试验	70	1:20	40	350	55	0.70	42
单因素和正交试验	40	—	50	—	60	6.36	43
单因素和正交试验	70	1:25	30	—	30	1.75	44
正交试验	60	1:50	30	—	60	7.52	45
单因素和正交试验	60	1:30	50	—	40	0.51	46
响应面法	69	1:21	32	—	53	3.54	47

方法优化提取工艺,其最佳的提取工艺参数:65%乙醇;料液比1 g:25 mL;微波辐射时间和功率为2 min和420 W,柿叶黄酮的提取率为6.15%。董江涛等^[50]采用响应曲面法优化微波辅助提取柿叶中总黄酮的工艺,微波辅助提取柿叶总黄酮的最佳工艺为:微波功率422.36 W;提取时间20.97 min;液料比1 g:20.66 mL,柿叶总黄酮的得率达6.15%。

2.4 酶提取法

袁秀平等^[51]以柿叶为原料,利用酶法辅助提

取柿叶总黄酮的工艺研究,以总黄酮提取率为指标,通过单因素试验考察酶的种类、添加酶量、溶剂pH、提取温度和提取时间对总黄酮提取率的影响,在此基础上经过正交试验优化提取工艺,其最佳的提取工艺参数:提取溶剂为pH5.8的柠檬酸缓冲液,复合酶用量7%,45℃水浴条件下提取90 min,柿叶总黄酮的提取率为6.02%。

2.5 双水相萃取法

罗晓^[52]采用PEG1000/(NH₄)₂SO₄双水相体系

萃取柿叶分离总黄酮的最佳萃取条件为 PEG1000: 0.55 g/mL, (NH₄)₂SO₄: 0.6 mL, MgCl₂: 0.04 g/mL, pH 值为 7, 离心时间 3 min, 其萃取率可达 94%。周艳红^[53]利用超声波辅助离子液体双水相提取柿叶中总黄酮, 利用响应面法优化的试验条件为: 料液比为 1 g: 25 mL、提取时间为 50 min、离子液体浓度为 0.7 mol/L、提取温度为 60 °C, 柿叶中总黄酮提取率为 2.68%。

2.6 超高压法

樊振江等^[54]采用超高压提取柿叶中黄酮化合物, 在单因素实验的基础上, 采用正交试验法对柿叶中黄酮化合物的超高压提取工艺进行优化, 以总黄酮的得率为指标, 得到的最佳工艺条件为乙醇体积分数 65%、超高压压力 450 MPa、超高压时间 3 min, 固液比 1 g: 14 mL, 其总黄酮的提取得率可达 50.2%。

2.7 碱溶酸沉法

陈丽等^[55]采用碱溶酸沉与超声波相结合的方法提取柿叶总黄酮。以柿叶总黄酮含量为评价指标, 用均匀设计法优选最佳工艺条件为 15% HCl 调 pH 值为 6.20, NaOH 调 pH 值为 10, 液料比为 11: 1, 超声时间为 32 min, 超声温度为 30 °C, 乙醇体积分数为 70%。

2.8 半仿生法

孙彩云等^[56-57]通过正交试验确定半仿生法提取磨盘柿叶总黄酮的最佳工艺条件: 固液比 1 g: 20 mL, 提取温度 80 °C, 提取时间 1 h, 分别以 pH 2.0 盐酸溶液和 pH 7.5、8.5 的氨-氯化氨缓冲溶液作为提取液各提取 1 次。

2.9 超声-复合酶协同提取法

卫静莉等^[58]以柿叶总黄酮得率为指标, 采用正交试验法确定优化提取工艺条件, 得到最佳工艺条件为超声功率 60 W, 提取时间 40 min, 酶解质量浓度 0.3 mg/mL, 酶解时间 2 h, pH 值 4.5, 酶解温度 50 °C, 溶剂量 50 mL, 总黄酮的得率为 5.45%。袁秀平等^[59]以柿叶为试验材料, 研究复合酶和超声波联合提取柿叶总黄酮的最佳工艺, 在单因素影响实验结果的基础上, 对提取条件进行正交优化, 其最佳工艺为: 固液比 1: 25, 60% 乙醇, 5% 的复合酶量, 室温酶解 30 min 后, 60 W 超声功率, 50 °C 条件下超声提取 35 min, 最高提取率为 7.16%。

