

百合鳞茎中酚类化合物及药理活性研究进展*

于鑫¹, 李润根^{2**}

(1. 宜春学院 化学与生物工程学院, 江西 宜春 336000; 2. 宜春学院 生命科学与资源环境学院, 江西 宜春 336000)

[摘要] 酚类是百合鳞茎主要化学成分之一, 目前已从其鳞茎中分离到 84 个酚类化合物, 其中黄酮及其苷类 20 个、酚酸甘油酯类 14 个、酚甘油糖苷 13 个、酚类糖苷 4 个、苯丙素蔗糖酯类 23 个和单体酚酸类 10 个。研究表明, 百合酚类成分具有抗氧化、抑菌、抗炎、抗病毒、抗肿瘤、抑制二肽基肽酶-IV (dipeptidyl peptidase-IV, DPP-IV) 活性、调节脂质代谢等药理活性。本文对百合鳞茎中酚类化合物及药理活性进行总结分析, 以期对百合药用价值的深入研究与临床开发应用提供参考。

[关键词] 百合; 酚类化合物; 药理活性; 研究进展

[中图分类号] R282.71 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5639(2023)06-0044-11

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2023.06.007

百合是国家卫生部首批公布的药食同源植物, 是深受市场欢迎的药食同源养生品。研究^[1-3]证明百合及其相关制剂具有广泛的临床应用, 《中国药典》2020 年版收载的含百合中药成方制剂共 11 剂^[4], 从国家市场监督管理总局官网 (<https://www.samr.gov.cn/>) 查询含百合或百合提取物的已注册保健食品现有 47 种。

百合鳞茎主要的化学成分包括皂苷类、酚类、生物碱类和多糖类等^[5], 其中酚类化合物是百合重要的药用成分。现代药理研究表明^[6,7], 其具有广泛的药理活性, 具有抗氧化、抑菌、抗炎、抗病毒、抗肿瘤、抑制二肽基肽酶-IV (dipeptidyl peptidase-IV, DPP-IV) 活性、调节脂质代谢等功效。周中流等^[8]从药用百合卷丹鳞茎中分离得到的酚类化合物和甾体皂苷都有较好的抗氧化活性, 且酚类化合物抗氧化能力较甾体皂苷更强。靳磊等^[9]研究表明野生细叶百合鳞茎多酚类物质对多种自由基均具有一定的清除能力, 其抗氧化能力显著强于常见抗氧化剂芦丁。徐倩等^[10]研究证明岷江百合中酚酸类、苯丙素及其衍生物的存在可能是其抗氧化活性强的原因之一。这些研究说明百合鳞茎酚类化学物质可能在抗氧化过程中发挥着重要作用。

目前, 胡兆东^[2]、罗林明^[6]、栗倩^[11]、刘鹏^[12]等分别对百合鳞茎中各类化学成分及药理作用进行归纳整理并总结, 高淑怡^[13]和罗林明^[14]等对药用百合植物鳞茎的甾体皂苷成分进行了文献总结, 但未见对百合主要活性成分——酚类物质, 及其具体药效成分与活性关系的总结报道。本文就前人研究百合的酚类成分种类及其潜在的药理作用进行总结, 以期对百合功能食品的开发、药用价值的深入研究提供参考。

1 百合鳞茎中酚类化合物的种类

酚类物质是植物中最重要, 分布和研究最广泛的次生代谢物质之一^[15,16]。酚是羟基与芳烃核(苯环或稠环)直接相连形成的有机化合物, 含有一个以上酚羟基的芳香族化合物统称为多酚^[17]。其种类复杂, 至今还没有一种完善的分类体系^[18], 根据酚类化合物结构, 董科(2019年)等^[19]将其分为类黄酮类、酚酸类、芪类和鞣酸类; Beya(2021年)等^[20]将其分为 4 大类: 酚酸类、黄酮类、二苯乙烯类和木酚素

* [收稿日期] 2023-08-25

[作者简介] 于鑫, 女, 河南驻马店人, 宜春学院在读硕士研究生, 研究方向为药物研发与生产技术。

** [通信作者] 李润根, 男, 江西新余人, 宜春学院教授, 硕士, 研究方向为百合栽培及其连作障碍防治, E-mail: 13507058200@163.com.

[基金项目] 国家自然科学基金项目(32160674); 江西省科技厅重点研发资助项目(20212BBG73039).

