

莲不同部位化学成分及药理作用研究进展

黄秀琼^{1,2,3}, 卿志星^{1,4*}, 曾建国^{1,3*}

1. 湖南农业大学 中兽药湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128

2. 邵阳学院食品与化学工程学院, 湖南 邵阳 422000

3. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128

4. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128

摘要: 莲 *Nelumbo nucifera* 为常见的药食同源植物, 主要含有生物碱、黄酮、糖苷、萜类、类固醇、脂肪酸、蛋白质、矿物质和维生素等化学成分, 具有调脂减肥、抑菌、抗炎、抗氧化、止血等药理活性。莲的不同部位包括荷叶、莲子心、荷花、莲子、莲藕、莲房、藕节、荷梗、莲须、莲子皮等, 已报道 385 个化合物, 其中生物碱类化合物 86 个, 黄酮类化合物 133 个, 其他类化合物 166 个。查阅了近 40 年国内外文献, 对莲中已报道的化学成分与药理作用进行归纳总结, 为后续深入研究莲的化学成分、药理活性及相关产品开发利用提供参考依据。

关键词: 莲; 生物碱; 黄酮; 调脂减肥; 抑菌活性; 抗炎活性; 抗氧化活性; 止血活性

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)24-6162-19

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.24.035

Research advances on chemical constituents and pharmacological effects of various parts of *Nelumbo nucifera*

HUANG Xiu-qiong^{1,2,3}, QING Zhi-xing^{1,4}, ZENG Jian-guo^{1,3}

1. Hunan Key Laboratory of Traditional Chinese Veterinary Medicine, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

2. College of Food and Chemistry Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China

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

4. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract: As a common medicine and homologous plant, *Nelumbo nucifera* mainly contains alkaloids, flavonoids, glycosides, terpenes, steroids, fatty acids, proteins, minerals, vitamins and other chemical constituents, with lipid-lowering, antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, hemostasis and other pharmacological activities. After reviewing the literatures at home and abroad for nearly 40 years, 385 compounds have been reported from different parts of *N. nucifera* including lotus leaves, plumula nelumbinis, lotus, lotus seeds, lotus root, lotus seedpod, nelumbinis rhizome node, lotus stem, *N. nucifera* stamens and lotus seed skins. There are 86 alkaloids, 133 flavonoids, and 166 other compounds. In this review, we summarized the chemical constituents and pharmacological effects reported in *N. nucifera*, and it provides a reference for further study on the chemical constituents, pharmacological activity and development and utilization of *N. nucifera*.

Key words: *Nelumbo nucifera* Gaertn.; alkaloids; flavonoids; lipid-lowering weight reduction; antibacterial activity; anti-inflammatory activity; anti-oxidant activity; hemostasis activity

莲 *Nelumbo nucifera* Gaertn. 为睡莲科莲属多年生水生草本植物^[1]。莲子、莲子心、莲房、莲须、荷叶已载入《中国药典》2015 年版第一部^[2], 莲的所有部位, 如果实、种子、根和叶都是可食用的, 并且作为食物已有悠久的历史。目前, 莲子、荷叶

已列入中华人民共和国国家卫生健康委员会公布的药食两用中药名单和可用于保健食品的中药名单中。莲在我国各地均有栽培, 主产于湖北、浙江、江西、福建、湖南等地^[3]。在中国的传统医学中, 莲已被用作解热、镇静、抗菌、止泻和止血剂等用

收稿日期: 2019-04-22

基金项目: 国家重点研发计划资助 (2016YFD0501308); 国家重点研发计划资助 (2017YFD0501500)

作者简介: 黄秀琼 (1987—), 女, 讲师, 博士研究生, 研究方向为天然产物化学。Tel: 15243988919 E-mail: huangxqiong@163.com

*通信作者 卿志星 E-mail: zxqing1219@sina.com

曾建国 E-mail: zengjianguo@hunau.net

途^[4]。现代药理学研究表明莲具有调脂减肥^[4]、降血糖^[5]、抗氧化^[6]、抗病毒^[7]、抑菌抗炎^[3]、抗焦虑和抗抑郁^[8]等作用。莲各部位主要含有生物碱和黄酮类化合物^[9-10]，还包括糖苷、萜类、类固醇、脂肪酸、蛋白质、矿物质和维生素等化合物^[11]。近年来国内外学者对莲各部位的相关研究逐步深入，研究水平也逐步提高，本研究对莲各部位的化学成分和药理作用进行综述，为后续深入研究其化学成分、药理活性及相关产品开发利用提供参考依据。

1 化学成分

通过查阅国内外近 40 年的文献，对莲的药用部位如荷叶、莲子心、莲花、莲子、莲藕、莲房、藕节、荷梗、莲须、莲子皮等的化学成分进行了总结。研究者主要通过高效液相色谱-电喷雾/四极杆飞行时间串联质谱联用 (HPLC-ESI-Q-TOF-MS/MS) 技术^[12]、薄层色谱扫描 (TLCS) 法^[13]、核磁共振波谱 (NMR) 法^[14]、高效液相色谱 (HPLC) 法^[13]、液相色谱-质

谱联用 (HPLC-MS) 法^[15]、气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 法、超高效液相色谱 (UHPLC) 法、HPLC/Q-TOF-MS^[16]、HPLC-DAD-ESI-MS^[17]以及高速逆流色谱 (HSCCC) ^[18]等方法对莲各部位的化学成分进行定性定量分析，发现生物碱类和黄酮类是莲的主要化学成分。

1.1 生物碱类化合物

早期从荷叶中分离得到的单体化合物主要是荷叶碱 (nuciferine)、莲碱 (roemerine) 及 *O*-去甲基荷叶碱 (*O*-normuciferine)。从莲子心中分离得到的单体化合物主要是莲心碱 (liensinine)、甲基莲心碱 (neferine) 及异莲心碱 (isoliensinine)。随着各种分离鉴定技术的推进及对莲研究的深入，国内外学者先后从莲中发现的生物碱已有 86 个，根据母核不同，将莲各部位所含生物碱主要分为 4 类，分别为单苄基异喹啉类、双苄基异喹啉类、阿朴啡类以及去氢阿朴啡类，其名称、存在部位见表 1，结构见图 1。

表 1 莲中的生物碱类化合物
Table 1 Alkaloids from *N. nucifera*

编号	名称	部位	文献
1	荷叶碱 (nuciferine)	荷叶、莲子心、荷梗	19
2	莲碱 (roemerine)	荷叶、莲子心	19
3	<i>O</i> -去甲基荷叶碱 (<i>O</i> -normuciferine)	荷叶、莲子心	16
4	番荔枝碱 (anonaine)	荷叶、莲子心	16
5	北美鹅掌楸尼定碱 (lirinidine)	莲子心、荷梗	12
6	nuciferine- <i>N</i> -methanol	莲房	20
7	<i>N</i> -乙酰-荷叶碱 (nuciferine- <i>N</i> -acetyl)	莲房	20
8	<i>N</i> -乙酰-番荔枝碱 (anonaine- <i>N</i> -acetyl)	莲房	20
9	鹅掌楸宁碱 (caaverine)	荷叶	21
10	oxidation-nuciferine	莲子心	22
11	巴婆碱 (asimilobine)	荷叶、莲子心、莲藕	11
12	甲基巴婆碱 (methyl asimilobine)	莲子、荷叶	11
13	<i>N</i> -甲基巴婆碱 (<i>N</i> -methyl asimilobine)	莲子、荷叶	11
14	roemerine- <i>N</i> -oxide	莲子、荷叶	11
15	<i>N</i> -methyl asimilobine- <i>N</i> -oxide	莲子、荷叶、荷花	11
16	nuciferine- <i>N</i> -oxide	莲子、荷叶、荷花	11
17	莲心碱 (liensinine)	荷叶、莲子心、荷梗	19
18	liensinin	莲子、莲子心、莲藕	19
19	异莲心碱 (isoliensinine)	荷叶、莲子心、荷梗	12
20	norisoliensinine	荷叶、莲子心、荷梗	12
21	6-hydroxynorisoliensinine	荷叶、莲子心、荷梗	12
22	methyl-neferine	莲子、莲子心	11,23
23	nelumboferine	莲子、莲子心	11
24	甲基莲心碱 (neferine)	莲子、莲子心	11
25	negferine	荷叶	11
26	去氢番荔枝碱 (dehydroanonaine)	莲子心、荷叶	24
27	去氢荷叶碱 (dehydronuciferine)	荷叶	24
28	睡莲碱 (nelumnucine)	荷叶、莲子心	14
29	去氢莲碱 (dehydroroemerine)	荷叶	24
30	莲心季铵碱 (lotusine)	荷叶、莲子心、荷梗	1
31	norlotusine	荷叶、莲子心	25

续表 1

编号	名称	部位	文献
32	甲基莲心季铵碱 (methyl lotusine)	荷叶	20
33	亚美罂粟碱 (armepavine)	荷叶、莲子心	16
34	衡州乌药碱 (coclaurine)	莲子心、荷梗	16
35	<i>N</i> -去甲基亚美罂粟碱 (<i>N</i> -norarmepavine)	荷梗	16
36	<i>N</i> -甲基异衡州乌药碱 (<i>N</i> -methylisococlaurine)	荷梗	16
37	<i>N</i> -甲基衡州乌药碱 (<i>N</i> -methylcoclaurine)	荷梗	16
38	异衡州乌药碱 (isococlaurine)	莲子心	12
39	methylhigenamine	莲子心	11
40	去甲乌药碱-6- <i>O</i> -葡萄糖苷 (norcoclaurine-6- <i>O</i> -glucoside)	莲子心	12
41	去甲乌药碱 (norcoclaurine)	莲子心、荷梗	12
42	argemexirine	莲子心、荷梗	12
43	6-demethy-4'-methyl- <i>N</i> -methylcoclaurine	莲子心	22
44	nor- <i>O</i> -methyarmepavine	莲子心	22
45	<i>N</i> -去甲荷叶碱 (nornuciferine)	荷叶、莲子心	7
46	4'- <i>N</i> -甲基乌药碱 (4'- <i>N</i> -methylcoclaurine)	荷叶、莲子	11
47	bromo methyl armepavine	荷叶、莲子	11
48	methoxymethyl lisoquinoline	荷叶、莲子	11
49	higenamine glucoside	莲子心	11
50	鹅掌楸碱 (liriodenine)	莲子心	1
51	7-hydroxydehy dronuciferine	荷叶	11
52	前荷叶碱 (pronuciferine)	荷叶、莲子心、荷梗	16
53	格拉齐文 (glaziovine)	莲子心	26
54	(5,6-dimethoxy-3,10-dihydroindeno isoquinolin-1 (2 <i>H</i>)-yl) methanol	莲子心	26
55	莲明碱 (lysicamine)	莲子心	1
56	<i>N</i> -甲氧基头花千金藤二酮 B (<i>N</i> -methoxycepharadione B)	莲子心	27
57	<i>N</i> -甲基紫堇定 (<i>N</i> -methylcorydaldine)	莲子心	10
58	小檗碱 (berberine)	莲子心	27
59	nelumstemine	莲子心	10
60	<i>N</i> -(2-(phenanthro[3,4- <i>d</i>] [1,3]dioxol-5-yl)ethyl)acetamide	莲房	20
61	(6,7-dimethoxyisoquinolin-1-yl)(4-hydroxyphenyl)methanone	莲房	20
62	头花千金藤二酮 B (cepharadione)	荷叶	11
63	哈尔满碱 (loturine)	莲子心	11
64	thalifoline	莲子心	22
65	oleracein E	荷叶	4
66	水苏碱 (stachydrine)	莲子	28
67	左旋肉碱 (carnitine)	莲子	28
68	2-甲基吲哚-3-甲醛 (2-methyl-3-formylindole)	莲子心	29
69	甲基紫堇杷灵碱 (methylcorypallone)	莲子心	30
70	6,7-dimethoxy-3,4-dihydroisoquinolin-1(2 <i>H</i>)-one	莲房	20
71	<i>trans</i> - <i>N</i> -feruloyltyramine	荷叶	4
72	<i>cis</i> - <i>N</i> -feruloyltyramine	荷叶	4
73	dehydroxyl <i>trans</i> - <i>N</i> -coumaroyl tyramine	莲房	20
74	<i>trans</i> - <i>N</i> -coumaroyltyramine	莲房	4
75	<i>cis</i> - <i>N</i> -coumaroyltyramine	荷叶	4
76	didesmethylniferine	—	23
77	蝙蝠葛碱 (dauricine)	莲子心	11
78	neoliensinine	—	31
79	niferine- <i>N</i> -oxide	荷梗	2
80	norisoliensinin	—	23
81	isococlaurine-5'- <i>O</i> -pentoside	莲子心	22
82	norjuziphine	荷花	11
83	coclaurine-5'- <i>O</i> -pentoside	莲子心	22
84	cinnamoyl-4-(2-aminoethyl)phenol	莲子心	1
85	烟酰胺 (nicotinamide)	莲子心	32
86	telazoline	荷梗	33

