

多穗柯的化学成分、药理作用及质量控制研究进展

盘叶花^{1,2}, 吕纪华^{1,2*}, 王丽^{1,2}, 沈泓佑^{1,2}, 彭燕鸿¹, 鄢宏俊¹ (1. 广西壮族自治区中医药研究院, 南宁 530022; 2. 广西中药质量标准研究重点实验室, 南宁 530022)

摘要: 多穗柯为壳斗科石柯属植物, 是我国传统药用及食用资源之一。现代研究表明, 其含有黄酮类化合物(特别是以根皮苷为代表的二氢查尔酮类成分)、三萜类、多糖、酚类等多种生物活性成分, 这些成分构成了其多效药理作用的物质基础。在药理作用方面, 多穗柯展现出广泛的潜力。其降血糖、降血脂、降血压的“三降”功能, 对防治现代常见的代谢综合征具有重要意义; 其抗氧化与抗炎作用相辅相成, 有助于缓解慢性炎症状态; 而抑菌、抗过敏及抗癌活性的初步研究结果, 则为其在更广泛领域的应用提供了可能。作为一种药食两用资源, 多穗柯在民间常被用作甜茶, 其天然甜味成分也使其成为理想的代糖产品开发原料。随着对其活性成分和作用机制的深入研究, 其药用价值与健康潜力日益凸显, 具有广阔的综合开发利用前景。因此, 为进一步推动其研究与开发, 笔者系统梳理了国内外相关研究, 从化学成分、药理活性及质量控制等方面对多穗柯进行综述, 旨在为其后续的深入研究和产品转化提供参考依据。

关键词: 多穗柯; 化学成分; 药理作用; 质量控制

doi: 10.11669/cpj.2026.05.003 中图分类号: R282 文献标志码: A 文章编号: 1001-2494(2026)05-0494-09

Research progress on Chemical Constituents, Pharmacological Action, and Quality Control of *Lithocarpus polystachyus* Rehd

PAN Yehua^{1,2}, LÜ Jihua^{1,2*}, WANG Li^{1,2}, SHEN Hongyou^{1,2}, PENG Yanhong¹, YAN Hongjun¹ (1. Guangxi Institute of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530022, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Quality Standard Research of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530022, China)

ABSTRACT: *Lithocarpus polystachyus* Rehd is a plant belonging to the genus *Lithocarpus* of the Fagaceae family, and it serves as one of China's traditional medicinal and edible resources. Modern research indicates that it contains various bioactive components, such as flavonoids (particularly dihydrochalcones like phlorizin), triterpenoids, polysaccharides, and phenolic compounds, which form the material basis for its multiple pharmacological effects. In terms of pharmacological activities, *Lithocarpus polystachyus* exhibits broad potential. Its so-called “three-lowering” functions—hypoglycemic, hypolipidemic, and antihypertensive effects—are of significant importance in preventing and managing modern common metabolic syndromes. Its antioxidant and anti-inflammatory effects work synergistically, helping to alleviate chronic inflammatory states. Meanwhile, preliminary findings regarding its antibacterial, anti-allergic, and anticancer activities suggest possible applications in broader fields. As a medicinal and edible resource, *Lithocarpus polystachyus* is commonly consumed as a sweet tea in folk practices, and its natural sweetening components also make it an ideal raw material for developing sugar substitute products. With in-depth research on its active ingredients and mechanisms of action, its medicinal value and health potential have become increasingly prominent, indicating promising prospects for comprehensive development and utilization. Therefore, to further promote its research and development, this paper systematically reviews domestic and international studies on *Lithocarpus polystachyus*, focusing on its chemical composition, pharmacological activities, and quality control. The aim is to provide a reference for subsequent in-depth research and product transformation.

KEY WORDS: *Lithocarpus polystachyus* Rehd; chemical composition; pharmacological activity; quality control

多穗柯(*Lithocarpus polystachyus* Rehd)^[1-2]又名甜茶、甜叶子树、胖桐、甜味茶、大叶稠子、苷茶、多穗石柯等, 为壳斗科石柯属植物。多穗柯主要分布在我国长江以南各省区海拔 500 米以上的低山密林中, 其中广西、江西、湖南、安徽等

省资源最为丰富, 广东、云南、四川、福建等省次之, 另外在印度、泰国、老挝等也有分布^[3]。其化学成分主要为黄酮类化合物、三萜类化合物^[4]。根据《中华本草》记载, 多穗柯的叶、茎、根和果均可入药, 叶具有清热解毒、祛风、化痰、降压机

基金项目: 广西科技重大专项资助(桂科 AA23023035-2); 广西重点研发计划项目资助(AB17195013); 广西中医药多学科交叉创新团队项目资助(GZKJ2306)

作者简介: 盘叶花, 女, 硕士, 助理研究员 研究方向: 中药药剂学 * 通信作者: 吕纪华, 女, 硕士, 副主任药师 研究方向: 中药药理学
Tel: (0771) 5868874

效,可用于治疗温热痢疾、皮肤瘙痒、痈疽恶疮、肺热咳嗽、高血压等;根具有补肝肾、祛风湿功效,可用于治疗肾虚腰痛、风湿痹痛;果具有和胃降逆功能,可用于治疗呃逆、噎膈;茎具有祛风湿、活血止痛功效,可用于治疗风湿痹痛、损伤骨折等症^[5]。多穗柯使用历史悠久、风味独特,是一种药食同源的珍贵植物资源,具有高甜、低热和无毒的特点,具备茶、糖、药3种功效^[6-7]。本研究系统综述了多穗柯中主要化学成分的种类、药理作用及质量控制,为其开发利用提供了参考。