类. 酚类化合物也是百合鳞茎的主要活性成分之一, 主要分布在鳞茎、茎和叶等部位^[21,22], 目前从百合鳞茎中已分离出的酚类化合物包括黄酮及其苷类、酚酸甘油酯类、酚甘油类糖苷、酚类糖苷、苯丙素蔗糖酯类和单体酚酸类, 6 大类化合物.

1.1 黄酮及其苷类 (Flavonoids and glycosides)

黄酮及其苷类化合物是酚类化合物中分布最广的一类化合物, 同时也是在植物中广泛分布的次生代谢产物^[10]. 目前已从百合鳞茎中分离鉴定了 20 种黄酮及其苷类化合物 (表 1).

表 1 百合鳞茎中的黄酮及其苷类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
1	a	槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (quercetin-3-O-β-D-glucopyranoside)	[23]
2	a	洋芹素-6,8-二-C-β-D-吡喃葡萄糖苷 (apiolin-6,8-bi-C-β-D-glucopyranoside)	[23]
3	a	2"-O-对羟基苯甲酰荭草素 (2"-O-p-hydroxybenzoylorientin)	[23]
4	a	山奈酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (kaempferol-3-O-β-D-glucopyranoside)	[23]
5	a	特异性黄酮苷 A (speciflavoside A)	[23]
6	b,d,e,f	芸香糖苷 (rutinoside)	[9,24]
7	b,d,e,f	杨梅素 (myricetin)	[9,24]
8	b,c,d,e,f,g,h	芦丁 (rutin)	[9,24,25,27]
9	b,c,d,e,f,g,h	槲皮素 (quercetin)	[9,24,27,28]
10	b,c,d,e,f,g,h	山奈酚 (kaempferol)	[9,24,25,27,28]
11	b,d,e,f	儿茶素 ((+)-catechin)	[9,24,25]
12	b,c,d,e,f,g,h	表儿茶素 ((-)-epicatechin)	[9,24,25,27]
13	b,c,d,e,f,g,h	根皮苷 (phloridzin)	[9,24,27]
14	c	二氢杨梅素 (dihydromyricetin)	[25]
15	c	二氢槲皮素 (dihydroquercetin)	[25]
16	c	圣草酚 (eriodictyol)	[25]
17	c	矢车菊素芸香糖苷 (cyanidin 3-rutinoside chloride)	[25]
18	h	木犀草素 (luteolin)	[28]
19	f	山奈酚-3-O-芸香糖苷 (kaempferol-3-O-rutinoside)	[29]
20	f	异鼠李素-3-O-芸香糖苷 (isorhamnetin-3-O-rutinoside)	[29]

注: a - *L. speciosum* var. *gloriosoides*; b - *L. leucanthum*; c - *L. lancifolium*; d - *L. davidii* var. *unicolor*; e - *L. regale*; f - *L. pumilum*; g - *L. distichum*; h - *L. brownii* var. *viridulum*.

Chen 等^[23]采用活性成分追踪分离的方法, 使用 70% 甲醇回流提取, 依次用石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 硅胶柱色谱分离、纯化的方法从药百合 (*L. speciosum* var. *gloriosoides*) 新鲜鳞茎分离出 4 个已知的黄酮苷类化合物 1-4, 以及新的黄酮类化合物 5 (图 1) (2019 年), 并且发现该新的化合物 5 具有抗呼吸道合胞病毒 (RSV) 活性. 靳磊等^[9]采用乙醇超声提取, D-101 大孔树脂纯化, 高效液相色谱 (high performance liquid chromatography, HPLC) 检测法从细叶百合 (*L. pumilum*) 中得出 8 种单体化合物 6-13, 其中杨梅酮 (7) 和表儿茶素 (12) 在细叶百合鳞茎中含量相对较高. Jin 等^[24]采用酸化甲醇溶液超声提取, HPLC 方法从宜昌百合 (*L. leucanthum*)、兰州百合 (*L. davidii* var. *unicolor*) 和岷江百合 (*L. regale*) 3 种百合的干燥鳞茎粉末中分别