“—” 表示该化合物在莲中存在的部位不明确

“—” indicates that the compound's location in *N. nucifera* is unclear

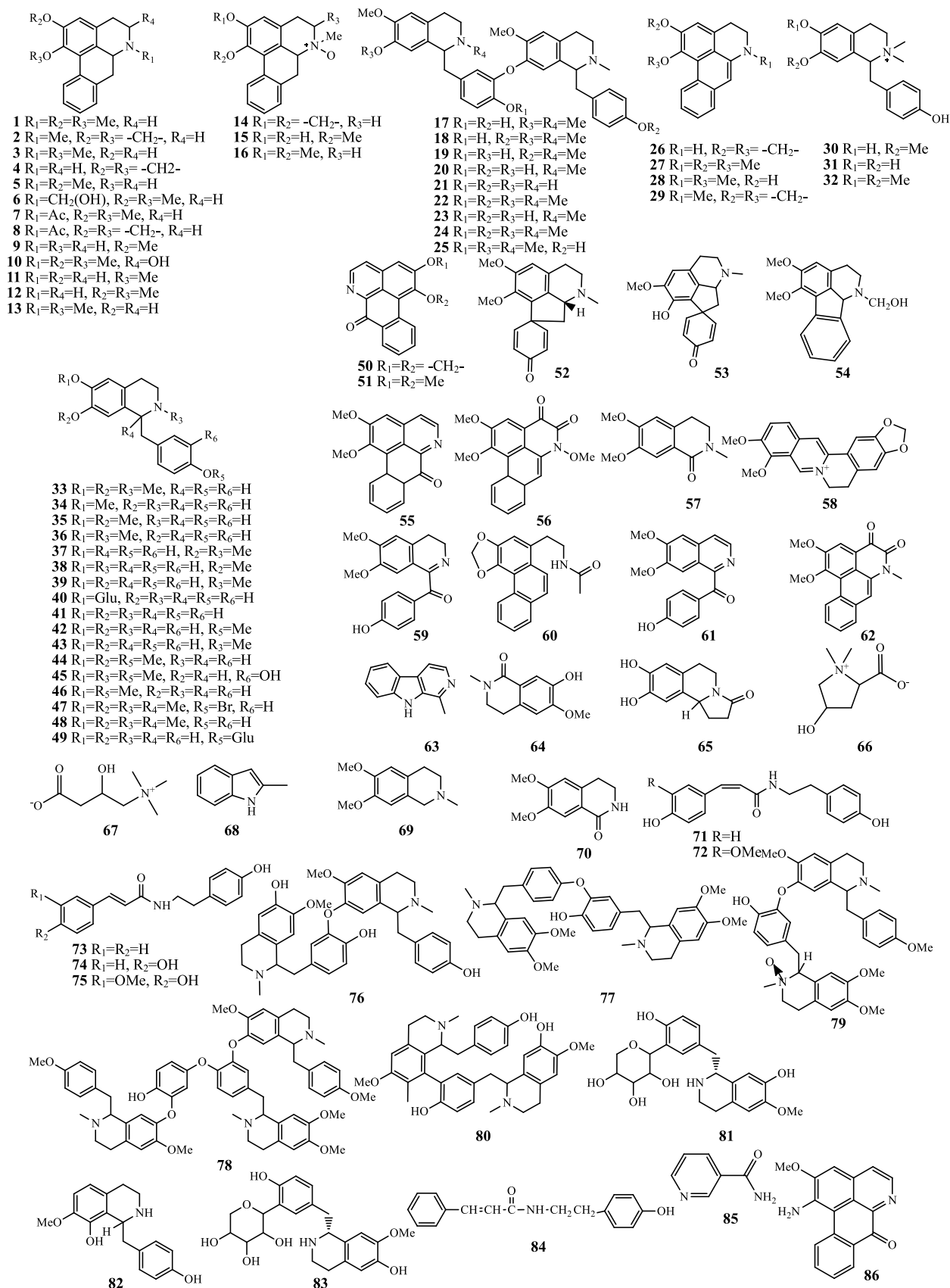


图 1 莲中的生物碱类化合物结构

Fig. 1 Structures of alkaloids from *N. nucifera*

1.2 黄酮类化合物

莲不同部位含有较多的黄酮类化合物, 迄今为止, 从莲中报道的黄酮类化合物共有 133 个, 其中大部分是以槲皮素为母核, 糖链主要有阿拉伯糖基、

木糖基、半乳糖基、葡萄糖基、鼠李糖基、葡萄糖醛酸基、芸香糖基等, 也有山柰酚和杨梅素为母核的衍生化合物。这些化合物的名称、存在部位见表 2, 结构见图 2。

表 2 莲中的黄酮类化合物
Table 2 Flavonoids from *N. nucifera*

编号	名称	部位	文献
87	异鼠李素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖 (isorhamnetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucoside)	荷叶、莲子心、荷梗	34
88	木犀草素-4'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -(4'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖)-葡萄糖苷 (luteolin-4'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -gluco-glucoside)	莲子心	1
89	木犀草素-7- <i>C</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖苷 (luteolin-7- <i>C</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside)	莲子心	30
90	5,7-dihydroxyloside-4-methoxylosideflavone-3- <i>O</i> -[α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl]-β- <i>D</i> -glucopyranosid	莲子心	30
91	杨梅素-3- <i>O</i> -半乳糖苷 (myricetin-3- <i>O</i> -galactoside)	荷叶、莲心、荷花	35
92	柯伊利素-7- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 (chrysoeriol-7- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside)	荷叶	36
93	杨梅酮-3- <i>O</i> -葡萄糖苷 (myricetin-3- <i>O</i> -glucoside)	荷花	35
94	quercetin-3-β- <i>D</i> -arabinopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	荷花	35
95	丁香亭-3- <i>O</i> -葡萄糖醛酸苷 (syringetin-3-glucuronide)	荷花	35
96	芹菜素-6,8-二- <i>C</i> -葡萄糖苷 (apigenin-6,8-di- <i>C</i> -glucoside)	荷花	35
97	木犀草素-6- <i>C</i> -葡萄糖-8- <i>C</i> -戊糖苷 (luteolin-6- <i>C</i> -glucose-8- <i>C</i> -pentoside)	荷花	35
98	木犀草素-6- <i>C</i> -戊糖-8- <i>C</i> -葡萄糖苷 (luteolin-6- <i>C</i> -pentosyl-8- <i>C</i> -glucosyl)	荷花	35
99	6- <i>C</i> -glucosyl-8- <i>C</i> -xylosideosyl apigenin	荷花	35
100	6- <i>C</i> -xylosideosyl-8- <i>C</i> -glucosyl apigenin	荷花	35
101	夏佛托苷 (schaftoside)	荷花	35
102	异夏佛托苷 (isoschaftoside)	荷花	35
103	槲皮素-3- <i>O</i> -新橙皮苷 (quercetin-3- <i>O</i> -neohesperidoside)	荷花	35
104	木犀草素-7- <i>O</i> -芸香糖苷 (luteolin-7- <i>O</i> -rutinoside)	荷花	35
105	6- <i>C</i> -rhamnosyl-8- <i>C</i> -glucosyl apigenin	荷花	35
106	异鼠李素-3- <i>O</i> -新橙皮糖苷 (isorhamnetin-3- <i>O</i> -neohesperidoside)	荷花	35
107	地奥司明 (diosmetin-7- <i>O</i> -rutinoside)	荷花	35
108	牡荆素-2- <i>O</i> -鼠李糖苷 (apigenin-8- <i>C</i> -glucoside)	莲子心、莲子	37
109	牡荆素 (apigenin-6- <i>C</i> -glucosyl-8- <i>C</i> -rhamnoside)	莲子心、莲子	37
110	芹菜素-6,8-香叶木素- <i>C</i> -葡萄糖苷 (apigenin-6,8-diosmetin- <i>C</i> -glucoside)	莲子心	38
111	isorhamnoside mnetinoorientin	莲子心	38
112	luteolin-6- <i>C</i> -rhamnoside-8- <i>C</i> -pentoside	莲子心	38
113	isorhamnoside mnetinoschaftoside	莲子心	38
114	luteolin-6- <i>C</i> -pentoside-8- <i>C</i> -rhamnoside	莲子心	38
115	isorhamnoside mnetinovitexin	莲子心	38
116	杨梅素 (myricetin)	荷叶	11
117	myricetin dimethoxy glucoside	荷叶	11
118	杨梅素-3-无水葡萄糖 (myricetin-3-hexose)	—	11
119	芹菜素-6,8-二葡萄糖苷 (apigenin-6,8-diglucoside)	—	11
120	木犀草素 (luteolin)	荷叶、莲子心	
121	鼠李素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 (rhamnetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside)	荷叶、荷梗	33
122	金圣草 (黄) 素-7- <i>O</i> -吡喃葡萄糖苷 (chrysoeriol-7- <i>O</i> -glucopyranoside)	—	
123	异鼠李素 (isorhamnetin)	荷叶、荷梗	39
124	异鼠李素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖苷 (isorhamnetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucoside)	荷叶	34
125	isorhamnetin-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1→6)-α- <i>D</i> -lyxopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranoside	荷叶	40
126	isorhamnetin-3- <i>O</i> -α- <i>D</i> -lyxopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranoside	荷叶	40
127	香叶木素-7- <i>O</i> -六碳糖苷 (diosmetin-7- <i>O</i> -hexose)	荷叶、莲子心	41
128	香叶木素 (diosmetin)	荷叶、莲子心	41
129	木犀草素-8- <i>C</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖苷 (luteolin-8- <i>C</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside)	莲子心	1
130	金圣草素-7- <i>O</i> -[2"- <i>D</i> -吡喃鼠李糖基]-(1→2)-β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 {chrysoeim-7- <i>O</i> -[2"- <i>O</i> - <i>D</i> -amnose]-1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranoside}	莲子心	1

