

# 睡莲属植物化学成分及药理作用研究进展\*

肖双<sup>1</sup>, 徐伊宁<sup>1</sup>, 王凯航<sup>1</sup>, 贺昌英<sup>1</sup>, 耿江南<sup>1</sup>, 苗静<sup>2†</sup>, 李金耀<sup>1</sup>

(1. 新疆大学 生命科学与技术学院 新疆生物资源基因工程重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2. 新疆大学 药学院, 新疆 乌鲁木齐 830017)

**摘要:** 睡莲属植物隶属睡莲科, 分布广泛, 种类繁多, 外观绚丽, 常被作为观赏性植物栽培。随着研究的深入, 发现睡莲属植物不仅具有观赏、食用、制茶等传统使用历史, 还具有较高的药用价值和药物研发潜力。其植物化学研究发现, 睡莲属植物成分丰富, 主要含有黄酮类和多酚类及其衍生物类化合物, 其次含有挥发性成分、有机酸、生物碱等成分, 具有抑菌、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、神经保护、降血糖、保肝等多种药理作用, 其中发挥主要功效的成分是黄酮类、多酚类。通过查阅前人研究, 对睡莲属植物的化学成分及其药理活性进行了梳理归纳及总结, 以此为睡莲属植物更深入的研究提供参考, 为后续的药效研究阐明物质基础。

**关键词:** 睡莲属; 化学成分; 药理作用

**DOI:** 10.13568/j.cnki.651094.651316.2023.12.04.0001

**中图分类号:** R284; R285 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-7675(2025)01-0082-017

**引文格式:** 肖双, 徐伊宁, 王凯航, 贺昌英, 耿江南, 苗静, 李金耀. 睡莲属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 新疆大学学报(自然科学版中英文), 2025, 42(1): 82-98.

**英文引文格式:** XIAO Shuang, XU Yining, WANG Kaihang, HE Changying, GENG Jiangnan, MIAO Jing, LI Jinyao. Research progress on chemical compounds and pharmacological actions in *Nymphaea* genus[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition in Chinese and English), 2025, 42(1): 82-98.

## Research Progress on Chemical Compounds and Pharmacological Actions in *Nymphaea* Genus

XIAO Shuang<sup>1</sup>, XU Yining<sup>1</sup>, WANG Kaihang<sup>1</sup>, HE Changying<sup>1</sup>,  
GENG Jiangnan<sup>1</sup>, MIAO Jing<sup>2</sup>, LI Jinyao<sup>1</sup>

(1. Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering, School of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830017, China; 2. School of Pharmaceutical Sciences, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830017, China)

**Abstract:** *Nymphaea*, which belongs to the family Nymphaeaceae, is widespread and includes a large number of species with a beautiful appearance, and are often cultivated as ornamental plants. With the in-depth study of *Nymphaea*, it is found that *Nymphaea* not only have a history of traditional uses such as ornamental, edible and tea-making, but also have high medicinal value and potential for drug research and development. Its phytochemical research found that *Nymphaea* is rich in composition, mainly containing flavonoids and polyphenols and their derivatives, followed by volatile components, organic acids, alkaloids and other components, with antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, anti-tumor, neuroprotective, hypoglycaemic, hepatoprotective and other pharmacological effects, the flavonoids and polyphenols play an important role in the efficacy of the components. A review of previous studies was conducted to summarize the chemical constituents and pharmacological activities of *Nymphaea* plants. This review was conducted to provide a reference for further research on *Nymphaea* plants and to elucidate the material basis for subsequent pharmacological research.

**Key words:** *Nymphaea*; chemical compounds; pharmacological actions

## 0 引言

睡莲属 (*Nymphaea* L.) 植物为睡莲科 (Nymphaeaceae) 的多年生水生草本, 也是睡莲科植物分布范围最广

\* 收稿日期: 2023-12-04

基金项目: 2023年国家级大学生创新训练计划项目“基于谱效关系的雪白睡莲花胆碱酯酶抑制活性成分研究”; “天山英才”-培养计划 (2023TSYCLJ0043)。

作者简介: 肖双 (1997—), 女, 硕士生, 从事新疆特色药材抗阿尔茨海默症的研究, E-mail: 2423929024@qq.com.

† 通讯作者: 苗静 (1987—), 女, 博士, 副教授, 主要从事天然产物活性成分筛选及功效评价的研究, E-mail: miaoqing-1987@xju.edu.cn.

的属,除南极外,亚洲、非洲、欧洲、美洲和大洋洲均有分布,主要位于温带、亚温带及热带地区<sup>[1]</sup>。睡莲多被栽培于水池中,其花色艳丽多样,包括白色、粉色、紫色、蓝色、红色、黄色等,因其外形优雅美观、颜色亮丽,常作为观赏性植物栽培,但在很多国家,睡莲属植物具有十分悠久的历史,常用于食用、观赏、制茶、药用等。古埃及的某些仪式中,睡莲花(如美洲白睡莲*N. ampla*)被当作可以影响人心理和精神的植物;印度的传统医疗方法中,睡莲属植物可被用来治疗肝病,也可作为食物、药物以及动物饲料<sup>[2]</sup>;在泰国,睡莲属植物常被作为粮食作物,可生食或熟食<sup>[3]</sup>;传统的苏丹医学中,睡莲属植物的叶子常被用来抗菌、抗肿瘤以及治疗痢疾。《维吾尔药志》中,睡莲属植物中的美洲白睡莲*N. ampla*的水提取物对垂体后叶素所致实验性高血压的犬和兔具有明显的降血压作用,且毒性很低,其主要功效表现为清热解毒、镇静安神。

据《中国植物志》记载,睡莲属植物约有35种,其中原产于中国的有5种,分别是白睡莲*N. alba*(分布于河北、陕西、山东、浙江)、雪白睡莲*N. candida*(分布于新疆)、延药睡莲*N. stellata*(分布于安徽、广东、海南、湖北、台湾、云南)、睡莲*N. tetragona*(分布于福建、广东、广西、贵州、海南、河北、黑龙江、河南、湖北、湖南)和齿叶睡莲*N. lotus*(分布于云南南部和西南部)。随着我国城市建设的需要以及人民生活水平的日益提高,越来越多的睡莲种质资源被引进栽培,经各国植物学家的不断选育,睡莲属植物品种至今已有千个以上<sup>[2]</sup>。

我国有着丰富的睡莲资源,多作为观赏植物,现代药理学研究表明睡莲属植物具有抑菌抗炎、抗氧化、保肝、神经保护等多种药理作用。近年来,关于睡莲属植物的系统综述较少,因此,本文整理了睡莲属植物的化学成分及药理作用研究进展,以期对睡莲属植物药理药效成分的深入研究及后续开发利用提供参考。

## 1 化学成分研究进展

通过对睡莲属*Nymphaea* L.化学成分相关的国内外文献进行归纳整理,共总结出342种化学成分,包括以2-苯基色原酮为基础骨架的67种黄酮类化合物(编号1~67),以苯环结构为基础骨架的30种多酚类化合物(编号68~97);目前,从睡莲属植物中共鉴定出180种挥发性物质(编号98~277),主要来源于香水睡莲*N. hybrid*,挥发性成分作为睡莲属中的一大类成分,能够散发迷人的香味,主要为烯烃类、烷烃类、醇类、酮类、醛类、脂类等多种类型,这些挥发性物质可为香气物质的开发利用提供借鉴;以及含有28种有机酸类物质(编号278~305),17种生物碱及衍生物(编号306~322),6种糖类和多元醇类及衍生物(编号323~328),14种甾体及衍生物(编号329~342)。可知睡莲属植物以黄酮类、多酚类和挥发性成分为主,详见表1至表7、图1至图7。这些化合物具有的药理活性包括抗癌、抗炎、抗氧化、抗衰老、抗病毒、抗糖尿病、抗脂肪形成以及神经保护等,可作为药物研发和疾病治疗的宝贵药材之一。

### 1.1 黄酮类化合物

表1 黄酮类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
1	Kaempferol	<i>N. candida</i>	[4]
2	Kaempferol-3-O-(2''-O-galloylrutinoside)	<i>N. candida</i>	[4]
3	Kaempferol-3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranoside	<i>N. candida</i>	[4]
4	Kaempferol-7-O- $\beta$ -D-glucopyranoside-3-(O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-glucopyranoside)	<i>N. candida</i>	[4]
5	Kaempferol-3-O-rutinoside	<i>N. candida</i>	[5]
6	Kaempferol-3-O- $\beta$ -D-glucoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
7	Kaempferol-3-O-(2''-O-acetyl)-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
8	Kaempferol-3-O-(3''-O-acetyl)-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
9	Kaempferol-3-O-galactoside	<i>N. lotus</i>	[8]
10	Kaempferol-3-O-R-L-rhamnopyranoside	<i>N. odorata</i>	[9]
11	Kaempferol-3-O-(3''-O-acetyl)- $\alpha$ -L-rhamnoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
12	Kaempferol-7-O-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
13	Astragalol	<i>N. candida</i>	[5]
14	Quercetin	<i>N. candida</i>	[4]
15	Quercetin-3'-O- $\beta$ -D-xyloside	<i>N. candida</i>	[4]