2.10 超声-微波辅助提取法

微波提取具有高效、节能、快速、提取率高的优点。董江涛等^[60]采用超声-微波协同辅助乙醇提取柿叶中的总黄酮, 结果表明, 超声-微波协同辅助乙醇法提取柿叶总黄酮的最佳工艺为微波功率 458.95 W、超声波功率和提取时间为 587.89 W 和 21.4 min、超声/间隔时间 1.06 s/0s, 此条件下的柿叶总黄酮得率为 6.49%。

2.11 小结

不同提取方法其影响因素和考察因素也各不相同, 但通过提取工艺总结可知, 温度、时间、料液比以及乙醇浓度是每种方法几乎都会考察的因素, 现将不同提取方法最佳工艺的条件总结见表 6。考虑各种提取方法的优缺点以及工业化大生产等因素, 溶剂提取法仍然是最适合于工业化生产的方法, 其他方法则有待于研究开发。

表 6 不同提取方法最佳工艺总结

Table 6 Summary of the optimal process for different extraction methods

提取方法	最佳工艺				提取率/%
	温度/°C	时间/min	料液比/(g·L ⁻¹)	乙醇浓度/%	
溶剂提取法	90	45	1: 60	50	7.59
超声波辅助提取法	60	30	1: 50	60	7.52
微波提取法	-	20.91	1: 20.66	-	6.15
酶提取法	45	50	-	-	6.02
双水相萃取法	60	50	1: 25	-	2.68
超高压法	-	3	1: 14	65	50.2
超声-复合酶协同提取法	50	35	1: 25	60	7.16
超声-微波辅助提取法	-	21.4	-	-	6.49

3 结语

传统中药柿叶含有大量的黄酮类化合物具有抗菌消炎、生津止渴、清热解毒、润肺强心、镇咳止血、抗癌防癌等多种生物功能^[14]。以柿叶提取物为原料的脑心清制剂具有活血化瘀、通络的功效，主治冠心病、脑动脉硬化症等心脑血管疾病，在临床广泛应用。但目前对于柿叶和脑心清的主要药效物质、检测指标及提取工艺还有待深入的研究。

3.1 脑心清制剂的有效成分

脑心清制剂是柿叶经水提和醋酸乙酯提取后为原料制成一种中药口服制剂^[61]。黄酮类化合物作为柿叶的主要化学成分在脑心清制剂中发挥主要的作用^[60]。有相关文献报道^[62]已经指出脑心清的主要活性成分是槲皮素和山柰酚以及以二者为苷元的糖苷类。其活性成分具有降低血压、降低血脂以及改善血流量、抑制血小板聚集、抑制炎症反应以及抗氧化清除自由基等药理作用^[62]。构效关系的研究结果^[63]表明，B环的羟基数目和位置是其发挥作用的主要部位，作用强度是具有邻位羟基槲皮素大于间位羟基山柰酚；B环C₂-OH的活性大于C₃-OH的；A环上的羟基是其发挥作用的重要基团；糖基取代会减弱其药理活性，且糖基越多活性越低，即作用强度苷元>单糖苷>双糖苷。

3.2 脑心清制剂的质量标准现状及问题

《中国药典》2020年版采用HPLC法测定经盐酸水解后的黄酮苷元类成分槲皮素、山柰酚总含量并对其进行质量控制，但是脑心清的药效物质除了槲皮素和山柰酚以及二者的糖苷外，还有杨梅素及其他黄酮苷类化合物^[62]。因此该方法难以全面反映柿叶提取物中的药效物质。槲皮素和山柰酚在很多植物中存在^[64]，可通过酸碱水解或生物转化法提高含量或大量制备^[65-66]，但做为原料和制剂的质量控制检测指标，应具专属性或特征性。建立柿叶提取物和脑心清制剂药效物质的多指标同时测定方法^[67]或开展质量标志物^[68]的研究，可有效控制产品质量，从而完善柿叶提取物和脑心清制剂的质量标准评价系统。

3.3 柿叶总黄酮的提取工艺

《中国药典》2020年版对柿叶提取使用的醋酸乙酯，尽管低毒性，但易燃易爆，存在安全隐患。本文总结的柿叶总黄酮提取工艺尽管都有各自的优势，但应用还有局限性。如酶法提取反应条件温和，具有专一性，且环保，但需要筛选合适的专属