续表 2

编号	名称	部位	文献
131	芹菜素 (apigenin)	莲子心	42
132	槲皮素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷酸 (quercetin-3- <i>O</i> -glucuronide)	荷花	35
133	异鼠李素-3- <i>O</i> -芸香糖苷 (isorhamnetin-3- <i>O</i> -rutinoside)	荷花	35
134	异鼠李素-3- <i>O</i> -新橘皮糖苷 (isorhamnetin-3- <i>O</i> -neohesperidoside)	—	—
135	柯伊利素-7- <i>O</i> -吡喃葡萄糖苷 chrysoeriol-7- <i>O</i> -glucopyranoside	荷叶	2
136	木犀草素-7- <i>O</i> -新橘皮糖苷 (luteolin-7- <i>O</i> -neohesperidoside)	莲子心、莲子	37
137	木犀草素-7-芸香糖苷 (luteolin-7-rutinoside)	莲子心	38
138	金丝桃苷 (hyperoside)	莲子心	38
139	鼠李素 (rhamnetin)	荷叶、莲子	11
140	异鼠李素-3-半乳糖苷 (isorhamnetin-3-galactoside)	荷叶	11
141	异鼠李素己糖 (isorhamnetin-3-hexose)	荷叶	11
142	异鼠李素-3-葡萄糖苷 (isorhamnetin-3-glucoside)	荷叶	11
143	木犀草苷 (luteolin-7-glucoside)	荷花	11
144	isorhamnetin arobino glucoside	—	11
145	山奈酚-7-葡萄糖苷 (kaempferol-7-glucoside)	—	11
146	山奈酚-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃半乳糖苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -galactopyranoside)	荷叶、莲子心	43
147	kaempferol-3- <i>O</i> -robinobioside	荷花	35
148	kaempferol-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside	荷花	35
149	kaempferol-3- <i>O</i> -glucuronide	荷花	35
150	kaempferol	荷叶	2
151	isorhamnetin-3- <i>O</i> -glucuronoside	荷花	11
152	kaempferol-3-rhamno-(1,6)-glucoside	荷叶、荷花	11
153	kaempferol-3-rhamno-(1,2)-glucoside	荷叶、荷花	11
154	kaempferol-3-rhamno-glucuronide	荷叶、荷花	11
155	kaempferol-3-glucuronide methyl ester	荷叶、荷花	11
156	槲皮素 (quercetin)	荷叶、荷花莲 子心、荷梗	4
157	quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -xylosideopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranoside	荷叶	10
158	quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -xylosideopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	荷叶	6
159	槲皮素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖醛酸-6'-甲酯 (quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucuronide-6'-methylester ester)	荷叶	2
160	槲皮素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖醛酸-6'-乙酯 (quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucuronide-6'-methylester)	荷叶	2
161	quercetin-3- <i>O</i> -α-larabinopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	荷叶	44
162	槲皮素-3-丙酯 (quercetin-3-propylester)	荷叶	45
163	槲皮素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -半乳糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -galactopyranoside)	荷叶	46
164	槲皮素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside)	荷叶	46
165	芦丁 (rutin)	莲子心	2
166	槲皮素-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -阿拉伯糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -arabinoside chloride)	莲子心	1
167	槲皮素-3- <i>O</i> -槐糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -sophoroside)	—	47
168	quercetin-3- <i>O</i> -(6'- <i>O</i> -malonyl)-β- <i>D</i> -glucoside	—	47
169	quercetin gluco-glucoside	—	11
170	槲皮苷 (quercitrin)	荷叶、荷花	11
171	quercetin glucuronide	—	11
172	nelumboside	—	11
173	quercetin rhamno galactoside	—	11
174	柚皮素 (naringenin)	莲子心	48
175	epitaxifolin	荷叶	2
176	5,7,3',5'-tetrahydroxyflavanone	荷叶	2
177	tetrahydroxy flavone	荷叶	10
178	delphinidin-3- <i>O</i> -glucoside	荷叶	35
179	cyanidin-3- <i>O</i> -glucoside	荷叶	35
180	petunidin-3- <i>O</i> -glucoside	荷叶	35
181	peonidin-3- <i>O</i> -glucoside	荷叶	35
182	malvidin-3- <i>O</i> -glucosid	荷叶	35
183	(-)-catechin	荷叶	2

续表 2

编号	名称	部位	文献
184	elephantorrhizol	荷叶	2
185	(-)-catechin gallate	莲子皮	49
186	procyanidin B ₁	莲子皮	49
187	procyanidin C ₁	莲子皮	49
188	hydnocarpin	荷叶	50
189	hydnocarpin D	荷叶	50
190	myricetin-3'-O-(6"-p-coumaroyl)-glucoside	荷叶、荷花	51
191	黄芩新素II (skullcapflavone II)	荷叶	52
192	粘毛黄芩素III (viscidulin III)	荷叶	52
193	nelumboside A	莲子心	53
194	nelumboside C	莲子心	53
195	leucocyanidin	—	11
196	leucodelphinidin	—	11
197	nelumboside B	莲子心	53
198	nelumboside D	莲子心	53
199	trimethoxy hydroxyl xanthone	—	11
200	coumaryl tyramine	荷叶	11
201	dimethoxy hydroxyl chalcone	荷叶	11
202	ferulyl tyramine	荷叶	11
203	3-丙烯酸丁酯-5,7,3',4'-四羟基黄酮 (3-butyl acrylate-5,7,3',4'-tetrahydroxyflavone hydrate)	莲子心	1
204	hydroxymegastigm 7-ene-9-one	莲子	11
205	boscialin	—	11
206	dehydrovomifoliol	—	11
207	vomifoliol	—	11
208	3-oxo-retro- α -iono	—	11
209	byzantionoside A	—	11
210	5,6-epoxy-3-hydroxy-7-megastigmen 9-one	—	11
211	annuionone D	—	11
212	icariside B ₂	—	11
213	dendranthemoside B	—	11
214	grasshopper ketone	—	11
215	3,5-dihydroxy-6,7-megastigmadien 9-one	—	11
216	megastigma-7-ene-3,5,6,9-tetrol	—	11
217	epiloliolide	—	11
218	nelumnucifoside B	—	11
219	sedumoside F ₁	—	11

1.3 其他类化合物

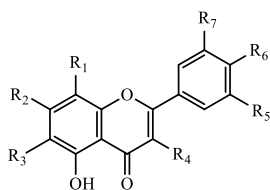
莲中除了含有生物碱与黄酮之外,还含有其他化学成分,如有机酸、甾醇类、萜类、脂质、蛋白质以及碳水化合物等。这些化合物的名称、存在部位见表 3,结构见图 3。

2 药理活性

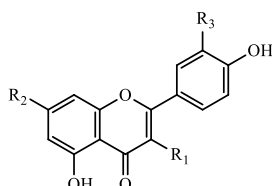
莲各部位以荷叶、莲子心的药理活性研究较多,主要在调血脂、减肥、抗氧化、消炎、抑菌、抗抑郁、抗癌等方面,莲花、莲子、莲藕、莲房、藕节、荷梗、莲须、莲子皮、莲子膜的药理作用亟需进一步挖掘,为后续莲各部位化学成分与药理作用的深入研究及莲资源的综合开发利用提供理论参考。

2.1 调脂减肥

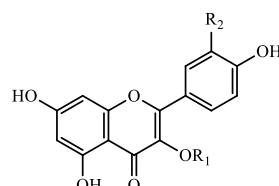
近年来心血管系统疾病的发病率呈上升趋势,血脂异常患者较为普遍,是动脉粥样硬化和冠心病发病的潜在风险,因此调节人体脂质代谢对防止心血管疾病有着极其重要的作用。杨丹虹等^[61]对高脂高糖致非酒精性脂肪性肝病 (NAFLD) 大鼠炎症因子水平及脂联素受体 2 (AdipoR2) 表达的作用进行了研究,采用高脂饲料加饮用果糖溶液建立 NAFLD 大鼠模型,造模同时给予荷叶混悬液,结果显示,荷叶能显著改善肝细胞脂变,对高糖高脂诱导的 NAFLD 具有一定的拮抗作用。史霄燕等^[62]通过体外给药,研究结果表明甲基莲心碱能够明显抑制多



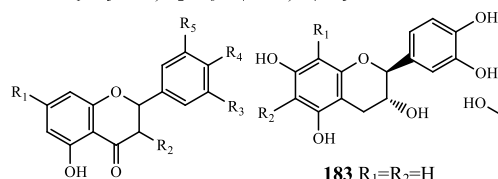
- 87 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_4=R_5=R_6=OH$, $R_7=coumaroyl-Glu$
 88 $R_1=R_3=R_4=R_5=H$, $R_2=R_6=OH$, $R_7=Glu-Glu$
 89 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=R_4=R_5=H$
 90 $R_1=R_3=R_5=R_7=H$, $R_2=OH$, $R_4=OGlu-Rha$, $R_6=OMe$
 91 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_5=R_6=R_7=OH$, $R_4=Gal$
 92 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_5=R_6=R_7=OH$, $R_4=Gln$
 93 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_5=R_6=R_7=OH$, $R_4=Glu$
 94 $R_1=R_3=R_5=H$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_4=Ara-Gal$
 95 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_6=OH$, $R_4=Gln$, $R_5=R_7=OMe$
 96 $R_1=R_3=Glu$, $R_2=R_7=OH$, $R_4=R_5=R_6=H$
 97 $R_1=Pen$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Glu$, $R_4=R_5=H$
 98 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Pen$, $R_4=R_5=H$
 99 $R_1=Xyl$, $R_2=R_7=OH$, $R_3=Glu$, $R_4=R_5=R_6=H$
 100 $R_1=Glu$, $R_2=R_7=OH$, $R_3=Xyl$, $R_4=R_5=R_6=H$
 101 $R_1=Ara$, $R_2=R_7=OH$, $R_3=Glu$, $R_4=R_5=R_6=H$
 102 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Ara$, $R_4=R_5=H$
 103 $R_1=R_3=R_5=H$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_4=Neo$
 104 $R_1=R_4=R_5=H$, $R_2=Rut$, $R_3=R_6=R_7=OH$
 105 $R_1=Glu$, $R_2=R_7=OH$, $R_3=Rha$, $R_4=R_5=R_6=H$
 106 $R_1=R_3=R_5=H$, $R_2=OH$, $R_4=Neo$, $R_6=OH$, $R_7=OMe$
 107 $R_1=R_3=R_4=R_5=H$, $R_2=Rut$, $R_6=OMe$, $R_7=OH$
 108 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=OH$, $R_3=R_4=R_5=R_7=H$
 109 $R_1=Rha$, $R_2=R_6=OH$, $R_3=Glu$, $R_4=R_5=R_7=H$
 110 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=OH$, $R_3=Glu$, $R_4=R_5=R_7=H$
 111 $R_1=R_4=R_5=H$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Glu$
 112 $R_1=Pen$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Rha$, $R_4=R_5=H$
 113 $R_1=Glu$, $R_2=R_6=OH$, $R_3=Pen$, $R_4=R_5=R_7=H$
 114 $R_1=Rha$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_3=Pen$, $R_4=R_5=H$
 115 $R_1=R_4=R_5=R_7=H$, $R_2=R_6=OH$, $R_3=Glu$
 116 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=OH$
 117 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_6=OH$, $R_4=Glu$, $R_5=R_7=OMe$
 118 $R_1=R_3=H$, $R_2=R_5=R_6=R_7=OH$, $R_4=Hex$
 119 $R_1=R_3=Glu$, $R_2=R_6=R_7=OH$, $R_4=R_5=H$