续表 1

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
16	Quercetin-3-methyl ether 3'-O- $\beta$ -D-xyloside	<i>N. candida</i>	[5]
17	Quercetin-3-methyl ether	<i>N. candida</i>	[10]
18	Quercetin-3-O- $\alpha$ -L-rhamnoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
19	Quercetin-3-O- $\beta$ -D-glucoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
20	Quercetin-3-O-(3''-O-acetyl)-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
21	Quercetin-3-O-(2''-O-acetyl)-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
22	Quercetin-3-O-rhamnoside	<i>N. lotus, N. hybrid</i>	[7-8]
23	Quercetin-3'-O-xyloside	<i>N. lotus</i>	[8]
24	Quercetin-3-O-R-L-rhamnopyranoside	<i>N. odorata</i>	[9]
25	Quercetin-3-O-(6''-O-acetyl)- $\beta$ -D-galactopyranoside	<i>N. odorata</i>	[9]
26	Quercetin-3-O-(3''-O-acetyl)- $\alpha$ -L-rhamnoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
27	Isoquercitrin	<i>N. candida</i>	[11]
28	Annulatin-3'-O- $\beta$ -D-xyloside	<i>N. candida</i>	[11]
29	Rutin	<i>N. candida</i>	[5]
30	Myricetin	<i>N. candida</i>	[4]
31	Myricetin-3'-O- $\beta$ -D-xylopyranoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
32	Myricetin-3-O-(3''-O-acetyl)- $\alpha$ -L-rhamnoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
33	Myricetin-3-O- $\alpha$ -L-rhamnoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
34	Myricetin-3-O- $\beta$ -D-glucoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
35	Myricetin-3-O-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
36	Myricetin-7-O-glucoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
37	Myricetin-3-O-(2''-O-acetyl)-rhamnoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
38	Myricetin-3'-O-(6''-O-p-coumarin)-glucoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
39	Myricetin-3-O-galactoside	<i>N. lotus</i>	[8]
40	Myricetin-3'-O-xyloside	<i>N. lotus</i>	[8]
41	Myricetin-3'-O-(6''-p-coumaroyl)-glucoside	<i>N. lotus</i>	[12]
42	Myricetin-3-O-rhamnoside	<i>N. lotus</i>	[12]
43	Myricetin-3-O-R-L-rhamnopyranoside	<i>N. odorata</i>	[9]
44	Tricin-7-methyl ether	<i>N. candida</i>	[10]
45	Delphinidin-3-O-rhamnosyl-5-O-galactoside	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
46	Delphinidin-3'-O-(2''-O-galloyl- $\beta$ -galactopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
47	Delphinidin-3-O-(2''-O-galloyl- $\beta$ -galactopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
48	Delphinidin-3-O-(2''-O-galloyl-6''-O-oxalyl-rhamnoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
49	Delphinidin-3'-O-(2''-O-galloyl-6''-O-acetyl- $\beta$ -galactopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
50	Delphinidin-3-O-(6''-O-acetyl- $\beta$ -glucopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
51	Delphinidin-3-O-(2''-O-galloyl-6''-O-acetyl- $\beta$ -galactopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
52	Cyanidin-3-O-(2''-O-galloyl-galactopyranoside)-5-O-rhamnoside	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
53	Cyanidin-3'-O-(2''-O-galloyl-6''-O-acetyl- $\beta$ -galactopyranoside)	Folwer of plants in <i>Nymphaea</i> L.	[13]
54	Naringenin	<i>N. alba</i>	[14]
55	Naringenin-5-O-glucoside	<i>N. hybrid</i>	[7]
56	Naringin	<i>N. alba</i>	[14]
57	Luteolin	<i>N. alba</i>	[14]
58	Catechin(+)	<i>N. alba</i>	[14]
59	Epicatechin(-)	<i>N. alba</i>	[14]
60	Apigenin	<i>N. alba</i>	[14]

续表 1

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
61	Orientin	<i>N. alba</i>	[14]
62	(S)-naringenin-5-O- $\beta$ -D-glucoside	<i>N. caerulea</i>	[6]
63	Isosalipurposide	<i>N. caerulea</i>	[6]
64	Isorhamnetin-7-O-galactoside	<i>N. lotus</i>	[8]
65	Isorhamnetin-7-O-xyloside	<i>N. lotus</i>	[8]
66	Isorhamnetin-3-O-xyloside	<i>N. lotus</i>	[8]
67	Chalcononaringenin-2''-O-galactoside	<i>N. lotus</i>	[8]

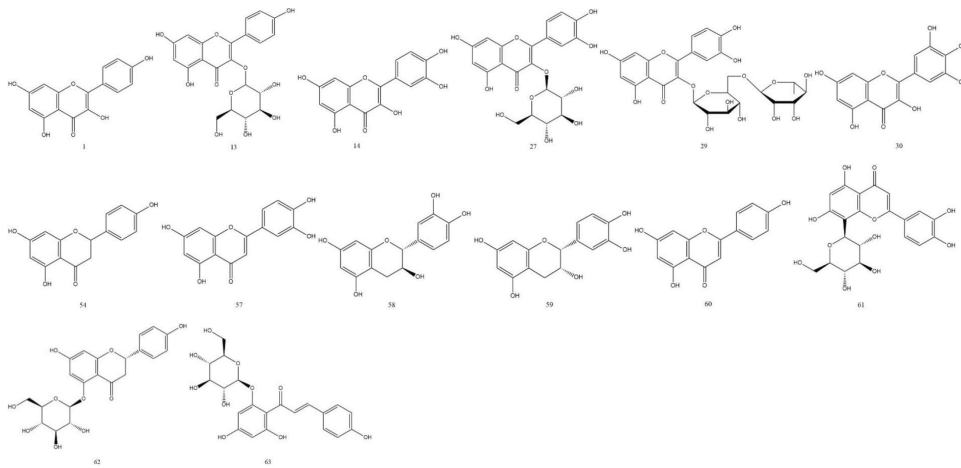


图 1 部分黄酮类化合物的结构式

## 1.2 多酚类化合物

表 2 多酚类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
68	Pentagalloyl glucose	<i>N. lotus</i>	[12]
69	Gallic acid	<i>N. candida</i>	[10]
70	Gallic acid methyl ester	<i>N. hybrid</i> , <i>N. candida</i>	[7, 10]
71	Ethyl gallate	<i>N. caerulea</i>	[6]
72	p-Digalloyl acid	<i>N. candida</i>	[10]
73	m-Digalloyl acid	<i>N. candida</i>	[10]
74	1, 2, 3, 4, 6-Galloyl glucose	<i>N. candida</i>	[11]
75	Ellagic acid	<i>N. candida</i> , <i>N. alba</i>	[11, 14]
76	Ellagic acid rhamnosyl	<i>N. alba</i>	[14]
77	Ellagic acid pentoside	<i>N. alba</i>	[14]
78	Brevifolin	<i>N. candida</i>	[11]
79	Brevifolin carboxylic acid	<i>N. candida</i> , <i>N. hybrid</i>	[7, 15]
80	Methyl brevifolin carboxylate	<i>N. candida</i>	[11]
81	Isostrictiniin	<i>N. candida</i>	[11]
82	Geraniin	<i>N. candida</i>	[11]
83	Arbutin	<i>N. pubescens</i>	[16]
84	3, 4-Dihydroxybenzoic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
85	4-Hydroxybenzoic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
86	4-Hydroxy-3-methoxybenzoic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
87	3-(4-Hydroxyphenyl)propionic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
88	Quinic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
89	Shikimic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]

续表 2

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
90	Hexahydroxydiphenic acid hexoside	<i>N. alba</i>	[14]
91	Castalin	<i>N. alba</i>	[14]
92	Chlorogenic acid	<i>N. alba</i>	[14]
93	Corilagin	<i>N. alba</i>	[14]
94	Caffeic acid	<i>N. alba</i>	[14]
95	p-Coumaric acid	<i>N. alba</i>	[14]
96	Tannic acid	<i>N. alba</i>	[14]
97	4-Methoxybenzoic acid	<i>N. caerulea</i>	[6]