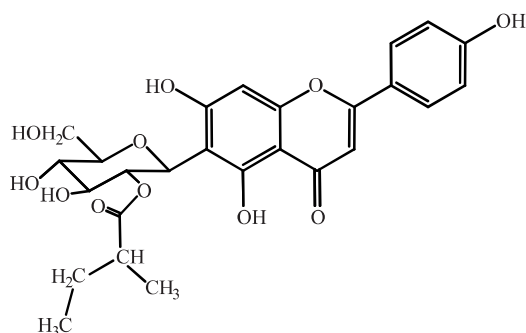


图 1 化合物 5 分子结构式

得出8种单体化合物**6-13**. 焦灏琳等^[25]以野生卷丹(*L. lancifolium*)鳞茎为材料,采用HPLC法测定多酚组分,得出8种化合物**8、10-12**和**14-17**. 之后李玲等^[26]在干燥卷丹百合(*L. lancifolium*)鳞茎分离鉴定出同一种化合物**8**,并且发现化合物**8**有一定的抗肿瘤作用. 王婷婷^[27]在5种百合中检测出5种黄酮类物质**8-10、12**和**13**,并且发现表儿茶素(**12**)等是百合中起抗氧化作用的主要活性化合物. Han等^[28]采用HPLC法,从百合(*L. brownii* var. *viridulum*)鳞茎乙醇提取物(Lb-EE)中分离鉴定出化合物**9、10、18**. Obmann等^[29]从山丹百合(*L. pumilum*)酸水提取物中得到化合物**19-20**.

研究发现单体化合物**6-13**在百合鳞茎中广泛分布,百合中的黄酮类化合物具有抗病毒、抗炎、抗氧化、抗肿瘤等活性.

1.2 酚酸甘油酯类(Phenolic glycerides)

目前已从百合鳞茎中分离鉴定了14种酚酸甘油酯类化合物(表2).

表2 百合鳞茎中的酚酸甘油酯类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
21	a,b,c,d	1,2-O-二阿魏酰甘油酯(1,2-O-diferuloylglycerol)	[30,31,32,35]
22	a,b,c,d	1,3-O-二阿魏酰甘油酯(1,3-O-diferuloylglycerol)	[30,31,34,35]
23	a,b,c,d	1-O-阿魏酰-3-O-对香豆酰甘油酯 (1-O-feruloyl-3-O-p-coumaroylglycerol)	[30,31,32,35]
24	a,b,d	1-O-阿魏酰甘油酯(1-O-feruloylglycerol)	[30,31,35]
25	a,b,d	1-O-对香豆酰甘油酯(1-O-p-coumaroylglycerol)	[30,31,35]
26	b,c	1-O-咖啡酰-3-O-对香豆酰甘油酯 (1-O-caffeoyl-3-O-p-coumaroylglycerol)	[32,35]
27	b,c	1,3-O-二对香豆酰甘油酯(1,3-O-di-p-coumaroylglycerol)	[32,35]
28	c	1-O-阿魏酰-2-O-对香豆酰甘油酯 (1-O-feruloyl-2-O-p-coumaroylglycerol)	[34]
29	b	顺式-1-O-对香豆酰甘油酯(cis-1-O-p-coumaroylglycerol)	[8]
30	b	反式-1-O-对香豆酰甘油酯(trans-1-O-p-coumaroylglycerol)	[8]
31	c	1-O-咖啡酰-2-O-对香豆酰甘油酯 (1-O-caffeoyl-2-O-p-coumaroylglycerol)	[32]
32	c	1-O-对香豆酰-2-O-羟甲基-3-O-乙酰甘油酯 (1-O-p-coumaroyl-2-O-hydroxymethyl-3-O-acetyl-glycerol)	[32]
33	b	1-O-咖啡酰甘油酯(1-O-caffeoylglycerol)	[36]
34	b	1-O-对香豆酰-2-O-阿魏酰甘油酯 (1-O-p-coumaroyl-2-O-feruloylglycerol)	[36]

注:a-*L. auratum*;b-*L. lancifolium*;c-*L. brownii* var. *viridulum*;d-*L. brownii*.