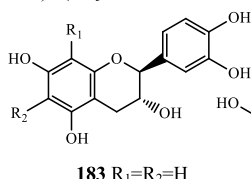
- 120 $R_1=H$, $R_2=R_3=OH$
 121 $R_1=O-Glu$, $R_2=OMe$, $R_3=OH$
 122 $R_1=H$, $R_2=OGlu$, $R_3=OMe$
 123 $R_1=R_2=OH$, $R_3=OMe$
 124 $R_1=OGlu$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 125 $R_1=ORha-Lyx-Glu$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 126 $R_1=O-Lyx-Glu$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 127 $R_1=H$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 128 $R_1=H$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 129 $R_1=Glu$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 130 $R_1=H$, $R_2=OGlu-Rha$, $R_3=OMe$
 131 $R_1=R_2=H$, $R_3=OH$
 132 $R_1=OGln$, $R_2=R_3=OH$
 133 $R_1=ORut$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 134 $R_1=ONeo$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 135 $R_1=OH$, $R_2=OGlu$, $R_3=OMe$
 136 $R_1=H$, $R_2=ONeo$, $R_3=OH$
 137 $R_1=H$, $R_2=ORut$, $R_3=OH$
 138 $R_1=OGlu$, $R_2=H$, $R_3=OH$
 139 $R_1=R_3=OH$, $R_2=OMe$
 140 $R_1=OGal$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 141 $R_1=OH$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 142 $R_1=OAra$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 143 $R_1=H$, $R_2=OGlu$, $R_3=OH$
 144 $R_1=OAra-Glu$, $R_2=OH$, $R_3=OMe$
 145 $R_1=OH$, $R_2=OGlu$, $R_3=H$



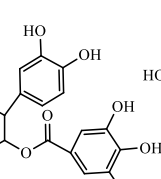
- 146 $R_1=Gal$, $R_2=H$
 147 $R_1=Rob$, $R_2=H$
 148 $R_1=Glu$, $R_2=H$
 149 $R_1=Gln$, $R_2=H$
 150 $R_1=H$, $R_2=H$
 151 $R_1=Gln$, $R_2=Me$
 152 $R_1=Rha-Glu$, $R_2=H$
 153 $R_1=Rha-Glu$, $R_2=H$
 154 $R_1=Rha-Gln$, $R_2=H$
 155 $R_1=Gln-Me$, $R_2=H$
 156 $R_1=R_2=H$
 157 $R_1=Xyl-Glu$, $R_2=OH$
 158 $R_1=Xyl-Gal$, $R_2=OH$
 159 $R_1=Glu-Me$, $R_2=OH$
 160 $R_1=Glu-Et$, $R_2=OH$
 161 $R_1=Ara-Gal$, $R_2=OH$
 162 $R_1=Pre$, $R_2=OH$
 163 $R_1=Gal$, $R_2=OH$
 164 $R_1=Glu$, $R_2=OH$
 165 $R_1=Rha-Glu$, $R_2=OH$
 166 $R_1=Ara$, $R_2=OH$
 167 $R_1=Sop$, $R_2=OH$
 168 $R_1=Glu-Mal$, $R_2=OH$
 169 $R_1=Glu-Glu$, $R_2=OH$
 170 $R_1=Rha$, $R_2=OH$
 171 $R_1=Gln$, $R_2=OH$
 172 $R_1=Gln-Glu$, $R_2=OH$
 173 $R_1=Rha-Gal$, $R_2=OH$



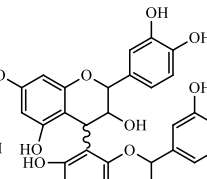
- 174 $R_1=R_3=R_4=OH$, $R_2=R_5=H$
 175 $R_1=R_2=R_3=R_4=OH$, $R_5=H$
 176 $R_2=R_5=OH$, $R_3=R_4=H$
 177 $R_1=R_2=R_5=OH$, $R_3=R_4=H$



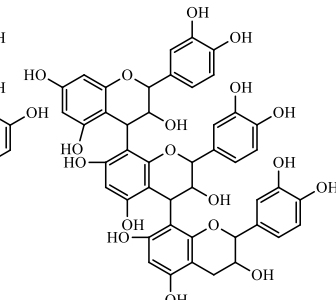
- 183 $R_1=R_2=H$
 184 $R_1=R_2=OH$



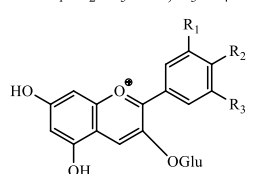
185



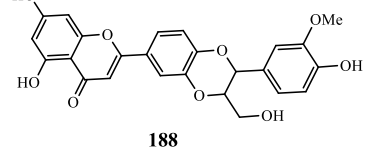
186



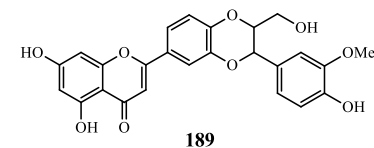
187



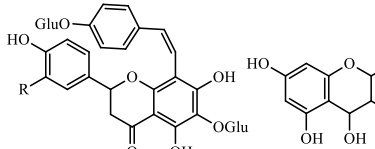
- 178 $R_1=R_2=R_3=OH$
 179 $R_1=R_2=OH$, $R_3=H$
 180 $R_1=OMe$, $R_2=R_3=OH$
 181 $R_1=OMe$, $R_2=OH$, $R_3=H$
 182 $R_1=R_3=OMe$, $R_2=OH$



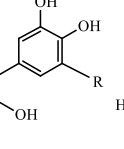
188



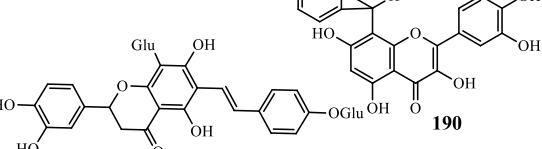
189



- 193 $R=OH$
 194 $R=H$

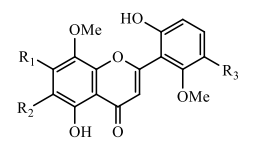


- 195 $R=H$
 196 $R=OH$

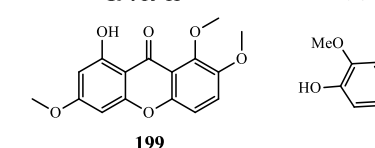


- 197 $R=OH$
 198 $R=H$

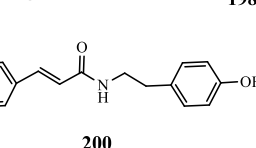
190



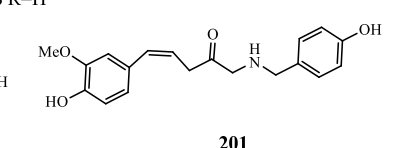
- 191 $R_1=R_2=OMe$, $R_3=H$
 192 $R_1=R_3=OH$, $R_2=H$



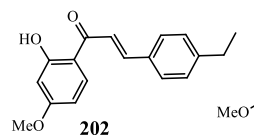
199



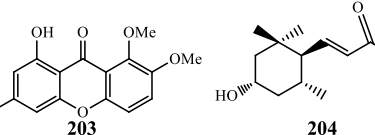
200



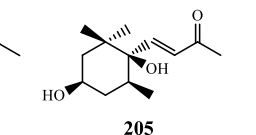
201



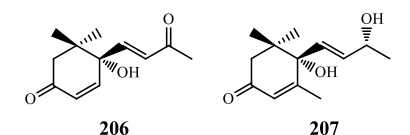
202



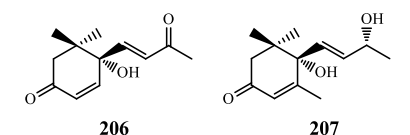
203



204



205



206



207

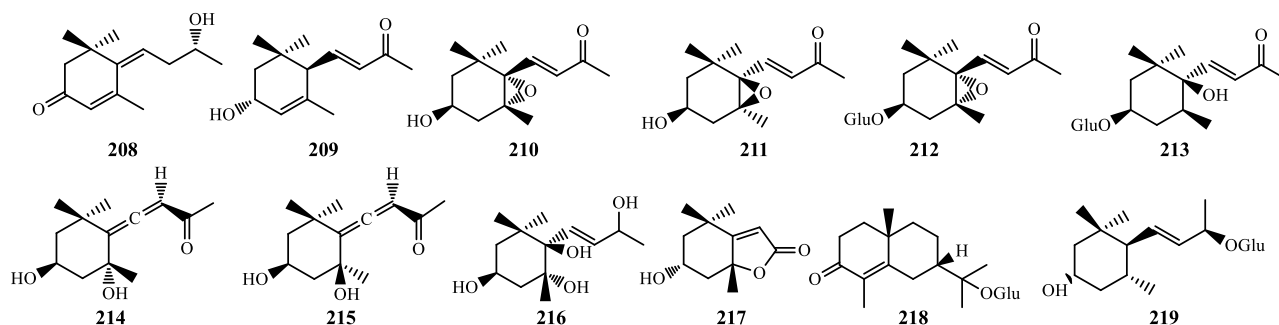


图 2 莲中的黄酮类化合物结构

Fig. 2 Structures of flavonoids from *N. nucifera*

表 3 莲中其他类化合物

Table 3 Other compounds from *N. nucifera*

编号	名称	部位	文献
220	东莨菪内酯 (scopoletin)	荷叶	6
221	地芫普内酯 (lolilide)	荷叶	52
222	对甲氧基苯甲酸 (anisic acid)	荷叶	52
223	皮树脂醇 (medioresil)	荷叶	52
224	阿魏酸 (ferulic acid)	荷叶	52
225	3,4-二羟基苯甲酸 (3,4-dihydroxybenzoic acid)	荷叶	52
226	对羟基苯甲酸 (4-hydroxybenzoic acid)	荷叶	52
227	megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetraol-1,3-hydroxybut-1,2,6,6-trimethylcyclohexane-1,2,4-triol	荷叶	52
228	腺嘌呤 (adenine)	荷叶	52
229	3,7,8-trimethoxy-1-hydroxy-xanthone	荷叶	54
230	4-methyl-6-phenyl-2H-2-pyranone	荷叶	55
231	lappaol F	荷叶	55
232	黄柏酮 (obacunone)	荷叶	55
233	松脂素 [(+)-pinoresinol]	荷叶	56
234	表松脂酚 [(+)-epipinoresinol]	荷叶	56
235	sylvatesmin	荷叶	56
236	(+)-isolariciresinol	荷叶	56
237	5,6-epoxy-3-hydroxy-7-me-gastigmen-9-one	荷叶	56
238	4,5-dihydroblumenol A	荷叶	56
239	(E)-3-oxo-retro- α -ionol	荷叶	56
240	megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetraol	荷叶	56
241	sarmentol F	荷叶	55
242	7-megastigmen-3,6,9-triol	荷叶	55
243	3,5,6-trihydroxy-7-megastigmen-9-one	荷叶	55
244	3S,5R-dihydroxy-6R,7-mestigmadien-9-one	荷叶	55
245	3S,5R-dihydroxy-6S,7-mestigmadien-9-one	荷叶	55
246	hydroxy-3,5,5-trimethyl-4-cyclohex-2-en-1-one	荷叶	55
247	1-癸醇 (decylalcohol)	莲须	57
248	二十四烷酸 (tetracosanoic acid)	莲须	57
249	棕榈酸 (palmitic acid)	莲须	57
250	环阿屯醇 (cycloartenol)	莲须	57
251	β -谷甾醇 (β -sitosterol)	莲须	57
252	西托糖苷 (daucosterol)	莲须	57
253	1,4-苯二酚 (hydroquinone)	莲须	57
254	丁二酸 (succinic acid)	莲须	57
255	香兰素 (vanillin)	荷梗	33
256	sitosteryl palmitate	荷梗	33
257	β -香树素 (β -amyrin)	荷梗	33
258	α -香树素 (α -amyrin)	荷梗	33