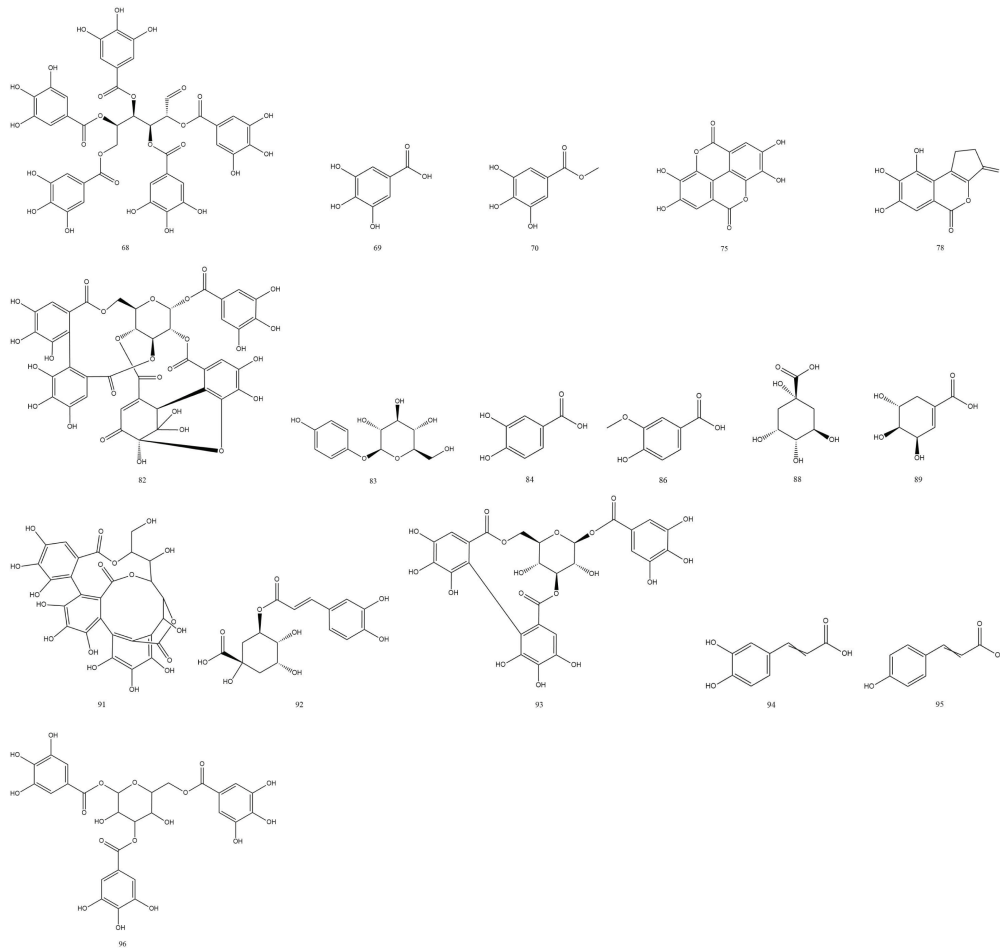


图 2 部分多酚类化合物的结构式

## 1.3 挥发性化合物

表 3 挥发性化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
98	Benzoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
99	2-Propen-1-ol	<i>N. stellata</i>	[17]
100	Pentadecane	<i>N. stellata</i>	[17]
101	Phenol-2, 4-bis(1, 1-dimethylethyl)	<i>N. stellata</i>	[17]
102	6, 9-Heptadecadiene	<i>N. stellata</i>	[17]
103	8-Heptadecene	<i>N. stellata</i>	[17]
104	Heptadecane	<i>N. stellata</i>	[17]
105	Tetradecanoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]

续表 3

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
106	Octadecane	<i>N. stellata</i>	[17]
107	Hexadecane	<i>N. stellata</i>	[17]
108	3, 7, 11, 15-Tetramethyl-2-hexadecane-1-ol	<i>N. stellata</i>	[17]
109	2-Pentadecanone	<i>N. stellata</i>	[17]
110	1, 2-Benzenedicarboxylic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
111	(E, E)-7, 11, 15-Trimethyl-3-methylene-hexadeca-1, 6, 10, 14-teraene	<i>N. stellata</i>	[17]
112	Tridecanoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
113	n-Hexadecanoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
114	Phthalic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
115	(E, E, E)-3, 7, 11, 15-Tetramethyl-hexadecane-1, 3, 6, 10, 14-pentaene	<i>N. stellata</i>	[17]
116	Octadecanal	<i>N. stellata</i>	[17]
117	3, 7, 11, 15-Tetramethyl-(E, E)-1, 6, 10, 14-Hexadecatetraen-3-ol	<i>N. stellata</i>	[17]
118	Kaur-16-ene	<i>N. stellata</i>	[17]
119	n-Heptadecanol-1	<i>N. stellata</i>	[17]
120	Heneicosane	<i>N. stellata</i>	[17]
121	Phytol	<i>N. stellata</i>	[17]
122	(Z, Z)-9, 12-Octadecadienoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
123	Heptacosane	<i>N. stellata</i>	[17]
124	9, 12-Octadecadienoic acid ethyl ester	<i>N. stellata</i>	[17]
125	Ethyl-9, 12, 15-octadecatrienoate	<i>N. stellata</i>	[17]
126	Hentriacontane	<i>N. stellata</i>	[17]
127	Geranylgeraniol	<i>N. stellata</i>	[17]
128	Z-(13, 14-Epoxy)-tetradec-11-en-1-ol acetate	<i>N. stellata</i>	[17]
129	Tetracosane	<i>N. stellata</i>	[17]
130	Calarene epoxide	<i>N. stellata</i>	[17]
131	(Z)-9-Octadecenamide	<i>N. stellata</i>	[17]
132	Eicosanoic acid, ethyl ester	<i>N. stellata</i>	[17]
133	Z-(13, 14-Epoxy)tetradec-11-en-1-ol acetate	<i>N. stellata</i>	[17]
134	2, 2'-Methylenebis(1, 1-dimethylethyl)-4-methyl-phenol	<i>N. stellata</i>	[17]
135	Octacosane	<i>N. stellata</i>	[17]
136	Hexadecanoic acid-2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	<i>N. stellata</i>	[17]
137	1, 2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	<i>N. stellata</i>	[17]
138	1-Monolinoleoylglycerol trimethylsilyl ether	<i>N. stellata</i>	[17]
139	Dodecanoic acid, phenylmethyl ester	<i>N. stellata</i>	[17]
140	Pentacosane	<i>N. stellata</i>	[17]
141	3-Ethyl-5-(2-ethylbutyl)-octadecane	<i>N. stellata</i>	[17]
142	cis-13-Eicosenoic acid	<i>N. stellata</i>	[17]
143	2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3, 5, 5-trimethyl-4-(1-methyl-3-oxo-1-butenyl)	<i>N. stellata</i>	[17]
144	(Z)-13-Docosenamide	<i>N. stellata</i>	[17]
145	1-(Isopentyloxy)ethylene	<i>N. hybrid</i>	[18]

续表 3

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
146	3-Thujene	<i>N. hybrid</i>	[18]
147	1R- $\alpha$ -Pinene	<i>N. hybrid</i>	[18]
148	Sabinene	<i>N. hybrid</i>	[18]
149	$\alpha$ -Phellandrene	<i>N. hybrid</i>	[18]
150	D-Limonene	<i>N. hybrid</i>	[18]
151	$\alpha$ -Terpinene	<i>N. hybrid</i>	[18]
152	Terpinolene	<i>N. hybrid</i>	[18]
153	$\zeta$ -Terpinene	<i>N. hybrid</i>	[18]
154	Megastigma-4, 6(E), 8(E)-triene	<i>N. hybrid</i>	[18]
155	6-Tridecene	<i>N. hybrid</i>	[18]
156	cis-Thujopsene	<i>N. hybrid</i>	[18]
157	7-epi-Sesquithujene	<i>N. hybrid</i>	[18]
158	Cedr-8-ene	<i>N. hybrid</i>	[18]
159	(1S, 5S)-4-Methylene-1-((R)-6-methylhept-5-en-2-yl) bicyclo[3, 1, 0]hexane	<i>N. hybrid</i>	[18]
160	cis- $\alpha$ -Bergamotene	<i>N. hybrid</i>	[18]
161	$\alpha$ -Santalene	<i>N. hybrid</i>	[18]
162	trans- $\alpha$ -Bergamotene	<i>N. hybrid</i>	[18]
163	(+)-Cyclosativene	<i>N. hybrid</i>	[18]
164	Dihydrocurcumene	<i>N. hybrid</i>	[18]
165	cis- $\alpha$ -Farnesene	<i>N. hybrid</i>	[18]
166	(1R, 4R, 5S)-1, 8-Dimethyl-4-(prop-1-en-2-yl)spiro	<i>N. hybrid</i>	[18]
167	Dihydro-aplotaxene	<i>N. hybrid</i>	[18]
168	Isocaryophyllene	<i>N. hybrid</i>	[18]
169	2, 4 $\alpha$ , 5, 6, 7, 8, 9, 9 $\alpha$ -octahydro-3, 5, 5-trimethyl-9-methylene-1 H-Benzocycloheptene	<i>N. hybrid</i>	[18]
170	$\alpha$ -Curcumene	<i>N. hybrid</i>	[18]
171	1-(1, 5-dimethyl-4-hexen-1-yl)-4-methyl-1, 3-Cyclohexadiene	<i>N. hybrid</i>	[18]
172	(-)-Zingiberene	<i>N. hybrid</i>	[18]
173	$\alpha$ -Bisabolene	<i>N. hybrid</i>	[18]
174	(Z)-1-Methyl-4-(6-methylhept-5-en-2-ylidene)cyclohex-1-ene	<i>N. hybrid</i>	[18]
175	(E)-1-Methyl-4-(6-methylhept-5-en-2-ylidene)cyclohex-1-ene	<i>N. hybrid</i>	[18]
176	$\alpha$ -Ylangene	<i>N. hybrid</i>	[18]
177	4-[(1E)-1, 5-Dimethyl-1, 4-hexadienyl]-1-methyl-1-cyclohexene	<i>N. hybrid</i>	[18]
178	$\alpha$ -Patchoulene	<i>N. hybrid</i>	[18]
179	Guaia-6, 9-diene	<i>N. hybrid</i>	[18]
180	1, 7-Hexadecadiene	<i>N. hybrid</i>	[18]
181	1-Hexadecene	<i>N. hybrid</i>	[18]
182	4, 5, 9, 10-dehydro-Isolongifolene	<i>N. hybrid</i>	[18]
183	8, 9-dehydro-9-formyl-Cycloisolongifolene	<i>N. hybrid</i>	[18]
184	9-Nonadecene	<i>N. hybrid</i>	[18]
185	Kaur-15-ene	<i>N. hybrid</i>	[18]
186	(Z)-Hex-3-en-1-ol	<i>N. hybrid</i>	[18]
187	6, 6-dimethyl-Bicyclo[3, 1, 1]hept-2-ene-2-ethanol	<i>N. hybrid</i>	[18]
188	Terpinen-4-ol	<i>N. hybrid</i>	[18]