表 1 多穗柯中的黄酮类成分

序号	中文名	英文名	参考文献
1	三叶苷	Trilobatin	[3]
2	根皮苷	Phlorizin	[3]
3	6"-O-乙酰基三叶苷	6"-O-Acetyltrilobatin	[3]
4	3"-O-乙酰基根皮苷	3"-O-Acetylphloridzin	[3]
5	3-羟基根皮苷	3-Hydroxy phloridzin	[3]
6	根皮素	Phloretin	[3]
7	根皮素-4'-β-D-葡萄糖苷	Phloretin-4'-β-D-glucopyranoside	[3]
8	二氢查耳酮-2'-β-D-吡喃葡萄糖苷	Dihydrocharcone-2'-β-D-glucopyranoside	[3]
9	二氢查耳酮-4'-β-D-吡喃葡萄糖苷	Dihydrocharcone-4'-β-D-glucopyranoside	[3]
10	毛茛炸浆草甙	Cemuoside	[3]
11	2'-β'-二羟基-4'-甲氧基二氢查耳酮	2'-β'-Dihydroxy-4'-methoxyldihydrocharcone	[3]
12	阿福豆苷	Afzelin	[3]
13	异槲皮苷	iso-Quercitrin	[3]
14	2"-对羟基肉桂酰氧基黄芪苷	2"-P-coumarylastragalin	[3]
15	槲皮素	Quercetin	[3]
16	槲皮苷	Quercitrin	[3]
17	槲皮素-3-O-β-D-半乳糖苷	Quercetin-3-O-β-D-galactopyranoside	[3]
18	槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷	Quercetin-3-O-β-D-glucopyranoside	[3]
19	槲皮素-3-O-α-L-阿拉伯糖苷	Quercetin-3-O-α-L-arabinoside	[3]
20	6"-O-乙酰基三叶苷	6"-O-Acetyltrilobatin	[3]
21	3"-O-乙酰基三叶苷	3"-O-Acetylphloridzin	[3]
22	木犀草素	Luteolin	[3]
23	木犀草素-7-O-β-D-葡萄糖苷	Luteolin-7-O-β-D-glucopyranoside	[3]
24	5-羟基-7-甲氧基二氢黄酮	5-Hydroxy-7-methoxyldihydroflavone	[3]
25	二氢槲皮素	Taxifolin	[8]
26	5-7-二羟基色原酮	5-7-Dihydroxychromone	[8]
27	3-5-二羟基-2-(4-羟基苯基)-4-氧代-3-4-二氢-2H-色烯-7-基-6-氢吡喃苷	3-5-Dihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-4-oxo-3-4-dihydro-2H-chromen-7-ylhex-opyranosid5-7e	[8]
28	杨梅素	Myricetin	[8]
29	桑色素	Morin	[8]
30	柚皮苷二氢查尔酮	Naringin dihydrochalcone	[8]
31	2-(3-4-二羟基苯基)-5-7-二羟基-3-[[2S,3R,4S,5S]-3,4,5-三羟基氧杂烷-2-基]氧基-4H-色原-酮	2-(3-4-Dihydroxyphenyl)-5-7-dihydroxy-3-[[2S,3R,4S,5S]-3,4,5-tri-hydroxyoxan-2-yl]oxy-4H-chromen-4-one	[8]
32	山柰酚	Kaempferol	[8]
33	圣草酚	Eriodictyol	[8]
34	橙皮素	Hesperetin	[8]
35	异鼠李素	iso-Rhamnetin	[8]
36	柚皮苷查尔酮	Naringenin chalcone	[8]
37	芹菜素	Apigenin	[8]
38	5-7-3'-5'-四羟基-4'-甲氧基黄酮	5-7-3'-5'-Tetrahydroxy-4-methoxyflavone	[9]
39	5-4'-二羟基-6-7-3'-三甲氧基黄酮	5-4'-Dihydroxy-6-7-3'-trimethoxyflavone	[9]

1 多穗柯化学成分

据目前国内外研究报道,多穗柯主要含有黄酮类、三萜类、甾类、香豆素类、挥发性成分、多酚类、多糖类、微量元素以及氨基酸等成分^[8-9]。

1.1 黄酮类

黄酮类化合物是多穗柯的主要活性成分,主要包括三叶苷、根皮苷、根皮素等,见表1。

1.2 三萜及甾类

包括齐墩果酸、甘草次酸、β-谷甾醇等,见表2。

续表 1

序号	中文名	英文名	参考文献
40	5-羟基-6,7,3',4'-四甲氧基黄酮	5-Hydroxy-6,7,3',4'-tetramethoxyflavone	[9]
41	根皮苷 6"-O-香草酸酯	Phloridzin 6"-O-vanillate	[10]
42	根皮苷 6"-O-对羟基苯甲酸酯	Phloridzin 6"-O- <i>p</i> -hydroxybenzoate	[10]
43	根皮苷-6"-O-阿魏酸酯	Phloridzin 6"-O-ferulate	[10]
44	2'-O-(6-O-乙酰葡萄糖苷)-4,4',6'-三羟基二氢查耳酮	2'-O-(6-O-Acetylglucopyranosyl)-4,4',6'-trihydroxydihydrochalcone	[10]
45	5,7-二羟基-4'-甲氧基黄酮	5,7-Dihydroxy-4'-methoxyflavone	[10]
46	4',5,7-三羟基-3',5'-二甲氧基黄酮	4',5,7-Trihydroxy-3',5'-dimethoxyflavone	[10]
47	3',5,7-三羟基-4',5'-二甲氧基黄酮	3',5,7-Trihydroxy-4',5'-dimethoxyflavone	[10]
48	4',5,7-三羟基黄酮	4',5,7-Trihydroxyflavone	[10]
50	银槲苷	Tiliroside	[10]
51	柚皮素	Naringenin	[10]
52	3',5,7-四羟基黄酮烷	3',5,7-Tetrahydroxyflavanone	[10]
53	山奈酚-3-O-[6"-2"-di-O-(<i>E</i>)- <i>p</i> -香豆酰]- β -D-葡萄糖苷	Kaempferol-3-O-[6"-2"-di-O-(<i>E</i>)- <i>p</i> -coumaroyl]- β -D-glucopyranoside	[10]

表 2 多穗柯中的三萜及甾类成分

序号	中文名	英文名	参考文献
54	20-羟基-3-酮-羽扇豆烷	20-Hydroxylupan-3-one	[3]
55	3 β -乙酰羽扇豆烷-29-甲酰	3 β -Acetoxylupan-29-al	[3]
56	羽扇豆-3 β ,29-二醇	Lupine-3 β ,29-diol	[3]
57	无羁萜-3 β -醇	Friedelan-3 β -ol	[3]
58	无羁萜	Friedelan	[3]
59	粘霉烯醇	Glutinol	[3]
60	β -香树脂醇	β -Amyrin	[3]
61	蒲公英赛醇	Taraxerol	[3]
62	白桦脂酸	Betulinic acid	[3]
63	梓木酸甲酯	Methyl betulinate	[3]
64	辣木酸甲酯	Methyl morolate	[3]
65	羽扇豆醇	Lupeol	[3]
66	3 β ,29-二羟基羽扇豆烷	3 β ,29-Dihydroxylupane	[3]
67	齐墩果酸甲酯	Methyl oleanolate	[3]
68	24-亚甲基环菠萝烷-3 β ,21-二醇	24-Methylenecycloartan-3 β ,21-diol	[3]
69	齐墩果酸	Oleanolic acid	[8]
70	5,7-二羟基-2-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-{[3,4,5-三羟基-6-(羟甲基)氧杂环己-2-基]氧基}-4 <i>H</i> -色原-4-酮	5,7-Dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-3-{[3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxy}-4 <i>H</i> -chromen-4-one	[8]
71	甘草次酸	18- β -Glycyrrhetic acid	[11]
72	β -谷甾醇	β -Sitosterol	[11]
73	胡萝卜苷	Daucosterol	[11]