续表 3

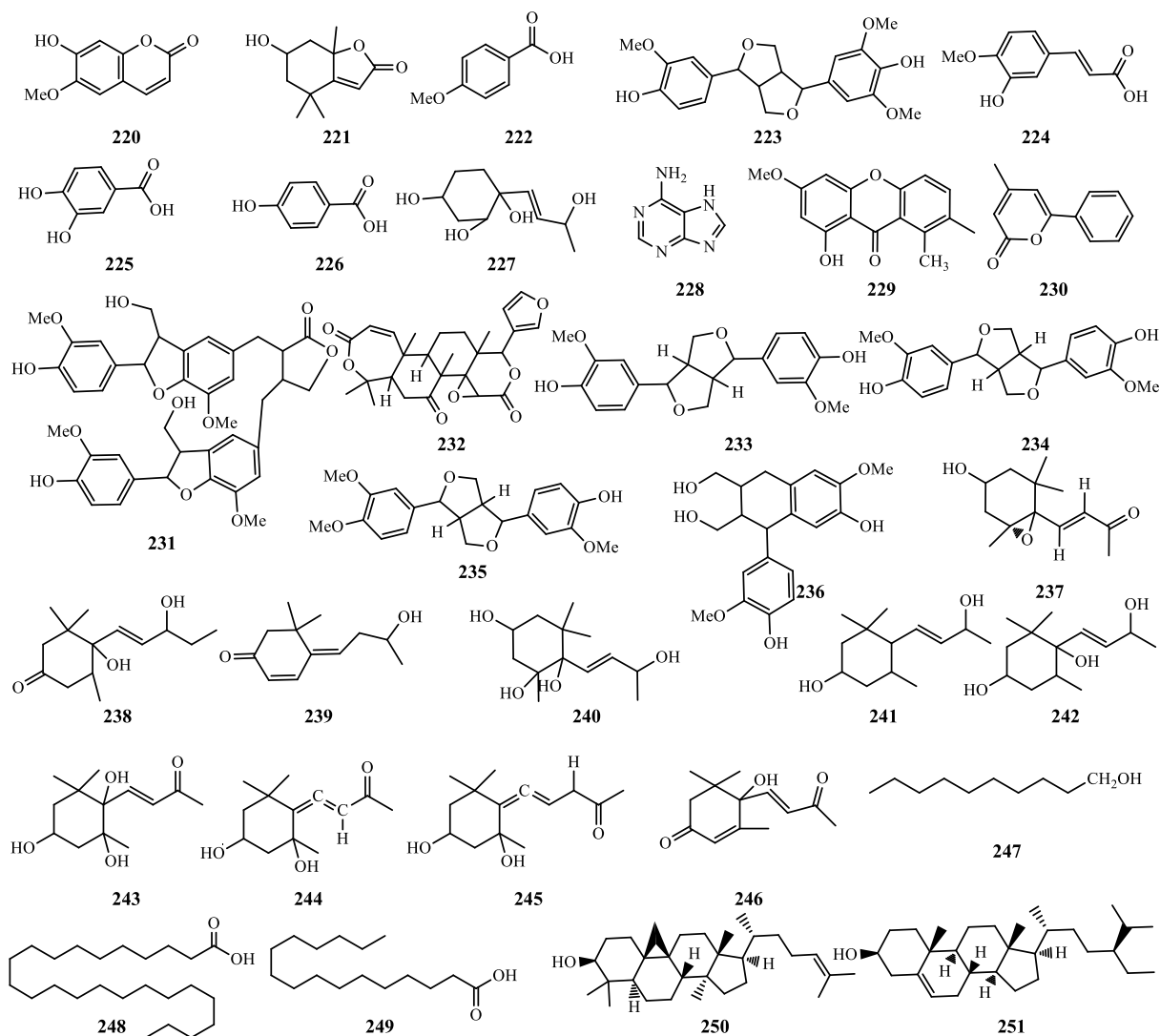
编号	名称	部位	文献
259	对羟基苯甲酸 (4-hydroxybenzoic acid)	荷花	58
260	3,4-hydroxybenzoic acid	荷花	58
261	7-oxolanost-8-ene-3 β -25-diol	莲房	20
262	dibutylphthalare	莲房	20
263	dibutylphthalare-methyl butyle	莲房	20
264	4-hydroxyphenethyl alcohol	莲房	20
265	methylparaben	莲房	20
266	methyl-4-hydroxyphenylacetate-hydroxyphenylacetate	莲房	20
267	methyl dihydrophaseate	莲房	20
268	dibutylphthalare	莲子心	27
269	齐墩果酸 (oleanolic acid)	莲子心	27
270	D-甘露醇 (D-mannitol)	莲子心	27
271	icariside	莲子心	32
272	4-hydroxyphenethyl alcohol	莲子心	32
273	2 α ,24-diacetoxy-3-hydroxyolean-12-en-28-oic acid	莲藕	59
274	hyptatic acid A	莲藕	59
275	methyl-2 α ,3 β ,24-trihydroxyolean-12-en-28-oate	莲藕	59
276	bruceajavanone A	荷叶	60
277	bruceajavanone A-7-acetate	荷叶	60
278	bruceajavanone B	荷叶	60
279	bruceajavanone C	荷叶	60
280	bruceajavaninone A	荷叶	60
281	sedumoside F1	荷叶	60
282	3-萜烯 (3-carene)	—	11
283	苈烯 (camphene)	莲子	11
284	α -蒎烯 (α -pinene)	—	11
285	桉叶油醇 (1,8-cineole)	—	11
286	barneol	—	11
287	α -松油醇 (α -terpenol)	—	11
288	芳樟醇 (linalool)	—	11
289	geraneol	—	11
290	thujol	—	11
291	α -细辛脑 (α -asarone)	—	11
292	α -桉叶醇 (α -eudesmol)	—	11
293	fernesene	—	11
294	γ -gurjunene	—	11
295	γ -cadinene	—	11
296	bicycle germacrene	—	11
297	τ -毕橙茄醇 (τ -cadinol)	—	11
298	α -红没药醇 (α -bisabolol)	—	11
299	β -红没药醇 (β -bisabolol)	—	11
300	farnesonic acid	—	11
301	β -谷甾醇 (β -sitosterol)	荷叶、荷花	11
302	西托糖苷 (daucosterol)	莲子、荷叶、荷梗	11
303	菜油甾醇 (campesterol)	莲子、花粉	11
304	豆甾醇 (stigmasterol)	莲子、花粉	11
305	羊毛甾醇 (lanosterol)	莲子	11
306	stigmast-7-ene-3-ol	荷叶	11
307	stigast-7-ene-3-glucoside	荷叶、莲子	11
308	羽扇豆醇 (lupeol)	荷花、莲藕	11
309	白桦脂醇 (botulin)	莲藕	11
310	白桦脂酸 (betulinic acid)	莲藕	11
311	麦珠子酸 (alphitolic acid)	荷叶	11