续表 3

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
189	$\alpha$ -Ionol	<i>N. hybrid</i>	[18]
190	trans-Farnesol	<i>N. hybrid</i>	[18]
191	2-Methyl-6-(4-methylcyclohexa-1,4-dien-1-yl)hept-2-en-1-ol	<i>N. hybrid</i>	[18]
192	trans-Geranylgeraniol	<i>N. hybrid</i>	[18]
193	Elemol	<i>N. hybrid</i>	[18]
194	$\alpha$ -Bisabolol	<i>N. hybrid</i>	[18]
195	trans-Nerolidol	<i>N. hybrid</i>	[18]
196	Cubanol	<i>N. hybrid</i>	[18]
197	cis-9-Tetradecen-1-ol	<i>N. hybrid</i>	[18]
198	(+)-Falcarinol	<i>N. hybrid</i>	[18]
199	3, 7, 11, 15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	<i>N. hybrid</i>	[18]
200	9-Methyltricyclo[4.2.1.1(2, 5)]deca-3, 7-diene-9, 10-diol	<i>N. hybrid</i>	[18]
201	Acetic acid, benzyl ester	<i>N. hybrid</i>	[18]
202	Methyl salicylate	<i>N. hybrid</i>	[18]
203	2, 2, 4-Trimethyl-1, 3-pentanediol diisobutyrate	<i>N. hybrid</i>	[18]
204	1-Hexadecanol, acetate	<i>N. hybrid</i>	[18]
205	Isopropyl palmitate	<i>N. hybrid</i>	[18]
206	2-Methyl-4-pentenal	<i>N. hybrid</i>	[18]
207	Benzaldehyde	<i>N. hybrid</i>	[18]
208	p-Anisaldehyde	<i>N. hybrid</i>	[18]
209	Hexadecanal	<i>N. hybrid</i>	[18]
210	Nonanal	<i>N. hybrid</i>	[18]
211	Acetophenone	<i>N. hybrid</i>	[18]
212	trans-3-Pinanone	<i>N. hybrid</i>	[18]
213	Levoverbenone	<i>N. hybrid</i>	[18]
214	$\alpha$ -Ionone	<i>N. hybrid</i>	[18]
215	4, 4-Dimethyl-3-phenyl-2, 5-cyclohexadien-1-one	<i>N. hybrid</i>	[18]
216	(Z)- $\alpha$ -Atlantone	<i>N. hybrid</i>	[18]
217	2-Heptadecanone	<i>N. hybrid</i>	[18]
218	Heptane	<i>N. hybrid</i>	[18]
219	Tridecane	<i>N. hybrid</i>	[18]
220	Tetradecane	<i>N. hybrid</i>	[18]
221	2-phenyl-Undecane	<i>N. hybrid</i>	[18]
222	o-Cymene	<i>N. hybrid</i>	[18]
223	(1, 1-Dimethylnonyl)benzene	<i>N. hybrid</i>	[18]
224	7-isopropyl-1, 4-dimethyl-Azulene	<i>N. hybrid</i>	[18]
225	9-Octadecyne	<i>N. hybrid</i>	[18]
226	(Z)-3-Heptadecen-5-yne	<i>N. hybrid</i>	[18]
227	10, 12-Pentacosadiynoic acid	<i>N. hybrid</i>	[18]
228	Benzyl alcohol	<i>N. hybrid</i>	[7]
229	Benzeneethanal	<i>N. hybrid</i>	[7]
230	(2-Methoxyvinyl)-Benzene	<i>N. hybrid</i>	[7]
231	4-Methoxy-Benzyl Alcohol	<i>N. hybrid</i>	[7]
232	2-Methoxy-4-Vinyl Phenol	<i>N. hybrid</i>	[7]
233	4, 2-Dimethyl-Benzyl Alcohol	<i>N. hybrid</i>	[7]

续表 3

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
234	2, 6-Dimethyl-6-(4-Methyl-3-Pentenyl) Bicyclo- [3, 1, 1]-Hept-2-ene	<i>N. hybrid</i>	[7]
235	7, 11-Dimethyl-3-Methylene-1, 6, 10-Dodecatriene	<i>N. hybrid</i>	[7]
236	4-(2, 6, 6-Trimethyl-1-cyclohexenyl)-3-butene-2-one	<i>N. hybrid</i>	[7]
237	n-Pentadecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
238	2, 6-Di-Tert-butyl-p-methylphenol	<i>N. hybrid</i>	[7]
239	$\alpha$ -Farnesene	<i>N. hybrid</i>	[7]
240	3-(1, 5-Dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-cyclohexene	<i>N. hybrid</i>	[7]
241	Caryophyllene oxide	<i>N. hybrid</i>	[7]
242	2-(2, 2-Dimethylpropyl)2, 4, 5-trimethyl-1, 3-dioxolane	<i>N. hybrid</i>	[7]
243	6, 9-Heptadecadiene	<i>N. hybrid</i>	[7]
244	9, 12, 15-Octadecatriene-1-ol	<i>N. hybrid</i>	[7]
245	1, 4-Cyclooctadiene	<i>N. hybrid</i>	[7]
246	8-Heptadecene	<i>N. hybrid</i>	[7]
247	n-Heptadecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
248	2-Pentadecanol	<i>N. hybrid</i>	[7]
249	Cyclohexadecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
250	Hexadecyl acetate	<i>N. hybrid</i>	[7]
251	9, 17-Octadecadienal	<i>N. hybrid</i>	[7]
252	9, 12, 15-Octadecatriene acid ethyl ester	<i>N. hybrid</i>	[7]
253	9, 12-Octadecadienoic acid	<i>N. hybrid</i>	[7]
254	9, 12, 15-Octadecatriene trianoic acid	<i>N. hybrid</i>	[7]
255	1, 9-Tetradecadiene	<i>N. hybrid</i>	[7]
256	Docosane	<i>N. hybrid</i>	[7]
257	Octadecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
258	1-Methoxy-4-methylbenzene	<i>N. hybrid</i>	[7]
259	Acetophenone	<i>N. hybrid</i>	[7]
260	Benzyl acetate	<i>N. hybrid</i>	[7]
261	p-Anisaldehyde	<i>N. hybrid</i>	[7]
262	Tridecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
263	cis-3-Hexenyl hexanoate	<i>N. hybrid</i>	[7]
264	Tetradecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
265	4-Methoxy-benzyl alcohol acetate	<i>N. hybrid</i>	[7]
266	trans- $\alpha$ -Bergamotene	<i>N. hybrid</i>	[7]
267	1-(1, 5-Dimethylhexyl)-4-Methylbenzene	<i>N. hybrid</i>	[7]
268	$\gamma$ -Curcumene	<i>N. hybrid</i>	[7]
269	$\alpha$ -Bisabolene	<i>N. hybrid</i>	[7]
270	$\alpha$ -Sesquiphellandrene	<i>N. hybrid</i>	[7]
271	Humulene	<i>N. hybrid</i>	[7]
272	Cadalene	<i>N. hybrid</i>	[7]
273	8-Heptadecene	<i>N. hybrid</i>	[7]
274	2-Phenylundecane	<i>N. hybrid</i>	[7]
275	Hexadecanal	<i>N. hybrid</i>	[7]
276	(3Z)-3-Heptadecen-5-yne	<i>N. hybrid</i>	[7]
277	Eicosane	<i>N. hybrid</i>	[7]