1.3 香豆素类

包括秦皮甲素、东莨菪苷、4-羟基香豆素等,见表 3。

表 3 多穗柯中的香豆素类成分

序号	中文名	英文名	参考文献
74	秦皮甲素	Esculin	[8]
75	4-二羟基-6,7-甲氧基香豆素	4-Methyl-6,7-dihydroxycoumarin	[8]
76	4-羟基香豆素	4-Hydroxycoumarin	[8]
77	东莨菪苷	Scopolin	[8]
78	对羟基肉桂酸	<i>p</i> -Coumaric acid	[8]
79	香豆素	Coumarin	[8]
80	7-甲氧基香豆素	7-Hydroxycoumarin	[8]
81	甲氧基香豆素	7-Methoxycoumarin	[8]
82	东莨菪内酯	Scopoletin	[8]
83	秦皮乙素	Esculetin	[8]

1.4 挥发性成分

包括香叶基丙酮、 β -紫罗酮、芳樟醇等,见表 4。

1.5 其他

多穗柯还含有多酚类、多糖类、微量元素以及氨基酸等其他类成分,包括原儿茶酸、原儿茶醛、异阿魏酸等,见表 5。

2 药理作用

现代研究表明,多穗柯具有降血糖、降血脂、降血压、抑菌、抗氧化、抗炎、抗过敏、抗癌等^[13-17]药理作用。

2.1 降血糖

糖尿病是一种内分泌代谢紊乱性疾病,主要表现为持续性高血糖状态^[18]。近年来,糖尿病的发病率逐年攀升,糖尿病已成为全球重要的公共卫生问题^[19]。Chen 等^[20]发现,多穗柯总黄酮能较好地改善 db/db 小鼠多饮多食的糖尿病

表 4 多穗柯中的挥发性成分

序号	中文名	英文名	参考文献
84	香叶基丙酮	Geranylacetone	[4, 12]
85	β -紫罗酮	β -Ionone	[4, 12]
86	2,4,4-三甲基戊烷-1,3-二基双(2-甲基丙酸酯)	2,4,4-Trimethylpentane-1,3-diylbis(2-methylpropanoate)	[4, 12]
87	邻二甲苯	<i>o</i> -Xylene	[4, 12]
88	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	6,10,14-Trimethylpentadecan-2-one	[4, 12]
89	桉油烯醇	Spathulenol	[4, 12]
90	壬醛	Nonanal	[4, 12]
91	(<i>E</i>)-6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮	(<i>E</i>)-6-Methyl-3,5-heptadien-2-one	[4, 12]
92	十七醛	Heptadecanal	[4, 12]
93	吡啶	Pyridine	[4, 12]
94	邻苯二甲酸二异丁酯	Diisobutyl phthalate	[4, 12]
95	2-十三醇	2-Tridecanol	[4, 12]
96	芳樟醇	Linalool	[4, 12]
97	4-己基-2,5-二氧代呋喃-3-乙酸	4-Hexyl-2,5-dioxofuran-3-acetic acid	[4, 12]
98	3,6,9,12-四氧十四烷-1-醇	3,6,9,12-Tetraoxatetradecan-1-ol	[4, 12]
99	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	[4, 12]
100	β -环柠檬醛	β -Cyclocitral	[4, 12]
101	2-十一烯醛	2-Undecenal	[4, 12]
102	2,4-二叔丁基苯酚	2,4-Di- <i>tert</i> -butylphenol	[4, 12]
103	(3 <i>E</i> ,5 <i>Z</i>)-6,10-二甲基-3,5,9-十一烷三烯-2-酮	(3 <i>E</i> ,5 <i>Z</i>)-6,10-Dimethyl-3,5,9-undecatrien-2-one	[4, 12]
104	1-硅杂环-2,5-二烯	1,1-Dimethyl-2,5-diphenylsilole	[4, 12]
105	鲸蜡醇	1-Hexadecanol	[4, 12]
106	辛醇	1-Octanol	[4, 12]
107	姜黄烯	Curcumen	[4, 12]
108	戊乙二醇	Pentaethylene glycol	[4, 12]
109	十七烷	Heptadecane	[4, 12]
110	大马士酮	β -Damascenone	[4, 12]
111	十六烷	Hexadecane	[4, 12]
112	十四醛	Tetradecanal	[4, 12]
113	戊乙二醇	Pentaethylene glycol	[4, 12]
114	甲位紫罗兰酮	α -Ionone	[4, 12]
115	正己醇	1-Hexanol	[4, 12]
116	柠檬醛	Citral	[4, 12]
117	反式-2-壬烯醛	<i>trans</i> -2-Nonenal	[4, 12]
118	1-十五醇	1-Pentadecanol	[4, 12]
119	壬酸	Nonanoic acid	[4, 12]
120	反-顺-2,6-壬二烯醛	(2 <i>E</i> ,6 <i>Z</i>)-Nona-2,6-dienal	[4, 12]
121	癸醛	Decyl aldehyde	[4, 12]
122	溴化香叶酯	Geranyl bromide	[4, 12]
123	柏木脑	Cedrol	[4, 12]
124	十五烷	Pentadecane	[4, 12]
125	香叶醇	Geraniol	[4, 12]
126	十八烷	Octadecane	[4, 12]
127	六氢假紫罗酮	6,10-Dimethylundecan-2-one	[4, 12]
128	十三醛	Tridecanal	[4, 12]
129	十二醇	1-Dodecanol	[4, 12]
130	1,1-二(对十二烷)十六烷	1,1-Di-(<i>p</i> -dodecyl) hexadecane	[4, 12]
131	4,6-二甲基十二烷	4,6-Dimethyl dodecane	[4, 12]
132	2,4-癸二烯醛	2,4-Decadienal	[4, 12]
133	己酸	Hexanoic acid	[4, 12]
134	(<i>Z</i>)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	(<i>Z</i>)-3,7-Dimethylocta-2,6-dienal	[4, 12]
135	2,6,10-三甲基十四烷	2,6,10-Trimethyltetradecane	[4, 12]
136	8-甲基十七烷	8-Methylheptadecane	[4, 12]
137	6-甲基-2-(2-环氧乙基)-5-庚烯	6-Methyl-2-(2-oxiranyl)-5-heptene	[4, 12]
138	二氢猕猴桃内酯	Dihydroactinidiolide	[4, 12]