Shimomura等^[30]采用甲醇加热提取,三氯甲烷以及正丁醇萃取结合反复硅胶和羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex LH-20)柱色谱分离的方法,从天香百合(*L. auratum*)新鲜鳞茎甲醇提取液的三氯甲烷萃取部分中分离鉴定出化合物酚酸甘油二酯**21-23**,在正丁醇部位中分离鉴定出化合物酚酸甘油单酯**24**和**25**,其中**21**(图2)和**24**(图3)均为新化合物(1987年),这5种化合物后来在野百合(*L. brownii*)中也被发现^[31]. 化合物**25**的顺式结构**29**和反式结构**30**在卷丹百合(*L. lancifolium*)干燥鳞茎中分离得到^[8]. 赵康宏等^[32]采用高效液相色谱串联四极杆飞行时间质谱法(high performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight-mass spectrometry, HPLC-Q-TOF-MS)对龙牙百合鲜样中的酚类化学成分进行分析,鉴定出6种化合物**21、23、26、27、31**和**32**,百合干样中检测出**26、31-32**,且发现1-O-咖啡酰-3-O-对香豆酰甘油酯(**26**)在鲜龙牙百合以及卷丹百合(*L. lancifolium*)鳞茎粉末中含量相对较高^[32,33]. Ma等^[34]采用甲醇超声提取,活性追踪分离,硅胶柱色谱初步分离,中压液相色谱法(medium pressure liquid chromatography, MPLC)、制备型高效液相色谱(preparative high performance liquid chromatography, Prep-HPLC)分离纯化的方法,从百合(*L. brownii* var. *viridulum*)鳞茎干燥粉末中分离得到**22**和**28**两种化合物,并且

发现 **22** 和 **28** 具有显著的抗炎活性. Luo 等^[35]采用热乙醇回流提取,经 D101 大孔树脂色谱,结合高效逆流色谱 (High-speed counter-current chromatography, HSCCC) 方法从卷丹 (*L. lancifolium*) 干燥鳞茎中有效分离出 7 种化合物 **21**–**27**, 同时发现化合物 **21**–**27** 均有抗氧化活性. Zhou 等^[36]采用生物活性追踪法对百合鳞茎甲醇提取物进行分离,从卷丹 (*L. lancifolium*) 分离出 7 种酚类化合物 **21**–**25**、**33**、**34**, 发现其中 **21**、**34** 两种化合物均有较强的 RSV 抑制活性. 百合中的酚酸甘油酯类化合物具有抗氧化、抗炎、抗病毒等活性.

百合鳞茎中含有的酚酸甘油酯类化合物个数较少,且目前研究的百合品种相对较少.

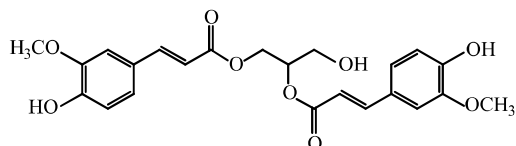


图 2 化合物 **21** 分子结构式

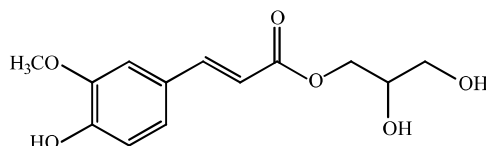


图 3 化合物 **24** 分子结构式

1.3 酚甘油类糖苷 (Phenolic glycerol glucosides)

目前已从百合鳞茎中分离鉴定了 13 种酚甘油类糖苷类化合物 (表 3).