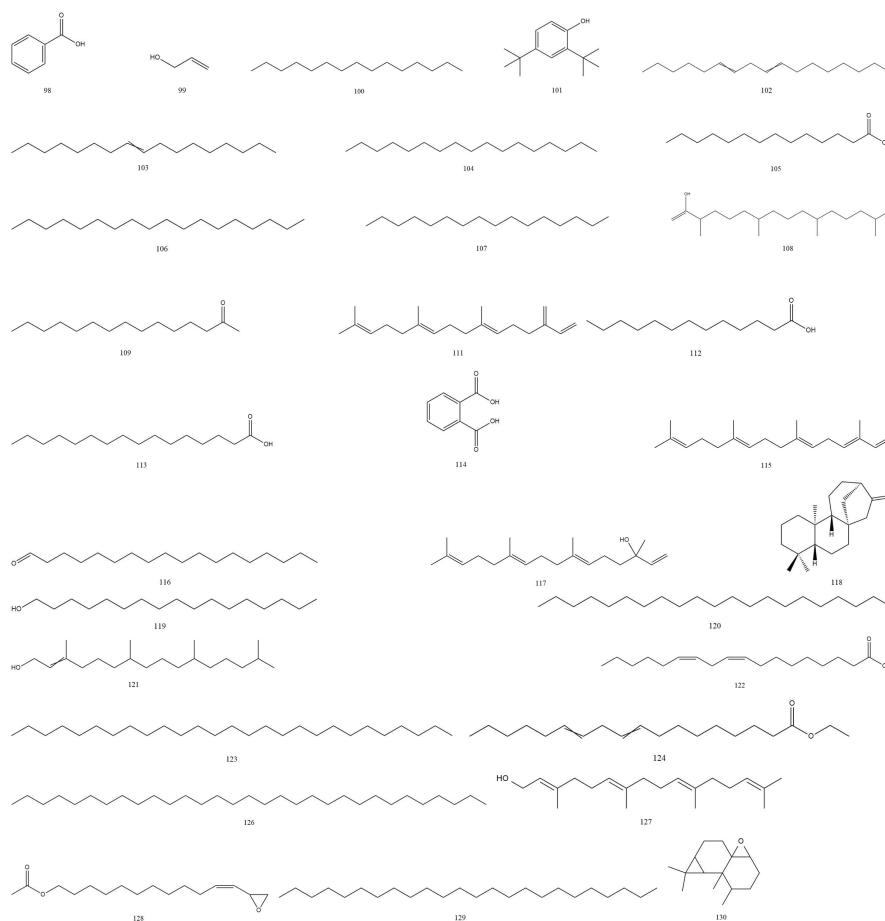


图 3 部分挥发性化合物的结构式

## 1.4 有机酸类化合物

表 4 有机酸类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
278	Citric acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
279	Gluconic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
280	Gluconic acid lactone	<i>N. pubescens</i>	[16]
281	Glyceric acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
282	Glycolic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
283	L-(+)-lactic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
284	2-Isopropylmalic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
285	D-malic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
286	Malonic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
287	Niotinic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
288	Oxalic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
289	6-phosphogluconic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
290	Ribonic acid- $\gamma$ -lactone	<i>N. pubescens</i>	[16]
291	Succinic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
292	Uric acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
293	Ferulic acid	<i>N. alba</i>	[14]
294	Cinnamic acid	<i>N. alba</i>	[14]
295	Pantothenic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
296	Palmitic acid	<i>N. hybrid</i>	[7]
297	Arachidic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]

续表 4

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
298	Behenic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
299	Heptadecanoic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
300	6-hydroxyhexanoic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
301	4-guanidinobutyric acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
302	Lauric acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
303	Linoleic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
304	Oleic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
305	Stearic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]

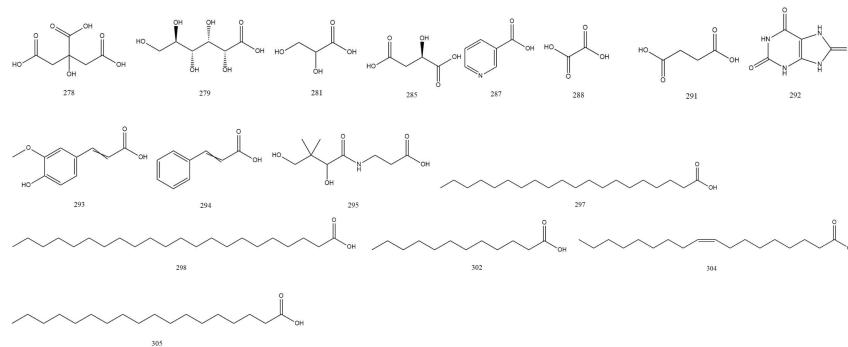


图 4 部分有机酸类化合物的结构式

## 1.5 生物碱及其衍生物类化合物

表 5 生物碱及其衍生物类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
306	L-alanine	<i>N. pubescens</i>	[16]
307	L-asparagine	<i>N. pubescens</i>	[16]
308	$\beta$ -alanine	<i>N. pubescens</i>	[16]
309	Glycine	<i>N. pubescens</i>	[16]
310	DL-isoleucine	<i>N. pubescens</i>	[16]
311	L-leucine	<i>N. pubescens</i>	[16]
312	N-methylalanine	<i>N. pubescens</i>	[16]
313	Phenylalanine	<i>N. pubescens</i>	[16]
314	L-proline	<i>N. pubescens</i>	[16]
315	L-pyroglutamic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]
316	L-serine	<i>N. pubescens</i>	[16]
317	L-threonine	<i>N. pubescens</i>	[16]
318	Tyramine	<i>N. pubescens</i>	[16]
319	L-tyrosine	<i>N. pubescens</i>	[16]
320	L-valine	<i>N. pubescens</i>	[16]
321	Urea	<i>N. pubescens</i>	[16]
322	2S, 3S, 4S-trihydroxypentanoic acid	<i>N. caerulea</i>	[6]

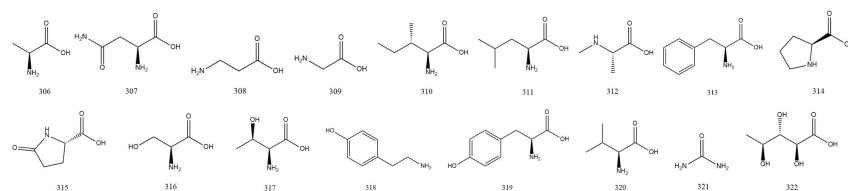


图 5 生物碱及其衍生物类化合物的结构式

## 1.6 糖类和多元醇及其衍生物类化合物

表 6 糖类和多元醇及其衍生物类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
323	Methyl- $\beta$ -D-galactopyranoside	<i>N. pubescens</i>	[16]
324	Sucrose	<i>N. pubescens</i>	[16]
325	D-(+)-trehalose	<i>N. pubescens</i>	[16]
326	Glycerol	<i>N. pubescens</i>	[16]
327	Glycerol 1-phosphate	<i>N. pubescens</i>	[16]
328	Mucic acid	<i>N. pubescens</i>	[16]

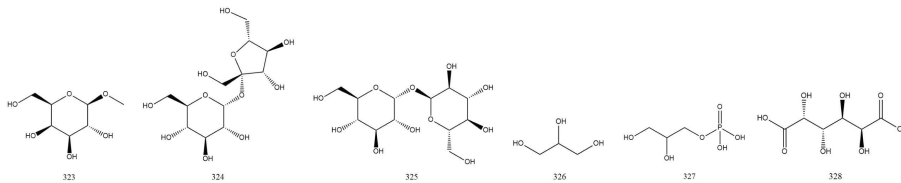


图 6 糖类和多元醇及其衍生物类化合物的结构式

## 1.7 甾体及其衍生物类化合物

表 7 甾体及其衍生物类化合物

编号	化合物英文名	植物来源	参考文献
329	$\alpha$ -Sitosterol	<i>N. stellata</i>	[17]
330	Nymphayol	<i>N. stellata</i>	[19]
331	5, 6-Epoxy-3-hydroxy-(3 $\acute{a}$ , 5 $\acute{a}$ , 6 $\acute{a}$ )-pregnan-20-one	<i>N. stellata</i>	[17]
332	Estradiol	<i>N. pubescens</i>	[16]
333	Ergosterol	<i>N. pubescens</i>	[16]
334	Stigmasterol	<i>N. pubescens</i>	[16]
335	$\beta$ -sitosterol	<i>N. caerulea</i>	[6]
336	$\beta$ -sitosterol palmitate	<i>N. caerulea</i>	[6]
337	24-methylenecholesterol palmitate	<i>N. caerulea</i>	[6]
338	24-methyl-cholesta-5-ene-3-ol-(23, 24, 29)-cyclopropane	<i>N. stellata</i>	[20]
339	24-ethyl-5 $\alpha$ -cholestan-3-one	<i>N. stellata</i>	[21]
340	5 $\alpha$ -stigmast-22-en-3-one	<i>N. stellata</i>	[21]
341	stigmast-5, 22-dien-3-one	<i>N. stellata</i>	[21]
342	4a-methyl-5a-ergosta-7, 24(28)-diene-3b, 4b-diol	<i>N. caerulea</i>	[6]

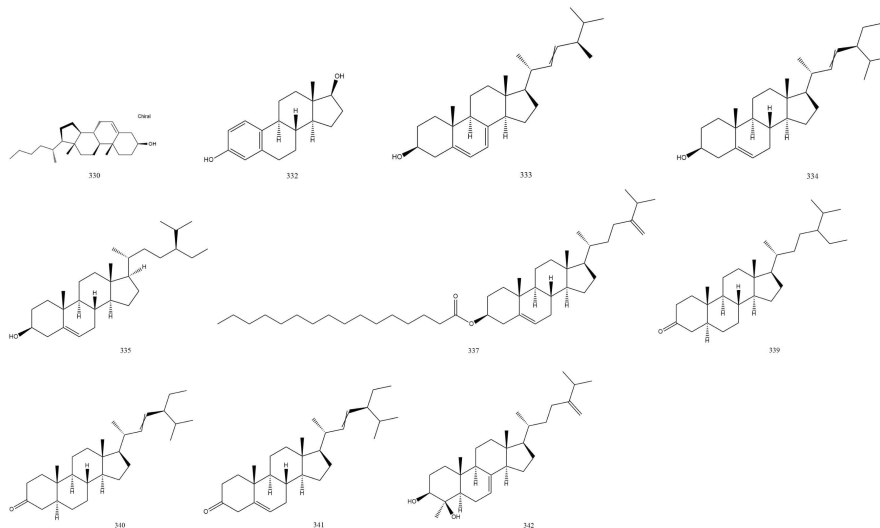


图 7 部分甾体及其衍生物类化合物的结构式

## 2 药理作用

现代药理研究发现,睡莲属植物的根、茎、叶、花、种子部位的提取物以及从中分离的活性成分具有多种药理活性,包括抑菌、抗炎镇痛、抗氧化、抗肿瘤、神经保护、降血糖、保肝等多种作用。