续表 4

序号	中文名	英文名	参考文献
139	反式-橙花叔醇	<i>trans</i> -Nerolidol	[4, 12]
140	藏红花醛	Safranal	[4, 12]
141	异香橙烯	(+)-Aromadendrene	[4, 12]
142	二十烷	<i>n</i> -Eicosane	[4, 12]
143	氧化石竹烯	Caryophyllene oxide	[4, 12]
144	壬醇	1-Nonanol	[4, 12]
145	植烷	Phytane	[4, 12]
146	正十三烷	<i>n</i> -Tridecane	[4, 12]
147	苄醇	Benzyl alcohol	[4, 12]
148	1,7,7-三甲基-2-降冰片烯	1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-ene	[4, 12]
149	苯乙醇	Phenethyl alcohol	[4, 12]
150	棕榈酸异丙酯	Isopropyl palmitate	[4, 12]
151	十四烷	Tetradecane	[4, 12]
152	反式-2-辛烯醛	<i>trans</i> -2-Octenal	[4, 12]
153	四甘醇单甲醚	Tetraethyleneglycol monomethyl ether	[4, 12]
154	2,2,2-三氟乙酰胺	2,2,2-Trifluoroacetamide	[4, 12]
155	2,6,11-三甲基十二烷	2,6,11-Trimethyldodecane	[4, 12]
156	5-乙基-2-甲基辛烷	5-Ethyl-2-methyloctane	[4, 12]
157	1-乙酰基-4-环己烯	1-Acetyl-4-cyclohexene	[4, 12]
158	法尼基丙酮	(5 <i>E</i> ,9 <i>E</i>)-6,10,14-Trimethylpentadeca-5,9,13-trien-2-one	[4, 12]
159	3-乙酰基十二烷	3-Acetyldodecane	[4, 12]
160	甲基庚烯酮	6-Methylhept-5-en-2-one	[4, 12]
161	正辛基醚	Diethyl ether	[4, 12]

表 5 多穗柯中的其他类成分

序号	中文名	英文名	参考文献
162	原儿茶酸	Protocatechuic acid	[8]
163	原儿茶醛	Protocatechualdehyde	[8]
164	对羟基安息香醛	<i>p</i> -Hydroxybenzaldehyde	[8]
165	氧杂-4,5,6,7-四氢苯并[B]呋喃-3-羧酸	Oxo-4,5,6,7-tetrahydrobenzo[B]furan-3-carboxylic acid	[8]
166	异阿魏酸	Isoferulic acid	[8]
167	黄麻脂肪酸 F	Corchorifatty acid F	[8]
168	L-苯丙氨酸	L-Phenylalanine	[8]
169	盐酸胡芦巴碱	Trigonelline hydrochloride	[8]
170	α -亚麻酸	α -Linolenic acid	[8]
171	16-羟基棕榈酸	16-Hydroxyhexadecanoic acid	[8]
172	肉豆蔻酸	Myristic acid	[8]
173	棕榈酸	Palmitoleic acid	[8]
174	催吐萝芙木叶醇	Vomifoliol	[4, 12]

症状,多穗柯总黄酮通过减少肠道 L 细胞损伤,保护分泌 GLP-1 的功能,增加 GLP-1 分泌,发挥防治糖尿病的作用。Deng 等^[21]采用高脂饲料+链脲菌素(STZ)制造大鼠糖尿病模型,将多穗柯提取物灌胃进行干预,检测大鼠的体重、血糖、血清胰岛素、血清糖化血红蛋白、血清金属蛋白酶、基质金属蛋白酶水平及胰腺病理等指标,对多穗柯的降糖作用进行评价。结果显示,与模型组比较,多穗柯提取物组的大鼠体重增加,血糖降低,血清糖化血红蛋白及基质金属蛋白酶 9 水平降低,血清胰岛素水平升高,胰腺病理病变明显改善,说明多穗柯具有显著降糖作用,其作用机制可能和改善胰岛功能,促进胰岛素分泌,调控糖化血红蛋白与基质金属蛋白酶 9 水平相关。Chen^[22]研究了多穗柯中根皮

苷对高血糖大鼠的预防作用和治疗作用。发现多穗柯中的根皮苷能明显降低高血糖大鼠的血糖、TC、TG、LDL-C 水平,提高 HDL-C 水平。对高血糖大鼠起到预防、延缓和治疗的作用。Wang 等^[23]对多穗柯叶提取物降低 2 型糖尿病(T2DM)小鼠血糖的机制及活性成分进行研究,初步揭示了多穗柯叶提取物降低 T2DM 小鼠血糖的机制及作用位点,为糖尿病临床治疗提供了理论指导。Wang 等^[24]通过测量血糖、血脂水平、肝功能指标和肝糖原等生化参数,评估了多穗柯叶提取物、根皮苷和三叶苷对实验性 T2DM 小鼠的影响。结果显示,多穗柯叶提取物具有比单独使用三叶苷或根皮苷更好的降血糖作用。多穗柯叶提取物显著增加 T2DM 小鼠的葡萄糖摄取和肝糖原合成,同时也诱导了肝脏糖异生和氧化应激的下降。综上,多项研究从不同角度证实了多穗柯及其活性成分具有显著的降血糖作用,其机制涉及改善胰岛素功能、促进胰岛素分泌、调节糖脂代谢以及抑制肝糖异生等多个方面。

2.2 降血脂

高脂血症是由多种因素引起的血液中胆固醇或三酰甘油水平升高的一种代谢性疾病,它是造成动脉粥样硬化的主要危险因素,同时与冠心病及脑血管疾病的发病率密切相关^[25]。Shen^[26]以 SD 肥胖大鼠为实验动物模型,设置高、中、低剂量的三叶苷灌胃干预,研究三叶苷对高脂饮食诱导肥胖大鼠的减肥作用,并从脂肪代谢基因、激活棕色脂肪组织活性及肠道微生物等 3 个方面探讨三叶苷可能的减肥机制,试验证实了多穗柯三叶苷具有较好的减肥作用,同时还具有降血糖、降血脂及保肝护肝作用。Zhou 等^[27]通过

高脂饮食诱导肥胖,然后用低、中、高剂量的多穗柯叶提取物治疗 8 周,最后通过测量治疗后的体重、空腹血糖、血脂、超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、空腹血清胰岛素和瘦素等指标,结果显示,多穗柯提取物能显著降低肥胖大鼠的血脂水平,减轻体重在治疗饮食性肥胖相关的高脂血症方面具有治疗潜力。综上,通过动物试验证实多穗柯有降低血脂作用。