表 3 百合鳞茎中的酚甘油类糖苷类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
35	a, e, c	王百合苷 A (regaloside A)	[37, 41, 43]
36	a, e, b, c	王百合苷 B (regaloside B)	[37, 41–43]
37	a, f	王百合苷 C (regaloside C)	[38, 41]
38	a, b,	王百合苷 D (regaloside D)	[39, 41, 42]
39	a, c, c	王百合苷 F (regaloside F)	[39, 41, 43]
40	a	王百合苷 G (regaloside G)	[41]
41	a, b, c	王百合苷 H (regaloside H)	[40–43]
42	a, b	王百合苷 K (regaloside K)	[41–43]
43	a	王百合苷 L (regaloside L)	[41]
44	b, c	王百合苷 E (regaloside E)	[39, 42, 43]
45	c	王百合苷 M (regaloside M)	[43]
46	c	王百合苷 J (regaloside J)	[41, 43]
47	d	王百合苷 I (regaloside I)	[40]

注: a – *L. mackliniae*; b – *L. longiflorum*; c – *L. lancifolium*; d – *L. auratum* var. *platyphyllum*; e – *L. regale*; f – *L. henryi*.

Shimomura 等^[37]从岷江百合 (*L. regale*) 新鲜鳞茎甲醇提取物正丁醇可溶部分中,经反复在硅胶和 Sephadex LH-20 柱色谱分离,制备薄层色谱 (preparative thin layer chromatography, Prep-TLC) 纯化,得到 **35** 和 **36** 两种新化合物 (1988 年),并分别被命名为 regaloside A、B. 同时 Shimomura 等^[38]从湖北百合 (*L. henryi*) 分离得到新的化合物 **37** (1988 年),命名为 regaloside C. Shimomura 等^[39]还从麝香百合 (*L. longiflorum*) 的新鲜球茎中分离出新的酚甘油类糖苷 **38**、**39** 和 **44** (1989 年),命名为 regaloside D、F 和 E. Mimaki 等^[40]采用甲醇提取,反复硅胶、Sephadex LH-20 柱色谱、Prep-HPLC、Prep-TLC 分离纯化的方法从宽叶天香百合 (*L. auratum* var. *platyphyllum*) 的新鲜鳞茎中得到新的化合物 **41** 和 **47** (1989 年),命名为 regaloside H 和 I. Sashida 等^[41]从曼尼百合 (*L. mackliniae*) 新鲜鳞茎的甲醇提取液中得到 10 个化合物 **35**–**43** 和 **46**,并分别命名为 Regaloside A、B、C、D、F、G、H、J、K、L,其中 regaloside J、K、L 为新化合物 (1991 年). Munafu 等^[42]采用半制备反相高效液相色谱 (semipreparative reversed-phase high performance liquid chromatography, Semipre-parative RP-HPLC) 法,从麝香百合 (*L. longiflorum*) 鳞茎中分离得到 5 种化合物,其中化合物 **41** 和 **42** 第一次在麝香百合 (*L. longiflorum*) 中发现. 李保利等^[43]采用硅胶柱色谱、凝胶色谱及高压制备色谱等方法从 *L. lancifolium* 中分离出 7 种化合物,其中 **45** 为新化合物 (2021 年).

百合鳞茎中含有的酚甘油类糖苷类化合物目前已经分离出 regaloside A 到 regaloside M 总共 13 种化合物,图 4 是 regaloside 的基本母核结构.

1.4 酚类糖苷 (Phenolic glycosides)

目前已从百合鳞茎中分离鉴定了 4 种酚类糖苷类化合物 (表 4).

Hong 等^[45] 从百合 (*L. brownii* var. *viridulum*)

干燥鳞茎乙醇回流提取液中分离出 3 个酚类糖苷 **48** - **50**, 并且发现这 3 个化合物均具有抗炎等活性. Zhou 等^[46] 采用硅胶、Diaion HP-20 大孔吸附树脂、十八烷基硅烷键合硅胶 (ostade-cylsilane, ODS) 柱色谱方法细叶百合 (*L. pumilum*) 鳞茎甲醇回流提取物中分离得到一种新的酚苷 **51** (图 5) (2012 年).