酶；溶剂提取法可实现生产流程化，生产周期较长；超声和微波辅助法高效、低耗，但设备成本高等。因此目前更多的企业提取柿叶还是采用水和乙醇进行提取。如果能将超声、微波辅助等方法和传统提取法联合应用于工业生产中，对于柿叶提取工艺的流程化和现代化及实现高效低耗具有重要的现实意义。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 李娜, 周志宏. 柿的药学研究概况 [J]. 中国民族民间医药, 2015, 24(16): 40-43.
- [2] 《滇南本草》整理组整理. 滇南本草 (第一卷) [M]. 2版. 昆明: 云南人民出版社, 1975: 332-335.
- [3] 马新博, 宫汝飞. 柿叶黄酮药理作用研究进展 [J]. 中医药学报, 2012, 40(4): 130-132.
- [4] Morimoto M, Tanimoto K, Nakano S, et al. Insect antifeedant activity of flavones and chromones against *Spodoptera litura* [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(2): 389-393.
- [5] 宣伟. 黄酮类化合物的研究进展 [J]. 中国林副特产, 2017(1): 66-69.
- [6] 李杰, 和素娜, 杨晖, 等. 金银花中黄酮类化合物的提取及其检测方法的研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2015, 36(17): 175-178.
- [7] 张岩, 曹国杰, 张燕, 等. 黄酮类化合物的提取以及检测方法的研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 154-158.
- [8] 李羽晗, 王欣, 石继祥, 等. 柿叶的化学成分研究 [J]. 华西药学杂志, 2018, 33(4): 388-392.
- [9] 陈光. 柿叶化学成分及生物活性的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2003.
- [10] 周鑫堂, 王丽莉, 韩璐, 等. 柿叶化学成分和药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2014, 45(21): 3195-3203.
- [11] 张胜海, 王英姿, 段飞鹏, 等. 柿叶中黄酮类成分的化学研究 [J]. 天津中医药, 2014, 31(8): 501-503.
- [12] 郭伟华, 张放. 柿树中3种主要活性成分研究进展 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(1): 395-399.
- [13] 李娜. 柿叶柿皮的化学成分研究及其三萜、黄酮类化学物质的制备工艺研究 [D]. 昆明: 云南中医学院, 2015.
- [14] 孙化鹏. 湖南省柿资源优选及柿叶黄酮类化合物分离鉴定研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [15] 梅为云, 李娜, 刘录, 等. 云南甜柿叶化学成分研究 [J]. 云南民族大学学报: 自然科学版, 2017, 26(4): 274-277.
- [16] Jeong D W, Cho C H, Lee J S, et al. Deastringent peel extracts of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. cheongdo-bansi) protect neuronal PC-12 and SH-SY5Y cells against oxidative stress [J]. *J Microbiol Biotechnol*, 2018, 28(7): 1094-1104.