2.3 降血压

高血压是当前最常见的一种心血管慢性疾病,全球约有三分之一的成年人受到影响,同时高血压也是引起全因死亡和心血管死亡的主要风险因素之一,给人类造成了巨大的社会经济与公共卫生压力^[28]。多穗柯是一种民间草药,在中国传统上被用作治疗高血压的药物。Hou 等^[29]采用多穗柯黄酮提取物对自发性高血压大鼠和血压正常的大鼠进行灌胃治疗,测定血浆肾素、血管紧张素 II、内皮素、一氧化氮、超氧化物歧化酶、丙二醛等活性。结果显示,多穗柯黄酮提取物治疗可显著降低自发性高血压大鼠的血压、血浆肾素活性、血管紧张素 II 及丙二醛水平,同时对大鼠的皮肤微循环也具有一定的改善作用,而对内皮素、一氧化氮以及超氧化物歧化酶水平无明显影响。结果表明,多穗柯黄酮提取物有较好的抗高血压作用,其机制可能与调节肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)和抗氧化系统以及调节皮肤微循环有关,同时多穗柯黄酮提取物对正常血压大鼠无影响。综上,多穗柯能有效降低自发性高血压大鼠的血压,有较好的降血压作用。

2.4 抑菌

Li 等^[30]以不同浓度的乙醇作为提取溶剂来提取多穗柯的有效成分,对大肠埃希氏菌、普通变形杆菌、金黄色葡萄球菌、粪肠球菌、藤黄八叠球菌、枯草芽孢杆菌、白色念珠球菌等供试菌种进行抑菌实验,实验证明多穗柯除了对白色念珠球菌无抑菌作用,对其余 6 种供试菌种均产生了不同程度的抑制作用。通过对 3 种乙醇浓度(体积分数 50%、70%、90%)的提取溶剂考察,发现体积分数 70%的乙醇作为提取溶剂的抑菌效果最好,对藤黄八叠球菌的抑制作用最强,对粪肠球菌、金黄色葡萄球菌的抑制作用次之,对大肠杆菌和普通变形杆菌的抑制作用最差。

2.5 抗氧化

Li 等^[31]通过多穗柯中总黄酮的体内和体外抗氧化研究,证明了穗柯叶总黄酮具有明显的抗氧化效果。Wang 等^[32]研究了不同季节多穗柯中根皮苷的抗氧化活性,采用 DPPH 法对不同时期多穗柯叶中根皮苷提取物的抗氧化活性进行评价。结果显示,四个季节多穗柯叶中的根皮苷都有明显的抗氧化性,且随着季节的推移,多穗柯叶中根皮提取物对 $\text{HO}\cdot$ 和 $\text{O}_2^-\cdot$ 的清除率呈先下降后上升的趋势,春季对 $\text{HO}\cdot$ 和 $\text{O}_2^-\cdot$ 的清除率最高,季节对 DPPH $\cdot$ 清除率影响较小。Shang 等^[33]通过铁还原抗氧化能力(FRAP)和 Trolox 等效抗氧化能力(TEAC)测定多穗柯提取物的抗氧化活性。通过单因素实验研究了多穗柯提取物的溶剂与样品比例、乙醇

浓度、提取温度和提取时间等对 Trolox 等效抗氧化能力(TE-AC)值和铁还原抗氧化能力(FRAP)值。结果显示,溶剂与样品比、提取时间和乙醇浓度均对多穗柯叶提取物的抗氧化活性有直接影响,溶剂与样品比和乙醇浓度对抗氧化活性的影响大于提取时间。此外,采用高效液相色谱-二极管阵列检测对多穗柯提取物中的根皮苷、根皮素和三叶苷进行定性和定量分析,认为它们可能与提取物的抗氧化活性有关。综上,多穗柯具有显著的抗氧化活性,其活性与根皮苷等成分有关,并受季节和提取条件的影响较大。

2.6 抗炎、抗过敏

Liu 等^[34]为探讨多穗柯对脑缺血再灌注损伤(CIRI)中的影响和潜在的机制,建立了雄性大鼠 CIRI 模型,通过神经行为评估、脑梗死体积和神经元形态的测量完成了初步的药效学研究。同时对蛋白质的相互作用、分子对接和 Metascape 数据库获得了多穗柯对缺血性中风的靶点和通路,并进行验证。结果显示,多穗柯的治疗是通过减轻线粒体氧化应激和神经炎症,从而改善 CIRI 大鼠的脑损伤。Fan 等^[35]研究了从多穗柯树叶中分离的主要活性成分三叶苷的抗炎作用及其潜在的作用机制。结果表明,三叶苷可以通过抑制 $\text{NF-}\kappa\text{B}$ 信号通路来减轻脂多糖诱导的炎症反应,减轻了二甲苯致炎小鼠的耳肿胀度、抑制对乙酸所致腹腔毛细血管通透性增大以及扭体次数,起到了较好的抗炎作用。Liu 等^[36]在研究多穗柯总黄酮对 CCl_4 诱导的肝细胞损伤具有很好的保护作用,且该保护作用与减轻氧化应激水平,改善炎症因子的产生,调控 ROS/NLRP3/IL-1 β 信号通路有关。Fang 等^[37]通过利用 2,4-二硝基氟苯建立小鼠变应性接触性皮炎模型评价广西甜茶提取物的抗过敏作用。试验结果显示,多穗柯提取物对 2,4-二硝基氟苯诱发的耳肿胀具有明显的抑制作用,并且能有效改善因过敏反应引起的血管通透性增加,说明多穗柯可以有效地抑制 DNFB 引起小鼠的过敏反应。综上,多穗柯及其活性成分在多种实验模型中显示出了显著的抗炎和抗过敏药理活性,表明其在抗炎和抗过敏上具有潜在的药用开发价值。

2.7 抗癌

Lin 等^[38]对多穗柯叶提取物(LPAE)的抗癌活性及其作用机制进行了研究,分别在体外和体内测试了 LPAE 对乳腺癌的生长抑制。实验结果显示,LPAE 治疗后,癌症细胞的增殖和集落形成减少,凋亡细胞增加,DNA 片段化明显;PPAR γ 、Bax 和 caspase-3 基因的 mRNA 和蛋白表达增加,而周期蛋白 D1 和 Bcl-2 基因的表达减少;在体内实验中,LPAE 抑制了人乳腺癌的生长。结果表明,LPAE 在体外对人乳腺癌细胞具有潜在的细胞毒性和凋亡作用,并在体内抑制癌症的生长,其作用机制可能与通过上调 PPAR γ 、Bax 和 caspase-3 基因的 mRNA 和蛋白表达以及下调周期蛋白 D1 和 Bcl-2 基因的表达诱导癌症细胞凋亡有关。Wang 等^[39]通过分子对接研究显示,从多穗柯叶中分离得到的三叶苷可能是 SGLT1 和 SGLT2 的新型抑制剂,它在体外和体内显著减少了对葡萄糖的摄取,同时也选择性地诱导了