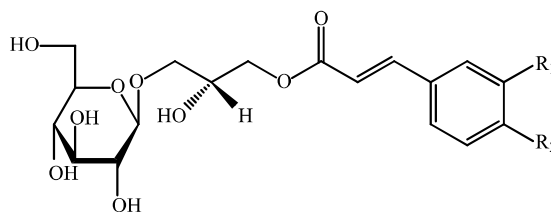


图 4 Regaloside 母核结构^[44]

表 4 百合鳞茎中的酚类糖苷类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
48	a	丁香酚 4-O- α -L-鼠李糖基-(1 \rightarrow 6)- β -D-吡喃葡萄糖苷 (eugenol 4-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside)	[45]
49	a	2,6-二甲氧基-4-(丙-2-烯基)苯基 O- α -L-鼠李糖基(1 \rightarrow 6)- β -D-吡喃葡萄糖苷 (2,6-dimethoxy-4-(prop-2-enyl) phenyl O- α -L-rhamnopyranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside)	[45]
50	a	2,6-二甲氧基-4-(丙-2-烯基)苯基 O- β -D-葡萄糖基-(1 \rightarrow 6)- β -D-吡喃葡萄糖苷 (2,6-dimethoxy-4-(prop-2-enyl) phenyl O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside)	[45]
51	b	苏式-1-(4'-羟基-2'-甲氧基苯基)-2-(2'',4''-二羟基苯基)- 1,3-丙二醇-4'-O- β -D-吡喃葡萄糖苷 (threo-1-(4'-hydroxy-2'-methoxyphenyl)-2-(2'',4''-dihydroxyphenyl)- 1,3-propanediol-4'-O- β -D-glucopyranoside)	[46]

注:a-*L. brownii* var. *viridulum*;b-*L. pumilum*.

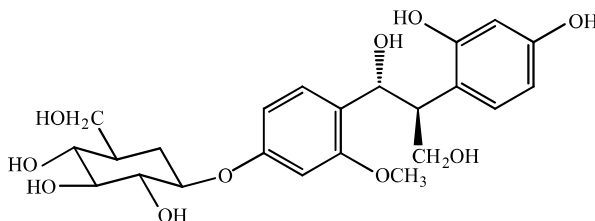


图 5 化合物 51 分子结构式

1.5 苯丙素蔗糖酯类 (Phenylpropanoid sucrose esters)

目前已从百合鳞茎中分离鉴定了 23 种苯丙素蔗糖酯类化合物 (表 5).

Shimomura 等^[47] 采用甲醇提取的方法,将正丁醇萃取部分经硅胶、Sephadex LH-20 柱层析进一步分离,从红花美丽百合 (*L. speciosum* var. *rubrum*) 新鲜鳞茎中得到 7 个化合物 **52** (图 6) - **58**. Shoyama 等^[48] 使用丙酮提取、Sephadex LH-20 反复层析的方法从麝香百合 (*L. longiflorum*) 新鲜鳞茎中得到化合物 **52**、**53**、**72**. Sashida 等^[41] 采取热甲醇提取,正丁醇萃取,经硅胶、SephadexLH-20 凝胶、Diaion HP-20 大孔吸附树脂反复柱色谱初步分离,利用 HPLC 或 Prep-TLC 再继续分离纯化的方法,从曼尼百合 (*L. mackliniae*) 新鲜鳞茎中分离得 9 种化合物 **62** - **70**, 其中 **66** - **70** 是新的化合物 (1989 年), **62**^[49] 在毛百合 (*L. dauricum*) 中也被发现. Mimaki 等^[49] 在毛百合 (*L. dauricum*) 鳞茎中发现了化合物 **73**. Mimaki 等^[50] 通过 Diaion HP-20、硅胶、Sephadex LH-20 柱色谱方法从美丽百合 (*L. speciosum*) 新鲜鳞茎中分离出一个新的化合物 **74** (1991 年). Shimomura 等^[37] 采用热甲醇提取,三氯甲烷、正丁醇萃取,硅胶和 Sephadex LH-20 柱色谱分离,Prep-TLC 纯化的方法,从湖北百合 (*L. henryi*) 的新鲜鳞茎提取液正丁醇部分分离鉴定出 **59** - **61**、**71** 4 种化合物,其中 **59**、**60** 两种化合物在麝香百合 (*L. longiflorum*) 鳞茎中也被发