### 2.1 抑菌作用

雪白睡莲 *N. candida* 花的醇提物和水提物,对乳房炎的主要致病菌大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌及链球菌均有抑制作用,且对金黄色葡萄球菌的抑制效果最佳<sup>[22]</sup>。另外,几种睡莲属植物的乙醇提取物都具有较好的抗菌效果。白睡莲 *N. alba* 的无水乙醇提取物能有效抑制单增李斯特氏菌<sup>[23]</sup>。通过琼脂扩散法检测发现,卵叶睡莲 *N. nouchali* 种子的70%乙醇提取物,对铜绿假单胞菌、金黄色葡萄球菌和霍乱弧菌等几种常见的人类致病菌有显著抗菌活性,当提取物浓度达到500  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,对铜绿假单胞菌的抑制效果大于标准品链霉素,对白色念珠菌、青霉菌、癣毛癣菌等真菌的抑制效果与标准品两性霉素相当<sup>[24]</sup>。从 *N. nouchali* 中分离得到20种内生真菌,有8种对金黄色葡萄球菌和蜡样芽孢杆菌具有抗菌活性<sup>[25]</sup>。

### 2.2 抗炎镇痛作用

炎症反应是机体应对感染和损伤时启动的一种防御机制,局部症状表现为红、肿、热、痛以及功能障碍。感染严重时,炎症反应表现为严重的病理过程,如过敏性鼻炎、荨麻疹、类风湿关节炎、系统性红斑狼疮等。据报道,皂苷类、黄酮类、多糖类以及生物碱类等化合物均具有抗炎镇痛作用<sup>[26]</sup>。齿叶睡莲 *N. lotus* 叶的甲醇提取物(NLE),对乙酸诱导的腹膜疼痛和角叉菜胶诱发的足趾肿胀具有明显镇痛作用,并呈剂量依赖性,给药浓度为250  $\text{mg}/\text{kg}$ 和1 000  $\text{mg}/\text{kg}$ 作用2 h后,可显著降低足趾肿胀度,肿胀抑制率分别为35.80%和41.73%<sup>[27]</sup>。另外,从墨西哥睡莲 *N. mexicana* 中分离得到7种酚类化合物,发现naringenin(化合物4)可显著抑制LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞内产生的NO、单核细胞趋化蛋白-1(MCP-1)、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ),以及抑制氧化氮合酶(iNOS)、环氧合酶2(COX-2)和磷酸化ERK的蛋白表达,表明naringenin(化合物4)可能是治疗炎症的成分之一<sup>[28]</sup>。*N. candida* 的多糖和黄酮成分,可以极显著降低二甲苯导致的小鼠耳廓肿胀( $P < 0.01$ ),肿胀抑制率分别为83.11%和65.15%<sup>[29]</sup>。

### 2.3 抗氧化作用

氧化应激损伤已被证明参与多种疾病的发生与发展,因此抗氧化是治疗和改善多种疾病的有效手段之一。研究表明,植物中多酚类物质可通过调节抗氧化反应信号通路和恢复线粒体功能来发挥抗氧化作用<sup>[30]</sup>。*N. lotus* 叶的乙醇提取物(NLE)清除1,1-二苯基-2-苦肼基(DPPH)自由基的能力约为标准品的2倍,抑制脂质过氧化方面比没食子酸强6倍<sup>[31]</sup>。*N. lotus* 中的多糖成分(NCP)在最佳工艺条件下,对DPPH、超氧阴离子( $\text{O}_2^-$ )和羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )的清除率可达50.25%、56.17%和65.48%,表现出较强的抗氧化活性<sup>[32]</sup>。从新疆特色植物 *N. candida* 的乙酸乙酯萃取部位(NCE)分离得到13种酚类化合物,其中8种化合物都表现出比NCE本身更强的抗氧化活性<sup>[10]</sup>。*N. nouchali* 种子的乙醇提取物也具有良好的自由基清除能力,并呈浓度依赖性<sup>[33]</sup>。还有研究表明,*N. nouchali* 的甲醇提取物经分级萃取后得到的乙酸乙酯萃取物NNFE具有强大的抗氧化作用,且能有效防止氧化应激引起的DNA损伤<sup>[34]</sup>。

### 2.4 抗肿瘤作用

Nymphayol是一种甾体化合物,可以从延药睡莲 *N. stellata* 种子中分离得到,其可以选择性抑制人乳腺癌细胞MCF-7,增加细胞中活性氧(ROS)的水平,有效增加细胞周期蛋白依赖性激酶抑制剂2A(Cdkn2a)的早期表达,从而有助于肿瘤抑制因子p53含量的积累<sup>[35]</sup>。而 *N. stellata* 的乙醇提取物,在低浓度下可抑制B16黑色素瘤细胞的侵袭;高浓度时可促进氧化,诱导B16黑色素瘤细胞的凋亡<sup>[36]</sup>,可以作为黑色素瘤药物研发的原料之一。另外,由 *N. alba* 根的提取物制成金纳米颗粒(AuNPRn)具有抑菌、抗癌双重活性,对卵巢癌细胞A2780的存活率呈剂量和尺寸依赖性抑制<sup>[37]</sup>,故可作为药物载体的候选。

### 2.5 神经保护作用

从 *N. candida* 的95%乙醇提取物中分离得到10种黄酮类化合物,并研究了这10种化合物对拟缺血神经细胞的影响,结果显示这些化合物对于皮层原代细胞拟缺血损伤具有显著的保护作用<sup>[38]</sup>。阿尔茨海默症(AD)发病原因之一是乙酰胆碱(ACh)含量减少造成胆碱能系统的破坏,而乙酰胆碱酯酶(AChE)可水解乙酰胆碱、加剧破坏程度,因此,抑制胆碱酯酶的活性成为改善AD的方法之一。Acharya等<sup>[16]</sup>指出, *N. pubescens* 的甲醇提

取物对AChE的抑制活性呈浓度依赖性,并揭示其发挥主要作用的化合物是没食子酸和山奈酚,阐明许多代谢物本身无法抑制AChE,但能够和其它化合物发生协同作用,从而抑制AChE的活性.另外,从睡莲属植物中分离得到的许多化学成分也被证实具有神经保护作用,包括没食子酸<sup>[39]</sup>、槲皮素<sup>[40]</sup>、鞣花酸<sup>[41]</sup>、芦丁<sup>[42]</sup>、老鹤草素<sup>[43]</sup>、紫云英苷、咖啡酸<sup>[44]</sup>等.

## 2.6 降血糖作用

关于睡莲属植物的降血糖作用,当其发挥关键作用的一个成分——Nymphayol,此甾体化合物被发现后,其药理作用便被不断发掘.研究表明,Nymphayol可显著降低血糖水平,对STZ诱导的糖尿病模型大鼠有明显的保护作用,并使其体内胰岛素恢复到正常水平,同时增加了胰腺 $\beta$ 细胞的数量<sup>[19]</sup>.另外,Ishrat等<sup>[45]</sup>对睡莲属植物通过抑制2型糖尿病的关键靶点AGEs以治疗糖尿病的可能性进行了全面综述,阐明睡莲属植物是著名的抗氧化剂,可通过改善氧化应激状态、降低细胞因子水平以及抑制炎症通路等方面发挥治疗糖尿病的作用,其对抗糖尿病的主要机制可能是抗糖基化.

## 2.7 保肝作用

据报道,多种睡莲属植物被发现具有保护肝脏的作用.*N. pubescens*的水提物(NPW)、甲醇提取物(NPM)、氯仿提取物(NPC)中,NPW清除DPPH自由基的效果最佳,且减少了由 $\text{CCl}_4$ 诱导的肝毒性模型大鼠的血清酶含量,同时使谷胱甘肽(GSH)和超氧化物歧化酶(SOD)的含量恢复到正常水平,提示NPW的保肝活性与其抗氧化特性有关<sup>[46]</sup>.*N. candida*乙酸乙酯萃取部位(NCE)可调控BCG+LPS诱导的免疫性肝损伤细胞模型中天冬氨酸转氨酶(AST)、丙氨酸转氨酶(ALT)以及一氧化氮(NO)的含量,发挥体外抗氧化和保肝活性<sup>[10]</sup>,从中分离得到的烟花苷,对刀豆蛋白(Con A)和D-半乳糖胺(D-GalN)诱导的小鼠急性肝损伤具有保护作用<sup>[47]</sup>.而*N. alba*乙醇提取物(AEE)也被证明对 $\text{CCl}_4$ 诱导的雄性Wistar白化大鼠肝毒性具有明显的抑制作用,同时能够改变肝脏的病理学特征,还发现AEE的保肝活性与其抗氧化和抗炎特性相关<sup>[48]</sup>.