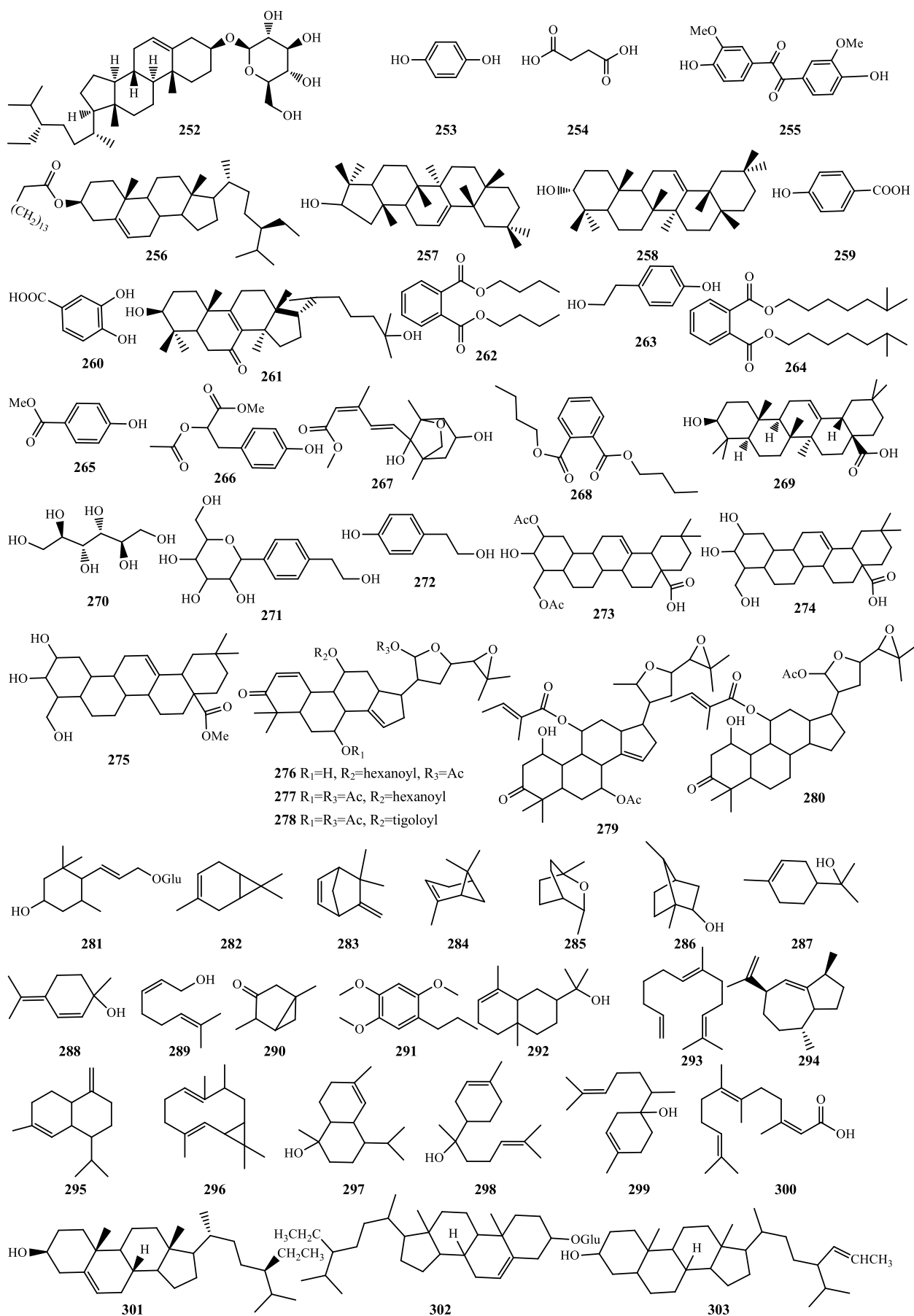
续表 3

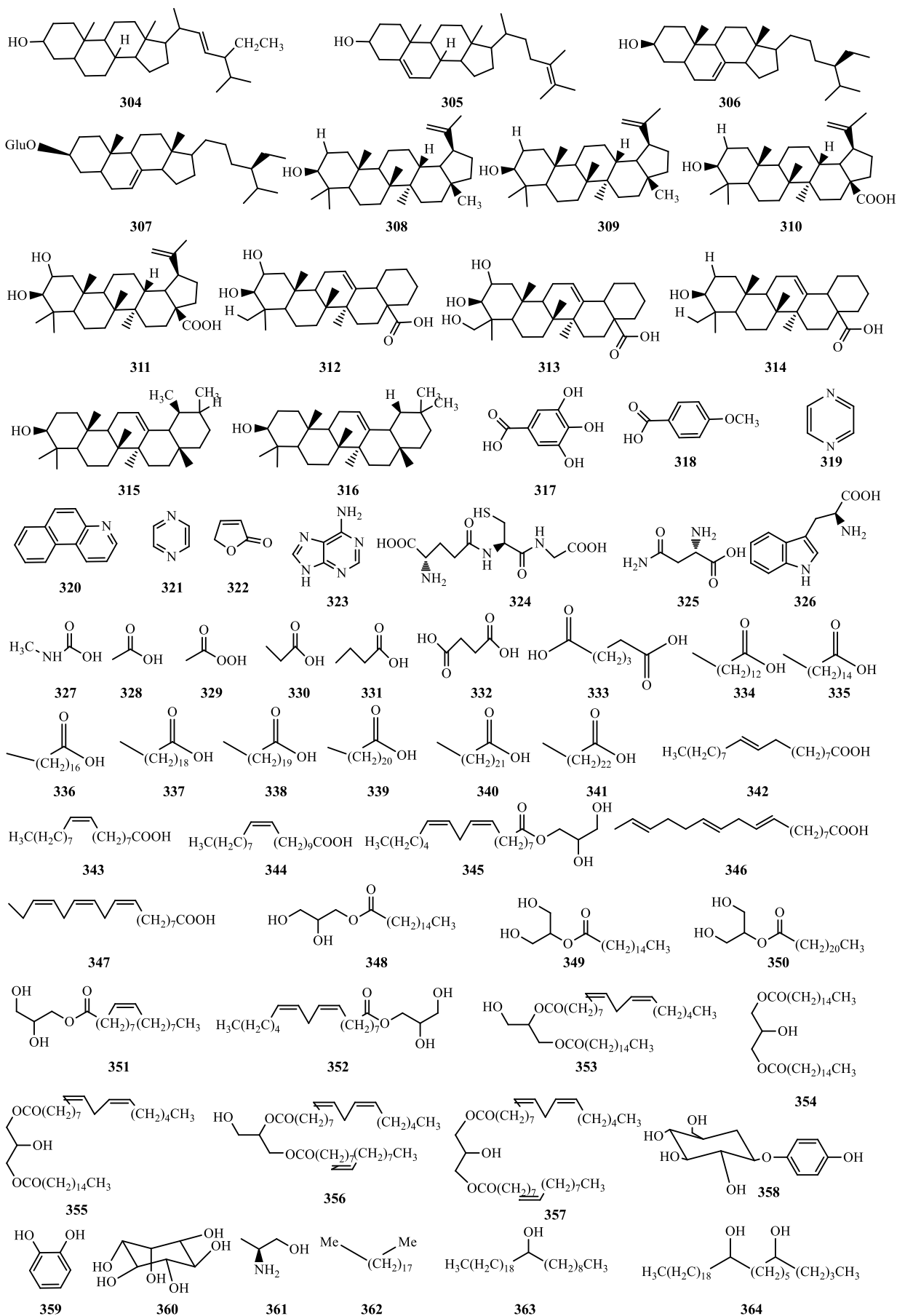
编号	名称	部位	文献
312	maslinic acid	莲藕	11
313	hyptatic acid A	莲藕	11
314	齐墩果酸 (oleanolic acid)	莲子	11
315	α -香树素 (α -amyrin)	荷花	11
316	β -香树素 (β -amyrin)	花粉	11
317	没食子酸 (gallic acid)	莲子、莲藕	11
318	对甲氧基苯甲酸 (anisic acid)	莲子	11
319	吡嗪 (pyrazine)	荷叶	11
320	2-吡唑啉 (pyrazoline)	荷叶	11
321	azaphenanthrene	荷叶	11
322	2(5H)-呋喃酮 (furanone)	荷叶	11
323	腺嘌呤 (adenine)	荷梗	11
324	谷胱甘肽 (glutathione)	莲子、莲子皮	11
325	天冬酰胺 (asparagine)	莲藕	11
326	色氨酸 (tryptophan)	莲藕	11
327	<i>N</i> -甲基-替拉西秦 (<i>N</i> -methyl carbamic acid)	荷叶	11
328	冰醋酸 (acetic acid)	荷叶	11
329	3,4,9,10-四羧酸酐 (3,4,9,10-perylenetetracarboxylic dianhydride)	荷叶	11
330	丙酸 (propionic acid)	荷叶	11
331	丁酸 (butyric acid)	荷叶	11
332	丁二酸 (butanedioic acid)	荷叶	11
333	己二酸 (adipic acid)	荷叶	11
334	肉豆蔻酸 (myristic acid)	莲子、花粉	11
335	棕榈酸 (palmitic acid)	莲子、花粉	11
336	硬脂酸 (stearic acid)	花粉	11
337	二十酸 (arachidic acid)	花粉	11
338	heneicosylic acid	花粉	11
339	二十二酸 (behenic acid)	花粉	11
340	二十三烷酸 (tricosylic acid)	花粉	11
341	二十四烷酸 (lignoceric acid)	莲子、花粉	11
342	反油酸 (elaidic acid)	莲子、花粉	11
343	油酸 (oleic acid)	莲子、花粉	11
344	(<i>E</i>)-11-二十烯酸 (gondoic acid)	莲子、花粉	11
345	亚油酸 (linoleic acid)	莲子、花粉	11
346	9 <i>E</i> ,12 <i>E</i> ,15 <i>E</i> -octadecatrienoic acid	莲子、花粉	11
347	亚麻酸 (linolenic acid)	莲子、花粉	11
348	单棕榈酸甘油 (1-palmitoyl glycerol)	莲子、莲藕	11
349	2-棕榈酸单甘油酯 (2-palmitoyl glycerol)	莲子、莲藕	11
350	2-behenoyl glycerol	—	11
351	1-单油酸甘油酯 (1-oleoyl glycerol)	—	11
352	1-linoleoyl glycerol	—	11
353	1,3-双棕榈酸甘油酯 (1,3-di-palmitoyl glycerol)	荷叶、荷梗	11
354	1-palmitoyl-3-linolenoyl glycerol	—	11
355	1-palmitoyl-2-linolenoyl glycerol	—	11
356	1-oleoyl-2-linolenoyl glycerol	—	11
357	1-oleoyl-3-linolenoyl glycerol	—	11
358	β -熊果苷 (arbutin)	—	11
359	邻苯二酚 (catechol)	荷叶	11
360	肌醇 (myo-inositol)	荷梗	11
361	alaninol	荷叶	11
362	正十九烷 (nonadecane)	荷叶、荷花	11
363	ginnol	荷叶	11
364	nonacosan-4,10-diol	荷叶	11
365	nonacosan-5,10-diol	荷叶	11

续表 3

编号	名称	部位	文献
366	nonacosan-10,13-diol	荷叶	11
367	hentricontane-12,15-diol	荷叶	11
368	triacontan-7-ol	荷叶	11
369	tritriacontan-4,10-diol	荷叶	11
370	10-octacosanol	荷叶	11
371	十一醇 (1-undecanol)	荷叶	11
372	1-二十醇 (1-eicosanol)	荷叶	11
373	<i>D</i> -无水葡萄糖 (<i>D</i> -glucose)	莲子、荷叶	11
374	<i>D</i> -半乳糖 (<i>D</i> -galactose)	荷花	11
375	<i>D</i> -鼠李糖 (<i>D</i> -rhamnose)	莲子、荷叶	11
376	<i>D</i> -来苏糖 (<i>D</i> -lyxose)	荷花	11
377	<i>D</i> -葡萄糖醛酸 (<i>D</i> -glucuronic acid)	—	11
378	<i>D</i> -阿拉伯糖 (<i>D</i> -arabinose)	—	11
379	<i>L</i> -阿拉伯糖 (<i>L</i> -arabinose)	—	11
380	<i>D</i> -甘露糖 (<i>D</i> -mannose)	—	11
381	葡萄糖酸 (gluconic acid)	—	11
382	木糖 (xylose)	—	11
383	无水葡萄糖 (hexose)	—	11
384	酒石酸 (tartaric acid)	—	11
385	苹果酸 (malic acid)	—	11







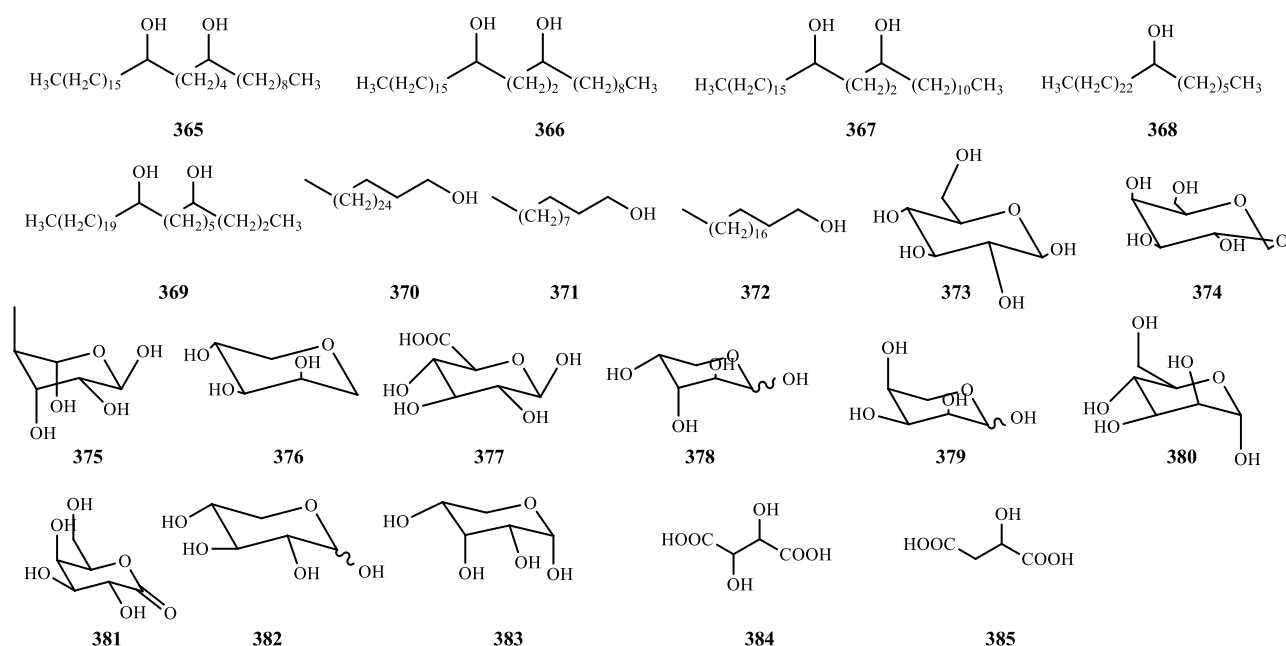


图 3 莲中其他类化合物的结构

Fig. 3 Structures of other compounds from *N. nucifera*

种诱聚剂诱导的高脂血症患者和健康成人血小板聚集, 且作用强于阿斯匹林, 这对高脂血症患者并发血栓性疾病有一定的防治作用。Kashiwada 等^[7]研究了荷叶生物碱的抗肥胖活动, 并关注 2 种不同的机制, 如脂肪堆积和脂肪吸收, 这些机制的协同作用优选作为治疗肥胖症的最有效方式, 荷叶含有多种成分, 其中苯并异喹啉类生物碱表现出抑制脂肪堆积和脂肪吸收的作用。范婷婷等^[63-64]通过体内、体外实验探究荷叶总生物碱的调脂减肥作用, 结果显示, 荷叶总生物碱能明显抑制前脂肪细胞 3T3-L1 的增殖, 具有控制体质量、预防肥胖、调节脂代谢紊乱的功效。薛冬娜^[65]通过大鼠营养性肥胖模型探究荷叶黄酮提取物的减肥效果, 实验结果表明, 荷叶黄酮提取物能够明显抑制营养性肥胖大鼠体质量的增加, 降低其 Lee's 指数及脂肪质量, 具有较好的减肥效果。Ohkoshi 等^[44]证明了荷叶中的黄酮类提取物刺激了小鼠模型白色脂肪中的脂肪分解。

2.2 抗氧化

自由基是一种化学性质活泼且具有破坏性的未配对电子基团, 参与很多机体内的生命活动, 包括神经传导、细胞增殖、分化、凋亡、肌肉收缩等, 而活性氧自由基对人体的损害实际上是一种氧化过程。据目前研究结果可知, 自由基引起的氧化损伤与人体的许多疾病如心脑血管疾病、糖尿病、高血压、冠心病及衰老等密切相关^[66]。蒋锡兰等^[6]通过