现^[51]. Kim等^[51]研究发现化合物**59**和**60**表现出DPP-IV抑制活性. 目前已报道的相关化合物种类还很少,同时有关苯丙素蔗糖酯类化合物的药理作用研究目前还鲜见报道.

表5 百合鳞茎中的苯丙素蔗糖酯类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
52	a,d	3,6'-二阿魏酰基蔗糖(3,6'-diferuloylsucrose)	[47,48]
53	a,d	4-乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(4-acetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47,48]
54	a	6-乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(6-acetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47]
55	a	4'-乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(4'-acetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47]
56	a	4,6-二乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(4,6-diacetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47]
57	a	6,3'-二乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(6,3'-diacetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47]
58	a	4,6,3'-三乙酰基-3,6'-二阿魏酰基蔗糖(4,6,3'-triacetyl-3,6'-diferuloylsucrose)	[47]
59	b,d	3,6'-O-二阿魏酰基蔗糖(3,6'-O-diferuloylsucrose)	[38,51]
60	b,d	4-O-乙酰基-3,6'-O-二阿魏酰基蔗糖(4-O-acetyl-3,6'-O-diferuloylsucrose)	[38,51]
61	b	4'-O-乙酰基-3,6'-O-二阿魏酰基蔗糖(4'-O-acetyl-3,6'-O-diferuloylsucrose)	[38]
62	c,e	3,6'-二-O-阿魏酰基蔗糖(3,6'-di-O-feruloylsucrose)	[41,49]
63	c	4-O-乙酰基-3,6'-二-O-阿魏酰基蔗糖 (4-O-acetyl-3,6'-di-O-feruloylsucrose)	[41]
64	c	3-O-阿魏酰基-6'-O-(4-O-β-D-葡萄糖基阿魏酰基)蔗糖 (3-O-feruloyl-6'-O-(4-O-β-D-glucopyranosylferuloyl)sucrose)	[41]
65	c	4-O-乙酰基-3-O-阿魏酰基-6'-O-(4-O-β-D-葡萄糖基阿魏酰基)蔗糖 (4-O-acetyl-3-O-feruloyl-6'-O-(4-O-β-D-glucopyranosylferuloyl)sucrose)	[41]
66	c	4,4'-二-O-乙酰基-3,6'-二-O-阿魏酰基蔗糖 (4,4'-di-O-acetyl-3,6'-di-O-feruloylsucrose)	[41]
67	c	3,4'-二-O-对香豆酰基蔗糖(3,4'-di-O-p-coumaroylsucrose)	[41]
68	c	3,6v-二-O-对香豆酰基蔗糖(3,6'-di-O-p-coumaroylsucrose)	[41]
69	c	2'-O-乙酰基-3,4'-二-O-对香豆酰基蔗糖 (2'-O-acetyl-3,4'-di-O-p-coumaroylsucrose)	[41]
70	c	3'-O-乙酰基-3,4'-二-O-对香豆酰基蔗糖 (3'-O-acetyl-3,4'-di-O-p-coumaroylsucrose)	[41]
71	b	3-O-阿魏酰基-6'-O-(4-O-β-D-葡萄糖基阿魏酰基)蔗糖 (3-O-feruloyl-6'-O-(4-O-β-D-glucopyranosylferuloyl)sucrose)	[38]
72	d	3-阿魏酰基-4-乙酰基-6'-(13'-O-β-D-葡萄糖基)阿魏酰基蔗糖 (3-feruloyl-4-acetyl-6'-(13'-O-β-D-glucopyranosyl)feruloylsucrose)	[48]
73	e	3-O-阿魏酰基蔗糖(3-O-feruloylsucrose)	[49]
74	f	6'-O-阿魏酰基蔗糖(6'-O-feruloylsucrose)	[50]

注:a - *L. speciosum* var. *rubrum*; b - *L. henryi*; c - *L. mackliniae*; d - *L. longiflorum*; e - *L. dauricum*; f - *L. speciosum*.