- [17] 马桂荣, 孙静, 段普凡, 等. 柿叶有效成分提取分离方法研究 [J]. 河北省科学院学报, 1991, 8(2): 68-74.
- [18] 范杰平. 柿叶中有效成分的提取与分离研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [19] Furusawa M, Tanaka T, Ito T, *et al.* Flavonol glycosides in leaves of two *Diospyros* species [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2005, 53(5): 591-593.
- [20] 辛宁, 丰杰, 姚波. 柿叶黄酮类提取分离及药理作用研究概况 [J]. 中医学报, 2007, 35(2): 49-51.
- [21] 姜红波, 赵卫星, 冯国栋, 等. 柿叶的主要有效成分及药理作用研究进展 [J]. 化工时刊, 2010, 24(6): 38-44.
- [22] Furusawa M, Tanaka T, Ito T, *et al.* Flavonol glycosides in leaves of two *Diospyros* species [J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2005, 53(5): 591-593.
- [23] Ikegami A, Akagi T, Potter D, *et al.* Molecular identification of 1-Cys peroxiredoxin and anthocyanidin/flavonol 3-O-galactosyltransferase from proanthocyanidin-rich young fruits of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) [J]. *Planta*, 2009, 230(4): 841-855.
- [24] Katsumi E, Oshima N, Kagawa N, *et al.* Changes in the extracted amounts and seasonally variable constituents of *Diospyros kaki* at different growth stages [J]. *J Nat Med*, 2021, 75(1): 105-115.
- [25] Akagi T, Ikegami A, Suzuki Y, *et al.* Expression balances of structural genes in shikimate and flavonoid biosynthesis cause a difference in proanthocyanidin accumulation in persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit [J]. *Planta*, 2009, 230(5): 899-915.
- [26] 徐赫, 李荣华, 夏岩石, 等. 黄酮类化合物提取、分离纯化方法研究现状及展望 [J]. 应用化工, 2021, 50(6): 1677-1682.
- [27] 孙彩云, 柳凤娟. 磨盘柿叶总黄酮的提取研究 [J]. 化学工程师, 2014, 28(2): 67-70.
- [28] 段保宏. 柿叶的鉴别及其总黄酮的提取工艺考察 [J]. 世界中西医结合杂志, 2010, 5(6): 500-501.
- [29] 石锦芹, 黄绍华, 胡欣恺, 等. 柿叶黄酮类化合物乙醇提取工艺的研究 [J]. 南昌大学学报: 理科版, 1999, 23(3): 264-267.
- [30] 周吴萍, 黄琼, 黄国霞, 等. 柿叶黄酮类物质的提取及抗氧化性研究 [J]. 粮油加工, 2010(12): 156-159.
- [31] 陈吼, 龙凤来, 李黔蜀. 柿叶药材的鉴别及总黄酮提取工艺探索 [J]. 杨凌职业技术学院学报, 2015, 14(4): 30-31.
- [32] 王小芳, 董晓宁, 刘玉姣, 等. 柿叶中总黄酮提取工艺模式的建立及抗氧化活性研究 [J]. 中兽医医药杂志, 2011, 30(1): 32-35.
- [33] 刘绍雄, 罗祝泉, 叶敏, 等. 柿叶总黄酮和总多糖的提取工艺研究 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 250-252.
- [34] 周雅阳, 杜江. 柿叶总黄酮提取纯化工艺研究 [J]. 亚太传统医药, 2019, 15(4): 68-70.
- [35] 晏亦林, 杨桂兴, 李云秋. 柿叶总黄酮提取方法研究 [J]. 中药材, 2003, 26(11): 811-812.
- [36] 秦晶晶, 钱慧琴, 赵媛, 等. 柿叶总黄酮提取工艺优化及其抗氧化活性 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 32-38, 45.
- [37] 王兰, 赵麟. 响应面分析法优化柿叶总黄酮提取工艺 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(3): 1370-1373.
- [38] 吉俊生, 董岳峰. 正交优选柿叶总黄酮提取工艺及其抗氧化研究 [J]. 世界中西医结合杂志, 2013, 8(5): 464-467.
- [39] 赵文红, 赵翻, 白卫东, 等. 柿叶黄酮化合物提取工艺研究 [J]. 陕西科技大学学报, 2007, 25(5): 54-58.
- [40] Duan R, Zhao Z H, Zhang Y X, *et al.* Optimization and antioxidant activity of flavonoids extract from *Diospyros kaki* Thunb. 'mopan' pulp [J]. *Asian J Chem*, 2013, 25(12): 6925-6930.
- [41] 王宁, 李远志, 徐莉珍, 等. 超声波法提取柿叶总黄酮的工艺研究 [J]. 现代食品科技, 2008, 24(7): 687-690.
- [42] 卢鑫, 张琳, 卢瑞雪. 柿叶中黄酮类化合物提取和检测方法研究综述 [J]. 济源职业技术学院学报, 2016, 15(2): 7-11.
- [43] 杨露, 李小芳, 罗开沛, 等. 柿叶中总黄酮的超声提取工艺研究 [J]. 中药与临床, 2016, 7(6): 27-30.
- [44] 刘少静, 赵旭, 张颖, 等. 柿叶中总黄酮的提取和纯化工艺优化及鲜、干柿叶中总黄酮的含量比较 [J]. 中国药房, 2015, 26(25): 3572-3575.
- [45] 孙化鹏, 张珉, 钟晓红. 柿叶总黄酮超声辅助提取工艺研究 [J]. 湖南林业科技, 2014, 41(5): 18-21.
- [46] 侯笑林, 林娜. 柿叶总黄酮的提取及对油脂抗氧化性研究 [J]. 现代食品, 2020(21): 92-95.
- [47] 贾娜, 李晓崑, 宋立, 等. 响应面法优化柿叶总黄酮的超声波辅助提取条件 [J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(6): 1-6.
- [48] 陈淑燕, 周文富. 三明产柿叶总黄酮的微波提取研究 [J]. 化学与生物工程, 2011, 28(11): 57-61.
- [49] 卫静莉, 薛笑丽, 向辉, 等. 微波辅助浸提柿叶总黄酮工艺 [J]. 林业科技开发, 2009, 23(2): 93-96.
- [50] 董江涛, 李燕, 徐慧强, 等. 响应曲面法优化微波辅助提取柿叶总黄酮的工艺 [J]. 浙江农业学报, 2010, 22(4): 521-526.
- [51] 袁秀平, 王云云, 袁向辉. 复合酶辅助提取柿叶总黄酮工艺研究 [J]. 陕西农业科学, 2019, 65(5): 59-61.
- [52] 罗晓. PEG1000/(NH₄)₂SO₄ 双水相萃取磨盘柿叶总黄酮的研究 [J]. 化学工程师, 2017, 31(7): 29-32.
- [53] 周艳红. 超声辅助[C₄mim]Br/(NH₄)₂SO₄ 双水相提取柿叶中总黄酮 [J]. 皮革与化工, 2020, 37(6): 16-20.
- [54] 樊振江, 于旺堂, 纵伟. 超高压提取柿叶黄酮的研究 [J]. 食品工程, 2008(2): 46-48.
- [55] 陈丽, 韦运东, 颜晓婷, 等. 碱溶酸沉与超声相结合法提取柿叶总黄酮的工艺改进 [J]. 广西科技大学学报, 2017, 28(4): 108-112.
- [56] 孙彩云, 柳凤娟. 磨盘柿叶总黄酮的提取研究 [J]. 化