多种方法对荷叶中的化合物进行分离, 从荷叶的甲醇提取物中分离得到了 18 个化合物, 并对其进行了 ABTS 和 DPPH 自由基清除测试, 其中鞣皮树脂醇、阿魏酸、槲皮素、木犀草素、3,4-二羟基苯甲酸、儿茶素、异鼠李素-3-O-β-D-葡萄糖苷、异槲皮苷、槲皮素-3-O-β-D-吡喃木糖-(1→2)-β-D-吡喃葡萄糖苷以及槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸苷显示较强的 ABTS 和 DPPH 自由基清除能力, 具有较强的抗氧化活性。Rai 等^[67]以莲子为原料, 采用 50%乙醇提取莲子抗氧化物质, 通过体内和体外抗氧化实验研究其抗氧化活性, 结果表明莲子的醇提取物表现出较好的自由基清除活性。进一步的生物活性测定^[68-71]揭示了荷叶类黄酮具有很强的抗氧化活性, 其作为食品补充剂表现出非常好的潜力。Chen 等^[72]研究了莲子外果皮的抗氧化能力, 莲子外果皮是一种被认为是富含黄酮类的组织, 其表现出强大的体外抗氧化活性, 实验结果表明, 莲子外果皮可以作为天然抗氧化剂和 α-淀粉酶抑制剂的潜在来源。此外, Huang 等^[73]还研究了种子外果皮在不同成熟阶段(绿色、半成熟和完全成熟阶段)的抗氧化活性, 根据成熟阶段确定了不同水平的儿茶素、表儿茶素、金丝桃苷和异槲皮苷。经 DPPH 和 ABTS 体外实验显示, 这些化合物能有效清除自由基。此外, Zhu 等^[71]共鉴定出 14 种黄酮类化合物, 具有很强的抗氧化活性。Jiang 等^[74]从莲花胚胎中鉴定出 4 种新的

化合物 (nelumboside A~D), 评估其对 ABTS 和 DPPH 的抗氧化活性, 结果表明, nelumbosides B 表现为较强的自由基清除活性。另外, 从莲子心中分离得到 1 种独特的双苄基异喹啉生物碱 (甲基莲心碱), 能够在多种细胞中发挥抗氧化作用^[75]。

2.3 抗炎抑菌

炎症反应可诱发多种疾病, 涉及心血管系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统, 如糖尿病、动脉粥样硬化等常见疾病。有关研究表明, 荷叶中槲皮素-3-*O*-葡萄糖醛酸对巨噬细胞具有明显的抗炎作用^[76]。荷叶对高脂高糖致 NAFLD 具有保护作用, 该作用与促进 AdipoR2 表达/改善胰岛素抵抗/降低炎症因子表达水平/抑制炎症反应有关^[62]。Liao 等^[77]通过提取分离得到 1 个全新的由多糖部分和蛋白部分构成的莲心胚芽糖蛋白, 来自一种新型荷花多糖 (LPPS) 的纯化成分 F1 和 F2 对脂多糖 (LPS) 诱导巨噬细胞 RAW264.7 具有较强的抗炎作用, 并证明其可以有效地抑制 LPPS 激活 RAW264.7 细胞和释放炎症因子。王建涛等^[78]研究表明荷叶生物碱液可抑制大肠杆菌的代谢作用。荷叶超临界 CO₂ 萃取物对细菌、酵母菌、霉菌等都具有一定的抑制作用^[79]。李鸣宇等^[80]研究表明, 荷叶正丁醇提取物对放线杆菌、黏性放线菌、内氏放线菌、具核梭杆菌、牙龈卟啉菌等牙周疾病相关菌种均有较好的抑制作用。

2.4 抗抑郁

Rajput 等^[8]通过小鼠强迫游泳实验证明, 莲子的乙醇提取物能够显著缩短其静止期, 表现出明显的抗抑郁作用, 进一步实验显示其发挥抗抑郁作用的成分为莲心碱、甲基莲心碱、异莲心碱, 这些生物碱的中枢作用很可能与 5-羟色胺神经传递有关, 尤其是小鼠中的 5HT1A 受体。莲子乙醇提取物在治疗中枢神经系统疾病如焦虑和抑郁方面具有很大的应用潜力。Sugimoto 等^[81]实验证明莲心碱和异莲心碱具有类似抗抑郁药的作用, 莲心碱及其类似物的作用与 5-羟色胺的作用机制密切相关。

2.5 抗癌和抗血管生成

癌症一直被认为是严重影响个体平均寿命的巨大挑战。在全球各种疾病中, 癌症累计总发病率和死亡率占了很大比例。癌症治疗的一个重要方法是抑制血管生成。Lee 等^[82]利用体外和体内模型, 证明了荷叶水和甲醇提取物具有较强的抗氧化作用、对血管内皮生长因子 (VEGF) 诱导的血管生成具

有抑制活性以及能有效阻断人脐静脉内皮细胞 (HUVEC) 中 VEGF 诱导的活性氧 (ROS) 产生, 表明了其抗血管生成的机制。荷叶的水和甲醇提取物可作为易于获取的天然抗氧化剂来源, 在预防和治疗癌症等危及生命的疾病中发挥一定的作用^[83]。Asokan 等^[75]研究表明, 甲基莲心碱通过丝裂原活化激酶 (MAPK) 活化和细胞周期抑制人类肺癌细胞生长。甲基莲心碱对肺癌具有一定的治疗作用^[84-87]。

3 结语

莲作为常用的药食同源植物, 其化学成分与药理活性一直受到广大研究者的关注, 目前, 国内外学者对荷叶、莲子和莲子心这 3 个部位的化学成分及药理活性研究较多, 而对其他部位的化学成分及药理活性研究较少。对莲的药效物质基础研究主要集中于生物碱类和黄酮类, 对于药理活性的研究大多都停留在提取物的基础之上, 而对于具体的药效物质基础研究甚少。因此, 对于莲各个部位的化学成分及药理作用有待深入研究, 以期为其进一步综合开发利用提供科学依据。

参考文献

- [1] 赵秀玲, 党亚丽. 莲子心的化学成分、提取及药理作用的研究进展 [J]. 食品科学, 2018, 39(23): 329-336.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [3] Guo H B. Cultivation of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn. ssp. *nucifera*) and its utilization in China [J]. *Genet Res Crop Evol*, 2009, 56(3): 323-330.
- [4] Ahn J H, Kim E S, Lee C, et al. Chemical constituents from *Nelumbo nucifera* leaves and their anti-obesity effects [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2013, 23(12): 3604-3608.
- [5] 张庆贺. 槐角和莲子心化学成分及生物活性的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [6] 蒋锡兰, 王 伦, 李 甫, 等. 荷叶的抗氧化活性成分 [J]. 应用与环境生物学报, 2017, 23(1): 89-94.
- [7] Kashiwada Y, Aoshima A, Ikeshiro Y, et al. Anti-HIV benzyloquinoline alkaloids and flavonoids from the leaves of *Nelumbo nucifera*, and structure-activity correlations with related alkaloids [J]. *Bioorg Med Chem*, 2005, 13(2): 443-488.
- [8] Rajput M A, Khan R A. Phytochemical screening, acute toxicity, anxiolytic and antidepressant activities of the *Nelumbo nucifera* fruit [J]. *Metab Brain Dis*, 2017, 32(3): 743-749.
- [9] Fenghua M, Toshihisa O, Wei L, et al. A new flavonoid glycoside and other chemical constituents from leaves of

- Rosa davurica* and their antioxidant activity [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(23): 2178-2182.
- [10] Duan X H, Jiang J Q. A new benzyloisoquinoline alkaloid from stems of *Nelumbo nucifera* [J]. *Chin Chem Lett*, 2008, 19(3): 308-310.
- [11] Sharma B R, Gautam L N S, Adhikari D, et al. A comprehensive review on chemical profiling of *Nelumbo nucifera*: Potential for drug development [J]. *Phytother Res*, 2017, 31(1): 3-26.
- [12] 单 锋, 袁 媛, 康利平, 等. 基于 UPLC-ESI/Q-TOF-MS/MS 技术分析荷梗中的化学成分 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(16): 3233-3238.
- [13] 王 莉, 张学兰, 孙玉丽, 等. 高效液相色谱-电喷雾离子阱质谱法分析荷叶炮制前后生物碱成分的变化 [J]. 中成药, 2013, 35(4): 780-784.
- [14] 吴 昊, 刘 斌, 王 伟, 等. 荷叶中的一个新阿朴啡型生物碱 [J]. 中草药, 2010, 41(4): 514-516.
- [15] Deng X, Zhu L, Fang T, et al. Analysis of isoquinoline alkaloid composition and wound-induced variation in *Nelumbo* using HPLC-MS/MS [J]. *J Agricul Food Chem*, 2016, 64(5): 1130-1136.
- [16] 周永刚, 刘 畅, 毛 飞, 等. 荷叶化学成分的 HPLC-TOF/MS 分析 [J]. 药学实践杂志, 2011, 29(5): 342-346.
- [17] Chen S, Xiang Y, Deng J, et al. Simultaneous analysis of anthocyanin and non-anthocyanin flavonoid in various tissues of different lotus (*Nelumbo*) cultivars by HPLC-DAD-ESI-MS(n) [J]. *PLoS One*, 2013, 8(4): e62291.
- [18] Shi J Y, Li G L, Wang H L, et al. One-step separation of three flavonoids from *Poa cynosu hendersonii* by high-speed counter-current chromatography [J]. *Phytochem Anal*, 2011, 22(5): 450-454.
- [19] Fang Y T, Li Q, Shao Q, et al. A general ionic liquid pH-zone-refining countercurrent chromatography method for separation of alkaloids from *Nelumbo nucifera* Gaertn [J]. *J Chromatogr A*, 2017, doi: 10.1016/j.chroma.2017.05.048.
- [20] 陈超群. 莲房的化学成分研究 [D]. 昆明: 云南中医学院, 2013.
- [21] Do T C M V, Nguyen T D, Tran H, et al. Analysis of alkaloids in Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) leaves by non-aqueous capillary electrophoresis using ultraviolet and mass spectrometric detection [J]. *J Chromatogr A*, 2013, 1302(15): 174-180.
- [22] Tian W Y, Zhi H, Yang C, et al. Chemical composition of alkaloids of *Plumula nelumbinis* and their antioxidant activity from different habitats in China [J]. *Ind Crop Prod*, 2018, doi: 10.1016/j.indcrop.2018.09.045.
- [23] Atsuko I, Tomomi S, Kaori T, et al. Bisbenzyloisoquinoline alkaloids from *Nelumbo nucifera* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2011, 59(8): 947-951.
- [24] Kunitomo J, Yoshikawa Y, Tanaka S, et al. Alkaloids of *Nelumbo nucifera* [J]. *Phytochemistry*, 1973, 12(3): 699-701.
- [25] Luo X, Chen B, Liu J, et al. Simultaneous analysis of *N*-normuciferine, *O*-normuciferine, nuciferine, and roemerine in leaves of *Nelumbo nucifera* Gaertn. by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection-electrospray mass spectrometry [J]. *Anal Chim Acta*, 2005, 538(1): 129-133.
- [26] 单 锋. 荷叶、莲子心药效分化的分子机理研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2015.
- [27] 时伟朋, 徐怀双, 田文月, 等. 莲子心的生物碱及酸酯类成分研究 [J]. 中药材, 2017, 40(10): 2347-2351.
- [28] 隋振宇, 侯朋艺. 基于超高效液相串联-四极杆静电场轨道阱质谱联用技术对荷叶中化学成分进行快速鉴定 [J]. 中国药理学杂志, 2019, 54(10): 813-818.
- [29] Lin Z, Yang R, Zheng G, et al. Ultra-performance LC separation and quadrupole time-of-flight MS I identification of major alkaloids in *Plumula nelumbinis* [J]. *Phytochem Anal*, 2015, 25(6): 485-494.
- [30] 李希珍. 莲子心化学成分及生物活性的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [31] Yang G M, Sun J, Pan Y, et al. Isolation and identification of a tribenzyloisoquinoline alkaloid from *Nelumbo nucifera* Gaertn., a novel potential smooth muscle relaxant [J]. *Fitoterapia*, 2018, doi: 10.1016/j.fitote.2017.10.020.
- [32] 刘 婷. 莲子心中黄酮化合物的分离鉴定与比较研究 [D]. 武汉: 中国科学院研究生院 (武汉植物园), 2016.
- [33] 许文成, 蒋建勤. 荷梗的化学成分研究 [J]. 药学与临床研究, 2011, 19(3): 235-237.
- [34] 夏明辉, 赵 晶, 韩立峰, 等. 荷叶化学及药理学研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2015, 17(11): 102-104.
- [35] Li S S, Wu J, Chen L G, et al. Biogenesis of C-glycosyl flavones and profiling of flavonoid glycosides in lotus (*Nelumbo nucifera*) [J]. *PLoS One*, 2014, 9(10): e108860.
- [36] 王 昊, 夏明辉, 庞 旭, 等. 荷叶中苷类成分的分离鉴定 [J]. 天津中医药大学学报, 2017, 36(5): 368-373.
- [37] Zhu M Z, Liu T, Zhang C Y, et al. Flavonoids of lotus (*Nelumbo nucifera*) seed embryos and their anti-oxidant potential [J]. *J Food Sci*, 2017, 82(8): 1834-1841.
- [38] Feng C Y, Li S Y, Yin D D, et al. Rapid determination of flavonoids in plumules of sacred lotus cultivars and assessment of their antioxidant activities [J]. *Ind Crop*