HepG2 细胞的增殖。Jia 等^[40]通过研究发现,根皮苷可能通过抑制 JAK2/STAT3 信号通路发挥抗肿瘤作用。根皮苷通过拮抗 JAK2/STAT3 信号通路抑制细胞增殖、侵袭、迁移、自噬并激活凋亡,因此多穗柯中的根皮苷可能成为一种有效的食管癌细胞抑制剂。综上,多穗柯及其活性成分在体内外均显示出较好的抗癌能力,其作用机制包括诱导癌细胞凋亡、抑制增殖与转移,以及调控 PPAR γ 、Bcl-2 和 JAK2/STAT3 等相关基因与信号通路。

2.8 毒理作用

Liang 等^[41]通过急性毒性和长期毒性研究分别评价多穗柯黄酮提取物在小鼠和大鼠中的安全性。在给药 26 周后,分析血液学、生化、凝血和器官参数及通过组织病理学评价重要器官。结果显示,在急性毒性研究中,多穗柯黄酮提取物在小鼠中既没有引起显著的中毒症状,也没有死亡;在长期毒性研究中,大鼠口服多穗柯黄酮提取物没有产生明显的慢性毒性反应。此外,与对照组相比,多穗柯黄酮提取物处理组动物的重要器官没有明显的组织学变化,多穗柯黄酮提取物在大鼠中以 $560 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 的剂量可能存在轻微的副作用。总体结果表明,多穗柯黄酮提取物在雄性 SD 大鼠无观测不良反应水平为 $140 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3 质量控制研究

多穗柯作为临床常用的中草药,质量影响因素较为复杂。研究发现,不同产地、不同采收期、不同光因子、不同栽培方法、不同干燥方法、不同提取方法、不同施肥因素、不同加工工艺等对多穗柯的质量均具有一定的影响。多穗柯质量研究已有较多报道,本文将从以上因素着手对多穗柯的质量控制研究进行总结概括。

3.1 不同产地

Wei 等^[42]采用高效液相色谱-二极管阵列检测结合化学计量分析来评价 10 个不同地区 26 批次多穗柯嫩叶和花序中的儿茶素、异槲皮苷、黄芩苷、根皮苷、三叶苷和根皮素的含量,发现不同产地的多穗柯有效成分存在显著的差异。Yuan 等^[43]对全国 6 省份 11 个地理种源的多穗柯叶片表型以及叶片中根皮苷、三叶苷、二氢查耳酮(DHC)的含量进行测定,并对 11 个种源产地多穗柯的各项指标进行分析。结果显示,不同种源的多穗柯叶的表型及生物活性成分含量均存在显著差异。Wang 等^[7]考察了国内 6 个省份 30 个产地多穗柯在同等立地栽培环境下的树高、地径、产量、根皮苷含量及三叶苷含量,发现各指标均存在显著性差异,说明产地对多穗柯的质量具有较大影响。

3.2 不同采收期

Xu 等^[44]收集不同采收期的多穗柯药材,通过测定总黄酮含量、3-OH 根皮苷含量、根皮苷含量、指纹图谱的共有峰总峰面积为指标,确定最佳采收期。结果显示,多穗柯叶总黄酮含量随季节的变化较为明显,8 月份总黄酮的含量最高;根皮苷在 2 月、4 月、7 月和 10 月含量较高;而 3-OH 根皮苷的含量在 10 月最高。

3.3 不同光因子

光质对植物的生长发育至关重要,尤其对黄酮类化合物积累的影响明显。Zhang^[45]对在不同光质、光强、光周期培养下的多穗柯叶样本进行分析,结果显示,多穗柯在红光和蓝光条件下,多穗柯根皮苷含量均降低,在绿光下培养,多穗柯根皮苷含量增加;根皮苷含量随着日光照时长的增加而增加,适当延长光照时间有利于根皮苷的积累;光强 $1\,000 \text{ lx}$ 组中的根皮苷含量显著高于光强 $2\,000 \text{ lx}$ 和光强 $3\,000 \text{ lx}$ 两个光强处理组,适当降低光照强度可促进根皮苷含量积累。

3.4 不同栽培方法

Xu 等^[44]考察了人工栽培和野生两种不同环境下生长多穗柯药材的质量,通过测定总黄酮、根皮苷、3-OH 根皮苷含量对其进行评价,结果显示,从人工栽培多穗柯中的总黄酮、根皮苷、3-OH 根皮苷含量均高于野生的。

3.5 不同施肥因素

Zeng 等^[46]利用代谢组学和转录组学分析了氮肥作用下多穗柯叶中根皮苷生物合成的调控机制,随着氮肥施用量的增加,多穗柯叶中根皮苷含量先增加后减少,结果显示,每株 75 mg 的施氮量多穗柯总的根皮苷含量最高。同时,通过 UPLC-MS/MS 分析显示,在不施肥和施肥的情况下生长的植物中,有 42 种黄酮类化合物存在显著差异,并且施氮增加了主要生物活性代谢物的数量,尤其是根皮苷。

3.6 不同干燥方法

多穗柯常用的干燥方法包括晒干和阴干,Xu 等^[44]考察了晒干和阴干两种方法中总黄酮、根皮苷及 3-OH 根皮苷含量的差异,结果显示,晒干和阴干两种方法加工的多穗柯中总黄酮、根皮苷及 3-OH 根皮苷含量无明显差异,说明多穗柯叶在采收后选择阴干和晒干均可,该干燥方法对多穗柯叶的质量影响不大。

3.7 不同提取方法

Wang 等^[47]研究超声波辅助法对多穗柯根皮苷提取率的影响,分别考察了提取时间、提取温度、料液比、超声波功率等对根皮苷提取率的影响。研究结果显示,各因素对多穗柯根皮苷提取率的影响从大到小依分别为提取时间、提取温度、提取功率、料液比。Shan 等^[48]采用单因素及正交实验对超临界 CO_2 萃取多穗柯黄酮进行工艺优化,确定多穗柯黄酮的最佳工艺条件为夹带剂添加量为 $3.0 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ 、萃取压力为 25 MPa 、萃取温度为 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 、萃取时间为 180 min ,此工艺参数下提取的黄酮含量为 10.95% ,与普通提取法相比多穗柯黄酮提取率提高 1.51% ,各因素对多穗柯黄酮提取率的影响大小依次为:萃取压力 > 萃取温度 > 夹带剂添加量 > 萃取时间。

3.8 不同加工工艺

Fang 等^[49]以晾干、炒制和发酵的 3 种多穗柯为样品,采用顶空气相色谱-离子迁移谱和主成分分析定性和定量地对其挥发性成分进行分析,考察了不同加工工艺对多穗柯挥发性成分的影响。结果显示,不同加工工艺样品的挥