## 2.8 其它作用

睡莲属植物除具有上述研究较多的药理作用外,还表现出多种药理活性.新疆特色植物*N. candida*的70%乙醇提取物(NCE)、30%乙醇洗脱部位(NCEA)和50%乙醇洗脱部位(NCEB)对酪氨酸酶均有抑制作用,其中NCEA的抑制效果最好,优于阳性对照5倍<sup>[49]</sup>.*N. hybrid*的乙醇粗提物NHE经AB-8大孔树脂纯化后得到NHEP,并应用CCK-8法检测B16细胞中的黑色素含量,发现NHEP具有美白作用<sup>[50]</sup>.

*N. lotus*的根茎提取物能显著缓解由蓖麻油和硫酸镁引起的腹泻<sup>[51]</sup>,*N. lotus*和*N. alba*均具有缓解焦虑的作用<sup>[52]</sup>.*N. lotus*的水提物除具有缓解焦虑的作用外,对L-NAME诱导的高血压性功能障碍小鼠也具有改善其性功能障碍的作用<sup>[53]</sup>.

体内实验表明,从*N. stellata*中分离得到的Nymphayol,对乙醇诱导的大鼠胃溃疡模型具有很好的保护作用,推测这种保护作用与其抗炎、抗氧化、抗凋亡特性相关<sup>[54]</sup>.

此外,红睡莲*N. rubra*的多糖成分NR-PS与未成熟的DCs细胞共培养后,显著上调了CD80/86和MHC II类等抗原递呈表面分子的表达水平,从而影响DCs的成熟和功能,揭示了NR-PS的免疫增强作用<sup>[55]</sup>.

## 3 结语

睡莲属植物种类繁多,不仅具有较高的观赏价值和食用价值,而且随着睡莲属植物化学成分的不断挖掘,越来越多的成分被发现具有药理活性.其中黄酮类和多酚类的药理活性最为丰富,包括抗炎、抗氧化、神经保护作用等,显示出较高的药用价值.但目前的大部分研究集中在少数几种睡莲属植物,还有大量睡莲属品种的药理活性有待研究和挖掘;对药理活性的研究也集中在粗提物部分,未能深入挖掘药理活性成分以及作用机制,研究基础较为薄弱.同时,现有研究忽略了对挥发性成分药理活性的研究,挥发性成分作为睡莲属植物中的一大类,具有发挥药理活性的潜力,应对该类成分进行更为深入的研究.

综上,睡莲属植物具有较高的药用开发价值,但目前研究不够深入、详细,需要进行更多的成分挖掘以及机制探究,以期有效利用睡莲属这一植物资源,研制出安全、有效的天然药物提供理论依据.

## 参考文献:

- [1] 刘晓然,李岚,周大庆.睡莲属植物资源及栽培应用[J].现代园艺,2022(12):156-158.

- LIU X R, LI L, ZHOU D Q. Resources and cultivation applications of water lilies[J]. *Xiandai Horticulture*, 2022(12): 156-158. (in Chinese)
- [2] 张海平, 房伟民, 陈发棣, 等. 部分睡莲属植物形态性状的多样性分析[J]. *南京农业大学学报*, 2009, 32(4): 47-52.  
ZHANG H P, FANG W M, CHEN F D, et al. Investigation on the morphological diversity of taxa in genus *Nymphaea*[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2009, 32(4): 47-52. (in Chinese)
- [3] LA-ONGSRI W, TRISONTHI C, BALSLEV H. A synopsis of Thai Nymphaeaceae[J]. *Nordic Journal of Botany*, 2009, 27(2): 97-114.
- [4] LIU R N, WANG W, DING Y, et al. A new flavonol glycoside and activity of compounds from the flower of *Nymphaea candida*[J]. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2007, 9(3/4/5): 333-338.
- [5] 赵军, 闫明, 贺金华, 等. 维药睡莲花中的黄酮醇苷类成分分析[J]. *中国现代应用药学*, 2008, 25(2): 115-117.  
ZHAO J, YAN M, HE J H, et al. Flavonol glycosides from the flowers of *Nymphaea candida*[J]. *Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy*, 2008, 25(2): 115-117. (in Chinese)
- [6] AGNIHOTRI V K, ELSOHLY H N, KHAN S I, et al. Antioxidant constituents of *Nymphaea caerulea* flowers[J]. *Phytochemistry*, 2008, 69(10): 2061-2066.
- [7] 余方苗, 徐书敏, 张壮伟, 等. 香水莲花化学成分和药理活性研究进展[J]. *食品与生物技术学报*, 2021, 40(6): 18-24.  
YU F M, XU S M, ZHANG Z W, et al. Advances in study on chemical constituents and pharmacological activities of *Nymphaea hybrida* Peck[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2021, 40(6): 18-24. (in Chinese)
- [8] TUNGMUNNITHUM D, DROUET S, KABRA A, et al. Enrichment in antioxidant flavonoids of stamen extracts from *Nymphaea lotus* L. using ultrasonic-assisted extraction and macroporous resin adsorption[J]. *Antioxidants*, 2020, 9(7): 576.
- [9] ZHANG Z Z, ELSOHLY H N, LI X C, et al. Phenolic compounds from *Nymphaea odorata*[J]. *Journal of Natural Products*, 2003, 66(4): 548-550.
- [10] ZHAO J, LIU T, MA L, et al. Antioxidant and preventive effects of extract from *Nymphaea candida* flower on in vitro immunological liver injury of rat primary hepatocyte cultures[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011, 2011: 497673.
- [11] 赵军, 徐芳, 吉腾飞, 等. 雪白睡莲花酚类成分研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2013, 25(7): 916-918.  
ZHAO J, XU F, JI T F, et al. Studies on phenolic compounds from buds of *Nymphaea candida* Presl[J]. *Natural Product Research and Development*, 2013, 25(7): 916-918. (in Chinese)
- [12] ELEGAMI A A, BATES C, GRAY A I, et al. Two very unusual macrocyclic flavonoids from the water lily *Nymphaea lotus*[J]. *Phytochemistry*, 2003, 63(6): 727-731.
- [13] ZHU M L, ZHENG X C, SHU Q Y, et al. Relationship between the composition of flavonoids and flower colors variation in tropical water lily (*Nymphaea*) cultivars[J]. *PLoS One*, 2012, 7(4): e34335.
- [14] CUDALBEANU M, GHINEA I O, FURDUI B, et al. Exploring new antioxidant and mineral compounds from *Nymphaea alba* wild-grown in Danube delta biosphere[J]. *Molecules*, 2018, 23(6): 1247.
- [15] 陈两绵, 祖里皮亚·塔来提, 玉素甫江·艾力, 等. 维吾尔族药睡莲花中多种活性成分同步测定的质量控制方法建立[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2023, 29(9): 202-209.  
CHEN L M, ZULIPIYA T, YUSUFUJIANG A, et al. Establishment of a quality control method for simultaneous determination of multiple active components in Uygur medicine of *Nymphaeae flos*[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2023, 29(9): 202-209. (in Chinese)
- [16] ACHARYA J, DUTTA M, CHAUDHURY K, et al. Metabolomics and chemometric study for identification of acetylcholinesterase inhibitor(s) from the flower extracts of *Nymphaea pubescens*[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2018, 42(5): e12575.
- [17] 郭玉华, 林妃, 黄素荣, 等. 海南野生延药睡莲花挥发油成分分析[J]. *热带农业科学*, 2021, 41(8): 60-65.  
GUO Y H, LIN F, HUANG S R, et al. Composition analysis of essential oil from flowers of *Nymphaea stellata*, a wild water lily in Hainan[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2021, 41(8): 60-65. (in Chinese)
- [18] 周琦, 赵峰, 张慧会, 等. 香水莲花花香测试条件优化及不同部位挥发性物质成分研究[J/OL]. *分子植物育种*. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220421.1642.025.html>.  
ZHOU Q, ZHAO F, ZHANG H H, et al. Optimization of test conditions and the study on volatile components in different parts of *Nymphaea hybrid*[J/OL]. *Molecular Plant Breeding*. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220421.1642.025.html>. (in Chinese)