- 学工程师, 2014, 28(2): 67-70.
- [57] 孙彩云, 柳鑫华, 王庆辉, 等. 半仿生提取柿叶黄酮及其抗氧化和抗菌作用 [J]. 食品研究与开发, 2014, 35(10): 115-118.
- [58] 卫静莉, 翟怀健, 肖俊. 超声波—生物酶协同萃取柿叶黄酮类化合物工艺研究 [A] // 2012年中国药学会暨第十二届中国药师周论文集 [C]. 南京: 中国药学会, 2012: 5.
- [59] 袁秀平, 华燕青, 王云云. 复合酶协同超声法提取柿叶总黄酮的工艺优化 [J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(8): 103-108.
- [60] 董江涛, 李燕, 徐慧强, 等. 响应曲面法优化超声-微波协同提取柿叶总黄酮的工艺研究 [J]. 江苏农业科学, 2010, 38(4): 314-318.
- [61] 尹仁杰, 李楚源, 梁敬仪, 等. HPLC 法测定脑心清片中糠酸的含量 [J]. 今日药学, 2012, 22(3): 134-136.
- [62] 贝伟剑. 柿叶活性成分及脑心清片对脑缺血神经保护作用研究 [D]. 广州: 中山大学, 2004.
- [63] 常军, 王晨曦, 李玉萍. 天然黄酮类化合物的构效关系最新研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(7): 1006-1010.
- [64] 金越. 槲皮素及其单糖苷异槲皮素, 双糖苷芦丁抗自由基构效关系研究 [D]. 大连: 大连医科大学, 2006.
- [65] 范小华, 郭清坤, 吴锦文, 等. 酸性乙醇提取芦笋下脚料黄酮的工艺研究 [J]. 福建轻纺, 2010(6): 32-35.
- [66] 徐守霞. 银杏叶中黄酮类化合物的提取工艺研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 706-707, 744.
- [67] 苏诗韵, 郭海彪, 李楚源, 等. 一测多评法同时测定脑心清片中 6 种黄酮 [J]. 中成药, 2018, 40(11): 2441-2445.
- [68] 刘莹, 覃骊兰. 桑葚化学成分、药理作用及质量标志物研究进展 [J]. 重庆医学, 2021, 50(6): 1063-1067.

[责任编辑 时圣明]