发性成分有差异,多穗柯叶在不同的加工条件下产生热分解和一系列化学反应。

4 总 结

多穗柯在广西等地拥有长期且丰富的民间用药实践基础,展现了其独特的药用价值。然而,与黄芪、人参等大宗传统中药材相比,多穗柯的现代科学研究仍处于初步阶段,系统性不足,研究广度和深度均有待拓展。目前,国内外学者对其研究焦点主要集中于黄酮类化学成分,该类成分已被证实具有降血糖、降血脂、降血压、抗氧化、抗炎及抗癌等多种药理活性。尽管已有研究在化学成分提取分离、药理活性验证及初步质量控制方面取得了一定成果,但仍存在若干关键科学问题尚未解决。首先,药效物质基础尚未完全明确。多穗柯中除目前发现的黄酮类、三萜及甾类、多酚类等外,是否还存在其他结构类型活性成分,以及各成分间的相互作用机制,目前知之甚少。其次,化学成分在体内的动态过程研究薄弱,包括吸收、分布、代谢和排泄特性、生物转化途径以及真正起效的活性形态等,均缺乏系统研究,这严重制约了其作用机制的深入阐释与新药研发进程。再次,在质量控制方面,现有研究多局限于单一指标成分定量或初步指纹图谱分析,尚未建立反映多成分、多功效整合模式的质量评价体系,难以科学保障药材及其产品的批次一致性与临床疗效稳定性。

本研究系统梳理了近年来多穗柯在化学成分、药理活性及质量控制 3 个维度的研究进展,并尝试对三者之间的内在联系进行初步探讨:化学成分是药理作用的物质基础,药理效应是化学成分的生物表现,而质量控制则是连贯从药材到药效的关键保障。三者构成一个相互关联的有机整体,任何一者的研究滞后都会制约整体研究的深入。

基于当前存在的空白与挑战,未来研究可重点关注以下方向:一是运用现代色谱、光谱及谱效关系技术深入挖掘其药效物质;二是加强体内外代谢研究,明确活性成分及其作用靶点;三是构建基于药效的多指标质量控制与标准化体系,推动药材标准化进程;四是开展临床前安全性评价及临床试验,为其成药性开发和临床应用提供坚实依据。

综上所述,多穗柯作为一种极具潜力的民族药资源,通过化学、药理学与质控研究的深度融合与交叉创新,不仅有助于阐明其传统用药经验的科学内涵,也将为创新药物开发和现代中医药产业发展提供新的思路与资源。

REFERENCES

- [1] IB-CAS. *Iconographia Cormophytorum Sinicorum*, Vol II(中国高等植物图鉴 第一册) [M]. Beijing: Science Press, 1972: 434.
- [2] Flora Reipublicae Popularis Sinicae Editorial Committee (1977). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Vol. 22(中国植物志, 第 22 卷) [M]. Beijing: Science Press, 1977: 201.
- [3] HE C, PENG Y, XIAO W, *et al.* Research progress on *Lithocarpus polystachyus* sweet tea [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2012, 23(5): 1253-1255.
- [4] YAN N, WANG Z, GAO X, *et al.* Analysis of the volatile components of *Lithocarpus polystachyus* Rehd. and a preliminary study of their anticancer activity [J]. *Mod Food Sci Technol*(现代食品科技), 2017, 33(3): 35-39, 73.
- [5] Editorial Board of Chinese Materia Medica, State Administration of Traditional Chinese Medicine. *Chinese Materia Medica*(Vol. 5)(中华本草, 第五卷) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1999: 430-431.
- [6] ZHANG L, QIN C, LI Kaixiang: efficacy and promotion of sweet tea [J]. *For Guangxi*(广西林业), 2017(2): 18-19.
- [7] WANG K, HUANG X L, LI B C, *et al.* Analysis and evaluation of main economic traits and active components of 30 *Lithocarpus polystachyus* provenances [J]. *Southwest China J Agric Sci*(西南农业学报), 2019, 32(5): 1051-1056.
- [8] FANG H L. Chemical Component identification and Anti-diabetic Evaluation of *Cyclocarya paliurus*(Batal.) Iljinska and *Lithocarpus polystachyus* [D]. Jishou: Jishou University, 2021.
- [9] YOU X Y. Studies on Chemical Constituents of *Lithocarpus litseifolius* [D]. Guangzhou: Jinan University, 2019.
- [10] WEI W W. Chemical Constituents from the Aerial Parts of *Curcuma longa* L. and Flavonoids from *Lithocarpus litseifolius* [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2015.
- [11] LI S H, WU X J, YANG Q D, *et al.* Studies on the chemical constituents of *Lithocarpus polystachyus* [J]. *J Chin Med Mater* (中药材), 2010, 33(4): 549-551.
- [12] YAN N. Isolation and Identification Potential Anticancer and Anti-inflammatory Bifunctional Natural Phytochemicals from *Lithocarpus polystachyus* Rehd. [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [13] SHANG A, LIU H Y, LUO M, *et al.* Sweet tea (*Lithocarpus polystachyus* Rehd.) as a new natural source of bioactive dihydrochalcones with multiple health benefits [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2022, 62(4): 917-934.
- [14] SHEN H, HUANG L, DOU H, *et al.* Effect of trilobatin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd on gut microbiota of obese rats induced by a high-fat diet [J]. *Nutrients*, 2021, 3(3): 891.
- [15] YANG J Y, ZhONG Y T, HAO W N, *et al.* The PI3K/Akt and NF- κ B signaling pathways are involved in the protective effects of *Lithocarpus polystachyus* (sweet tea) on APAP-induced oxidative stress injury in mice [J]. *RSC Adv*, 2020, 10(31): 18044-18053.
- [16] WANG L, XU Z Y, WEI Y Z, *et al.* Trilobatin induces apoptosis and attenuates stemness phenotype of acquired gefitinib resistant lung cancer cells via suppression of NF- κ B pathway [J]. *Nutr Cancer*, 2022, 74(2): 735-746.
- [17] ZHANG J. Identification and functional analysis of glycosyltransferases that catalyze glycosylation of phloretin in *Lithocarpus polystachyus* Rehd. [D]. Tangshan: North China University of Science and Technology, 2023.
- [18] PADHI S, NAYAK A K, BEHERA A. Type II diabetes mellitus: a review on recent drug based therapeutics [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 131: 110708. DOI: 10.1016/j.biophn.2020.110708.
- [19] WU Y M, CHEN Y H, XU H S, *et al.* A review of Astragalus Polysaccharides in the treatment of type 2 diabetes [J]. *Yunnan J Tradit Chin Med*(云南中医中药杂志), 2024, 45(9): 94-98.
- [20] CHEN J M, LI Y J. Effects of total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* on glucagon-like peptide-1 secretion in db/db mice [J]. *Yunnan J Tradit Chin Med*(云南中医中药杂志), 2021, 42(10): 79-82.
- [21] DENG Y Y, WANG L, LV J H, *et al.* Effects of *Lithocarpus polystachyus* on expression of matrix metalloproteinases 8 and 9 in diabetic rats [J]. *J Pharm Res*(药学研究), 2021, 40(9): 567-570, 581.