- [19] SUBASH-BABU P, IGNACIMUTHU S, AGASTIAN P, et al. Partial regeneration of beta-cells in the islets of Langerhans by Nymphayol a sterol isolated from *Nymphaea stellata* (Willd.) flowers[J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2009, 17(7): 2864-2870.
- [20] VERMA A, AHMED B, UPADHYAY R, et al. Nymphasterol, a new steroid from *Nymphaea stellata*[J]. *Medicinal Chemistry Research*, 2012, 21(6): 783-787.
- [21] CHOWDHURY B N, HAQUE M M, SOHRAB M H, et al. Steroids from the stem of *Nymphaea stellata*[J]. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 2013, 37(1): 109-113.
- [22] 刘丹丹, 罗洁, 向薇薇, 等. 雪白睡莲花粗提物对奶牛乳房炎主要致病菌体外抑菌和抗炎作用[J]. *动物医学进展*, 2021, 42(7): 17-21.
- LIU D D, LUO J, XIANG W W, et al. Antimicrobial and anti-inflammatory effects of crude extract of *Nymphaea candida* on major pathogens in cow mastitis in vitro[J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2021, 42(7): 17-21. (in Chinese)
- [23] BATOOL R, KALSOOM A, AKBAR I, et al. Antilisterial effect of *Rosa damascena* and *Nymphaea alba* in *Mus musculus*[J]. *BioMed Research International*, 2018, 2018: 4543723.
- [24] PARIMALA M, SHOBA F G. In vitro antimicrobial activity and HPTLC analysis of hydroalcoholic seed extract of *Nymphaea nouchali* Burm. f.[J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 14: 361.
- [25] DISSANAYAKE R K, RATNAWEERA P B, WILLIAMS D E, et al. Antimicrobial activities of endophytic fungi of the Sri Lankan aquatic plant *Nymphaea nouchali* and chaetoglobosin A and C, produced by the endophytic fungus *Chaetomium globosum*[J]. *Mycology*, 2016, 7(1): 1-8.
- [26] 王思芦. 天然产物抗炎镇痛作用研究进展[J]. *动物医学进展*, 2013, 34(10): 106-110.
- WANG S L. Progress on anti-inflammatory and analgesic effects of natural products[J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2013, 34(10): 106-110. (in Chinese)
- [27] REGE M G, AYANWUYI L O, ZEZE A U, et al. Anti-nociceptive, anti-inflammatory and possible mechanism of anti-nociceptive action of methanol leaf extract of *Nymphaea lotus* Linn (Nymphaeaceae)[J]. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 2021, 11(2): 123-129.
- [28] HSU C L, FANG S C, YEN G C. Anti-inflammatory effects of phenolic compounds isolated from the flowers of *Nymphaea mexicana* Zucc[J]. *Food & Function*, 2013, 4(8): 1216-1222.
- [29] 张伟, 朱怡萱, 彭菲, 等. 雪白睡莲花活性成分对奶牛乳房炎主要致病菌抑菌和抗炎作用研究[J]. *动物医学进展*, 2022, 43(6): 63-68.
- ZHANG W, ZHU Y X, PENG F, et al. Effects of effective components of *Nymphaea candida* on antibacterial and anti-inflammatory activities of major pathogenic bacteria in cow mastitis[J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2022, 43(6): 63-68. (in Chinese)
- [30] LIU K, LUO M, WEI S. The bioprotective effects of polyphenols on metabolic syndrome against oxidative stress: Evidences and perspectives[J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 2019: 6713194.
- [31] N'GUESSAN B B, ASIAMAHA A D, ARTHUR N K, et al. Ethanol extract of *Nymphaea lotus* L. (Nymphaeaceae) leaves exhibits in vitro antioxidant, in vivo anti-inflammatory and cytotoxic activities on Jurkat and MCF-7 cancer cell lines[J]. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 2021, 21(1): 22.
- [32] 莫晓宁, 李艾, 余启明, 等. 睡莲花多糖的超声波提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. *粮食科技与经济*, 2019, 44(4): 91-94.
- MO X N, LI A, YU Q M, et al. Ultrasound extraction technology and antioxidant activity of polysaccharides from waterlily flower[J]. *Grain Science and Technology and Economy*, 2019, 44(4): 91-94. (in Chinese)
- [33] PARIMALA M, SHOBA F G. Phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of hydroalcoholic seed extract of *Nymphaea nouchali* Burm. f.[J]. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2013, 3(11): 887-895.
- [34] ALAM M, JU M K, LEE S H. DNA protecting activities of *Nymphaea nouchali* (Burm. f) flower extract attenuate *t*-BHP-induced oxidative stress cell death through Nrf2-mediated induction of heme oxygenase-1 expression by activating MAP-kinases[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017, 18(10): 2069.
- [35] AL-HARBI L N, SUBASH-BABU P, BINOBEAD M A, et al. Potential metabolite nymphayol isolated from water lily (*Nymphaea stellata*) flower inhibits MCF-7 human breast cancer cell growth via upregulation of Cdkn2a, pRb2, p53 and downregulation of PCNA mRNA expressions[J]. *Metabolites*, 2020, 10(7): 280.
- [36] AIMVIJARN P, PALIPOCH S, OKADA S, et al. Thai water lily extract induces B16 melanoma cell apoptosis and inhibits

- cellular invasion through the role of cellular oxidants[J]. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 2018, 19(1): 149-153.
- [37] CUDALBEANU M, PEITINHO D, SILVA F, et al. Sono-biosynthesis and characterization of AuNPs from Danube delta *Nymphaea alba* root extracts and their biological properties[J]. *Nanomaterials*, 2021, 11(6): 1562.
- [38] 刘瑞凝, 王伟, 谢伟东, 等. 雪白睡莲花中黄酮类成分抗氧化及拟缺血对神经细胞作用的研究[J]. *世界科学技术*, 2006, 8(5): 33-36+29.
- LIU R N, WANG W, XIE W D, et al. *Nymphaea candida* flavonols: Antioxidation and ischemic injury effect on neurons[J]. *World Science and Technology*, 2006, 8(5): 33-36+29. (in Chinese)
- [39] HONG S Y, JEONG W S, JUN M. Protective effects of the key compounds isolated from *Corni fructus* against  $\beta$ -amyloid-induced neurotoxicity in PC12 cells[J]. *Molecules*, 2012, 17(9): 10831-10845.
- [40] KHAN H, ULLAH H, ASCHNER M, et al. Neuroprotective effects of quercetin in Alzheimer's disease[J]. *Biomolecules*, 2019, 10(1): 59.
- [41] GUPTA A, SINGH A K, KUMAR R, et al. Neuroprotective potential of ellagic acid: A critical review[J]. *Advances in Nutrition*, 2021, 12(4): 1211-1238.
- [42] SUN X Y, LI L J, DONG Q X, et al. Rutin prevents tau pathology and neuroinflammation in a mouse model of Alzheimer's disease[J]. *Journal of Neuroinflammation*, 2021, 18(1): 131.
- [43] YOUN K, JUN M. In vitro BACE1 inhibitory activity of geraniin and corilagin from *Geranium thunbergii*[J]. *Planta Medica*, 2013, 79(12): 1038-1042.
- [44] 杨梦, 郝志友, 周诗琪, 等. 山茱萸果实化学成分及其抗阿尔茨海默症活性研究[J]. *药学学报*, 2022, 57(12): 3608-3615.
- YANG M, HAO Z Y, ZHOU S Q, et al. Chemical constituents from fruits of *Cornus officinalis* and their anti-Alzheimer's disease activity[J]. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 2022, 57(12): 3608-3615. (in Chinese)
- [45] ISHRAT N, KHAN H, PATEL O P S, et al. Role of glycation in type 2 diabetes mellitus and its prevention through *Nymphaea* species[J]. *BioMed Research International*, 2021, 2021: 7240046.
- [46] DEBNATH S, GHOSH S, HAZRA B. Inhibitory effect of *Nymphaea pubescens* Willd. flower extract on carrageenan-induced inflammation and CCl<sub>4</sub>-induced hepatotoxicity in rats[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 59: 485-491.
- [47] ZHAO J, ZHANG S L, YOU S P, et al. Hepatoprotective effects of nicotiflorin from *Nymphaea candida* against concanavalin A-induced and D-galactosamine-induced liver injury in mice[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017, 18(3): 587.
- [48] BAKR R O, EL-NAA M M, ZAGHLOUL S S, et al. Profile of bioactive compounds in *Nymphaea alba* L. leaves growing in Egypt: Hepatoprotective, antioxidant and anti-inflammatory activity[J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 17(1): 52.
- [49] 李倩, 李晨阳, 詹羽娇, 等. 睡莲花提取物对酪氨酸酶的抑制作用及其动力学研究[J]. *日用化学工业*, 2017, 47(4): 219-222.
- LI Q, LI C Y, ZHAN Y J, et al. Inhibitory action of extracts from water lily flower on tyrosinase activity and its kinetics[J]. *China Surfactant Detergent & Cosmetics*, 2017, 47(4): 219-222. (in Chinese)
- [50] LIU H M, LEI S N, TANG W, et al. Optimization of ultrasound-assisted cellulase extraction from *Nymphaea hybrid* flower and biological activities: Antioxidant activity, protective effect against ROS oxidative damage in HaCaT cells and inhibition of melanin production in B16 cells[J]. *Molecules*, 2022, 27(6): 1914.
- [51] BELLO F H, MAIHA B B, ANUKA J A. The effect of methanol rhizome extract of *Nymphaea lotus* Linn. (Nymphaeaceae) in animal models of diarrhoea[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2016, 190: 13-21.
- [52] FAJEMIROYE J O, ADAM K, JORDAN K Z, et al. Evaluation of anxiolytic and antidepressant-like activity of aqueous leaf extract of *Nymphaea lotus* Linn. in mice[J]. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2018, 17(2): 613-626.
- [53] KAMENI P M, DZEUFUET D P D, BILANDA D C, et al. *Nymphaea lotus* Linn. (Nymphaeaceae) alleviates sexual disability in L-NAME hypertensive male rats[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 2019: 8619283.
- [54] ANTONISAMY P, SUBASH-BABU P, ALSHATWI A A, et al. Gastroprotective effect of Nymphayol isolated from *Nymphaea stellata* (Willd.) flowers: Contribution of antioxidant, anti-inflammatory and anti-apoptotic activities[J]. *Chemico-Biological Interactions*, 2014, 224: 157-163.
- [55] CHENG J H, LEE S Y, LIEN Y Y, et al. Immunomodulating activity of *Nymphaea rubra* Roxb. extracts: Activation of rat dendritic cells and improvement of the T<sub>H</sub>1 immune response[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(9): 10722-10735.