- Prod*, 2016, doi: 10.1016/j.indcrop.2016.04.030.
- [39] 王玲玲, 刘 斌, 石任兵, 等. 荷叶黄酮类化学成分研究 [J]. 北京中医药大学学报, 2008, 31(2): 116-118.
- [40] Hyun S K, Yu J J, Chung H Y, *et al.* Isorhamnetin glycosides with free radical and ONOO-scavenging activities from the stamens of *Nelumbo nucifera* [J]. *Arch Pharm Res*, 2006, 29(4): 287-292.
- [41] 陈 曦, 戚 进. 荷叶中黄酮和生物碱的研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(18): 211-214.
- [42] Liu R H, Wen X C, Shao F, *et al.* Flavonoids from Heartwood of *Dalbergia cochinchinensis* [J]. *Chin Herb Med*, 2016, 8(1): 89-93.
- [43] Jung M J, Chung H Y, Choi J H, *et al.* Antioxidant principles from the needles of red pine, *Pinus densiflora* [J]. *Phytother Res*, 2003, 17(9): 1064-1068.
- [44] Ohkoshi E, Miyazaki H, Shindo K, *et al.* Constituents from the leaves of *Nelumbo nucifera* stimulate lipolysis in the white adipose tissue of mice [J]. *Planta Med*, 2007, 73(12): 1255-1259.
- [45] 张赟彬, 戴妙妙, 李彩侠. 荷叶中黄酮类化合物的化学结构鉴定 [J]. 食品研究与开发, 2006, 27(6): 50-53.
- [46] Lin H Y, Kuo Y H, Lin Y L, *et al.* Antioxidative effect and active components from leaves of *Lotus (Nelumbo nucifera)* [J]. *J Agri Food Chem*, 2009, 57(15): 6623-6629.
- [47] Shi J, Li G, Wang H, *et al.* One-step separation of three flavonoids from *Poa cynosu hendersonii* by high-speed counter-current chromatography [J]. *Phytochem Anal*, 2011, 22(5): 450-454.
- [48] 邵 建, 刘艳丽, 李笑然, 等. 莲子心的化学成分研究 [J]. 中草药, 2016, 47(10): 1661-1664.
- [49] Xiao J S, Xie B J, Cao Y P, *et al.* Characterization of oligomeric procyanidins and identification of quercetin glucuronide from lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) seedpod [J]. *J Agricul Food Chem*, 2012, 60(11): 2825-2829.
- [50] Ahn J H, Kim S B, Kim E S, *et al.* A new flavolignan from *Nelumbo nucifera* leaves [J]. *Chem Nat Comp*, 2014, 50(6): 998-1000.
- [51] 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.
- [52] 彭 双, 韩立峰, 刘二伟, 等. 荷叶中化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2012, 34(7): 355-359.
- [53] Jiang X L, Wang L, Wang E J, *et al.* Flavonoid glycosides and alkaloids from the embryos of *Nelumbo nucifera* seeds and their antioxidant activity [J]. *Fitoterapia*, 2018, doi: 10.1016/j.fitote.2018.01.009.
- [54] 赵小亮, 王智民, 马小军, 等. 荷叶化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(5): 703-708.
- [55] 马 迪, 彭 双, 韩立峰, 等. 荷叶中化学成分的分离与鉴定 (II) [J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(5): 355-359.
- [56] 彭 双, 韩立峰, 刘二伟, 等. 荷叶中化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2012, 29(7): 519-524.
- [57] 陈艳琰, 唐于平, 段金殿, 等. 莲须化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 2010, 45(20): 1535-1538.
- [58] 徐双双. 荷花化学成分的提取分离及含量测定 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [59] Chaudhuri P K, Deepika S. A new triterpenoid from the rhizomes of *Nelumbo nucifera* [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(6): 532-536.
- [60] Pan L, Chin Y W, Chai H B, *et al.* Bioactivity-guided isolation of cytotoxic constituents of *Brucea javanica* collected in Vietnam [J]. *Bioorg Med Chem*, 2009, 17(6): 2219-2224.
- [61] 杨丹虹, 楼招欢, 程 斌, 等. 荷叶对高脂高糖致NAFLD大鼠炎症因子水平及AdipoR2表达的作用研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(18): 3406-3411.
- [62] 史霄燕, 胡文淑. 甲基莲心碱对高脂血症患者及健康成人血小板聚集的影响 [J]. 中国药理学通报, 1998, 14(3): 49-51.
- [63] 范婷婷, 法鲁克, 方 芳, 等. 荷叶总生物碱降脂减肥作用的体内外试验 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2013, 39(2): 141-148.
- [64] 范婷婷. 荷叶生物碱类物质降脂减肥活性研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [65] 薛冬娜. 荷叶总黄酮提取纯化工艺及减肥降脂作用的研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [66] 盖晓红, 刘素香, 任 涛, 等. 黄连的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2018, 49(20): 4919-4927.
- [67] Rai S, Wahile A, Mukherjee K, *et al.* Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds [J]. *J Ethnopharmacol*, 2006, 104(3): 322-327.
- [68] Brand-Williams W, Cuvelier M E, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. *Lwt Food Sci Technol*, 1995, 28(1): 25-30.
- [69] Zou Y P, Chang S K C, Gu Y, *et al.* Antioxidant activity and phenolic compositions of lentil (*Lens culinaris* var. Morton) extract and its fractions [J]. *J Agricul Food Chem*, 2011, 59(6): 2268-2276.
- [70] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay [J]. *Anal Biochem*, 1996, 239(1): 70-76.
- [71] Zhu M Z, Wu W, Jiao L L, *et al.* Analysis of flavonoids in lotus (*Nelumbo nucifera*) leaves and their antioxidant activity using macroporous resin chromatography coupled

- with LC-MS/MS and antioxidant biochemical assays [J]. *Molecules*, 2015, 20(6): 10553-10565.
- [72] Chen H, Sun K, Yang Z, *et al.* Identification of antioxidant and anti- α -amylase components in lotus (*Nelumbo nucifera*, Gaertn.) seed epicarp [J]. *Appl Biochem Biotechnol*, 2018, doi: 10.1007/s12010-018-2844-x.
- [73] Huang B, Zhu L, Liu S, *et al.* *In vitro* and *in vivo* evaluation of inhibition activity of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) leaves against ultraviolet B-induced phototoxicity [J]. *J Photochem Photobiol B Biol*, 2013, 121(7): 1-5.
- [74] Jiang X L, Wang L, Wang E J, *et al.* Flavonoid glycosides and alkaloids from the embryos of *Nelumbo nucifera* seeds and their antioxidant activity [J]. *Fitoterapia*, 2018, doi: 10.1016/j.fitote.2018.01.009.
- [75] Asokan S M, Mariappan R, Muthusamy S, *et al.* Pharmacological benefits of neferine-A comprehensive review [J]. *Life Sci*, 2018, doi: 10.1016/j.lfs.2018.02.032.
- [76] Li F, Sun X Y, Li X W, *et al.* Enrichment and separation of quercetin-3-O-beta-d-glucuronide from lotus leaves (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) and evaluation of its anti-inflammatory effect [J]. *J Chromatogr B*, 2017, doi: 10.1016/j.jchromb.2016.12.017.
- [77] Liao C H, Lin J Y. Purification, partial characterization and anti-inflammatory characteristics of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) plumule polysaccharides [J]. *Food Chem*, 2012, 135(3): 1818-1827.
- [78] 王建涛, 杜丽敏, 张洪林. 荷叶和黄藤中的生物碱对大肠杆菌代谢作用的微量量热法研究 [J]. 枣庄学院学报, 2006, 23(5): 47-51.
- [79] 唐裕芳, 张妙玲, 刘忠义, 等. 荷叶生物碱的提取及其抑菌活性研究 [J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(2): 51-52.
- [80] 李鸣宇, 陈健芬, 钱伏刚, 等. 荷叶提取物对牙周主要致病菌的抑制作用 [J]. 中华口腔医学杂志, 2003, 38(4): 274-274.
- [81] Sugimoto Y, Nishimura K, Itoh A, *et al.* Serotonergic mechanisms are involved in antidepressant-like effects of bisbenzylisoquinolines liensinine and its analogs isolated from the embryo of *Nelumbo nucifera* Gaertner seeds in mice [J]. *J Pharm Pharmacol*, 2015, 67(12): 1716-1722.
- [82] Lee J S, Shukla S, Kim J A, *et al.* Anti-angiogenic effect of *Nelumbo nucifera* leaf extracts in human umbilical vein endothelial cells with antioxidant potential [J]. *PLoS One*, 2015, 10(2): e0118552.
- [83] Yi Z, Xu L, Zeng S X, *et al.* Nutritional composition, physiological functions and processing of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) seeds: A review [J]. *Phytochem Rev*, 2015, 14(3): 321-334.
- [84] Poornima P, Quency R S, *et al.* Neferine induces reactive oxygen species mediated intrinsic pathway of apoptosis in HepG2 cells [J]. *Food Chem*, 2013, 136(2): 659-667.
- [85] Poornima P, Weng C F, Padma V V. Neferine from *Nelumbo nucifera* induces autophagy through the inhibition of PI3K/Akt/mTOR pathway and ROS hyper generation in A549 cells [J]. *Food Chem*, 2013, 141(4): 3598-3605.
- [86] Poornima P, Weng C F, Padma V V. Neferine, an alkaloid from lotus seed embryo, inhibits human lung cancer cell growth by MAPK activation and cell cycle arrest [J]. *Biofactors*, 2014, 40(1): 121-131.
- [87] Poornima P, Kumar V B, Weng C F, *et al.* Doxorubicin induced apoptosis was potentiated by neferine in human lung adenocarcima, A549 cells [J]. *Food Chem Toxicol*, 2014, doi: 10.1016/j.fct.2014.03.008.