- [22] CHEN Y. Optimization of extraction process of phloridzin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd and antioxidant and hypoglycemic effects[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2018.
- [23] WANG J F. Studies on the mechanism of blood glucose reduction in T2DM mice with leaf extracts of *Lithocarpus polystachyus* Rehd. [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2017.
- [24] WANG J, HUANG Y, LI K *et al.* Leaf extract from *Lithocarpus polystachyus* Rehd. promote glycogen synthesis in T2DM mice [J]. *PLoS One*, 2016, 11(11) : e0166557.
- [25] YANG H, DONG Y L. The impact of a balanced diet on the nutritional status of patients with hyperlipidemia[J]. *Clin Res(临床研究)*, 2024, 32(7) : 181-184.
- [26] SHEN H L. Study on the weight loss effect and mechanism of trilobatin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd on obese rats induced by high-fat diet[D]. Chongqing: Southwest University, 2021.
- [27] ZHOU C J, HUANG S, LIU J Q, *et al.* Sweet tea leaves extract improves leptin resistance in diet-induced obese rats[J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 145(1) : 386-392.
- [28] LI C, SONG L. Advances in basic research on hypertension[J]. *Chin J Pract Inter Med(中国实用内科杂志)*, 2024, 44(8) : 625-629.
- [29] HOU S Z, XU S J, JIANG D X, *et al.* Effect of the flavonoid fraction of *Lithocarpus polystachyus* Rehd. on spontaneously hypertensive and normotensive rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 143(2) : 441-447.
- [30] LI S H, WU X J, XIANG X J. Study on activity contents and bacteriostasis function of *Lithocarpus polystachyus* [J]. *Food Sci Technol(食品科技)*, 2010, 35(3) : 211-214.
- [31] LI S J, WU X J, ZENG J Y. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of the total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* Rehd. [J]. *Chin Pharm J(中国药理学杂志)*, 2014, 49(9) : 731-735.
- [32] WANG D B, LIU G H, LI B J, *et al.* Content change and antioxidant capacity of phloridzin in *Lithocarpus polystachyus* Rehd. [J]. *Guizhou Sci(贵州科学)*, 2021, 39(1) : 23-26.
- [33] SHANG A, LUO M, GAV R Y, *et al.* Effects of microwave-assisted extraction conditions on antioxidant capacity of sweet tea (*Lithocarpus polystachyus* Rehd.) [J]. *Antioxidants (Basel)*, 2020, 9(8) : 678.
- [34] LIU D, WU W, WANG T, *et al.* *Lithocarpus polystachyus* Rehd. ameliorates cerebral ischemia/reperfusion injury through inhibiting PI3K/AKT/NF- κ B pathway and regulating NLRP3-mediated pyroptosis [J]. *Front Pharmacol*, 2024, 15: 1365642.
- [35] FAN X, ZHANG Y, DONG H, *et al.* Trilobatin attenuates the LPS-mediated inflammatory response by suppressing the NF- κ B signaling pathway [J]. *Food Chem*, 2015, 166: 609-615.
- [36] LIU X D, WEN W J, ZHAO Z J. Protective effect of total flavonoids from *Lithocarpus polystachyus* Rehd. on CCl₄-induced acute liver injury in mice [J]. *Her Med(医药导报)*, 2020, 39(12) : 1626-1630.
- [37] FANG Y G, LU H W, FENG J H, *et al.* Anti-allergic effects of *Rubus suavissimus* extract [J]. *J Chin Med Mater(中药材)*, 2008, 31(5) : 710-714.
- [38] LIN C, WANG L, WANG H, *et al.* *Lithocarpus polystachyus* Rehd leaf aqueous extract inhibits human breast cancer growth *in vitro* and *in vivo* [J]. *Nutr Cancer*, 2014, 66(4) : 613-624.
- [39] WANG L, LIU M, YIN F, *et al.* Trilobatin, a novel SGLT1/2 inhibitor, selectively induces the proliferation of human hepatoblastoma cells [J]. *Molecules*, 2019, 24(18) : 3390.
- [40] JIA Z, XIE Y, WU H, *et al.* Phlorizin from sweet tea inhibits the progress of esophageal cancer by antagonizing the JAK2/STAT3 signaling pathway [J]. *Oncol Rep*, 2021, 46(1) : 137.
- [41] LIANG J, CHEN S X, HUANG S, *et al.* Evaluation of toxicity studies of flavonoid fraction of *Lithocarpus polystachyus* Rehd in rodents [J]. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2017, 88: 283-290.
- [42] WEI M, TUO Y, ZHANG Y, *et al.* Evaluation of two parts of *Lithocarpus polystachyus* Rehd. from different Chinese areas by multicomponent content determination and Pattern recognition [J]. *J Anal Methods Chem*, 2020, 2020: 8837526. DOI: 10.1155. 2020. 8837526.
- [43] YUAN Q Q, LI Y Q, CAI Z M, *et al.* Variation in leaf phenotypic traits and main medicinally active components among different provenances of *Lithocarpus polystachyus*. [J]. *For Sci Technol(林业科技通讯)*, 2025(3) : 1-5.
- [44] XU L F. Study on Fingerprint of effective parts in *Lithocarpus polystachyus* Rehd and preparation of high purity of total flavonoids[D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine, 2016.
- [45] ZHANG Y T. Molecular Mechanism of Light Factor Affecting the Synthesis of Phlorizin from *Lithocarpus polystachyus* Rehd [D]. Tangshan: North China University of Science and Technology, 2020.
- [46] ZENG S, YU L, HE P, *et al.* Integrated transcriptome and metabolome analysis reveals the regulation of phlorizin synthesis in *Lithocarpus polystachyus* under nitrogen fertilization [J]. *BMC Plant Biol*, 2024, 24(1) : 366. DOI: 10.1186/s12870-024-05090-9.
- [47] WANG D B, DAI L L, LI B J, *et al.* Study on the extraction technology of phloridzin from wild *Lithocarpus polystachyus* Rehd in Guizhou [J]. *Chin Wild Plant Res(中国野生植物资源)*, 2020, 39(2) : 38-41.
- [48] SHAN S C, SUN S. Study on the supercritical extraction flavonoids from *Lithocarpus* and its anti-oxidation effect [J]. *Food Res Dev(食品研究与开发)*, 2016, 37(20) : 67-70.
- [49] FANG Z Y, YANG L, LI G Z, *et al.* Analysis on volatile compounds of *Lithocarpus litseifolius* tea by different processing methods [J]. *Guangxi For Sci(广西林业科学)*, 2022, 51(1) : 93-98.

(收稿日期: 2025-08-27)