1.6 单体酚酸类 (Monomeric Phenolic acids)

目前已从百合鳞茎中分离鉴定了10种单体酚酸类化合物(表6).

周中流等^[8]采用乙醇加热回流提取、大孔树脂吸附、反复硅胶柱色谱的方法从卷丹(*L. lancifolium*)干燥鳞茎中提取分离出化合物**75**和**84**; Jin等^[24]从渥丹(*L. concolor*)、岷江百合(*L. regale*)、宜昌百合(*L. leucanthum*)、兰州百合(*L. davidii* var. *unicolor*)4种百合中都分离出3种化合物**76**-**78**. 之后李玲等^[26]发现化合物**75**、**76**均有一定的抗肿瘤活性. Wang等^[52]采用高效液相色谱-二极管阵列检测器(high-performance liquid

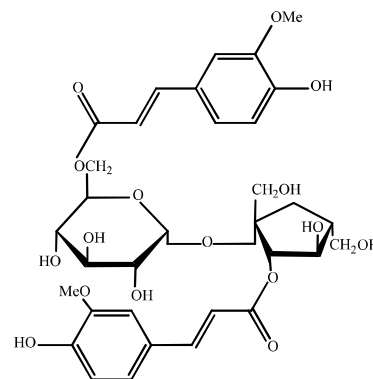


图6 化合物52分子结构式

chromatography with photodiode array detector, HPLC-PAD)、高效液相色谱-质谱联用 (high performance liquid chromatography-mass spectrometry, HPLC-MS) 技术从兰州百合、平陆百合、龙山百合、龙牙百合、宜兴百合、东北百合中分离出化合物 **76-81**。其中香豆酸是最主要的酚酸类物质 (57.3~476.3 $\mu\text{g/g}$), 其次是丁香酸 (18.6~320.4 $\mu\text{g/g}$), 并且发现丁香酸 (**80**) 是百合中起抗氧化作用的主要活性化合物之一^[27]。孙泽晨^[53]从3种百合鳞茎提取物中分离出来4种单体酚酸化合物。林美好等^[54]利用超高效液相色谱-四极杆-飞行时间质谱 (ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight-mass spectrometry, UPLC-Q-TOF-MSE) 技术对百合的化学成分进行定性分析, 鉴定出5个单体酚酸类化合物。百合中的单体酚酸类化合物具有抗肿瘤、抗氧化等活性。单体酚酸是百合鳞茎酚类化合物中主要活性成分之一, 在百合中分布较广泛。

表6 百合鳞茎中的单体酚酸类化合物

编号	来源	化合物	参考文献
75	a	水杨酸 (salicylic acid)	[8]
76	a,b,c,d,e,f,g	没食子酸 (gallic acid)	[24,52]
77	a,b,c,d,e,f,g,h	对香豆酸 (p-coumaric acid)	[24,52-54]
78	a,b,c,d,e,f,g,k	绿原酸 (chlorogenic acid)	[24,52,54]
79	a,d,f,g	香草酸 (vanillic acid)	[52]
80	a,d,e,f,g,h	丁香酸 (syringic acid)	[52,53]
81	a,d,e,f,g,h	阿魏酸 (ferulic acid)	[52-54]
82	e,f,h	咖啡酸 (caffeic acid)	[53,54]
83	f	对羟基苯甲醛 (p-hydroxybenzaldehyde)	[54]
84	a	3,4-二羟基苯甲醛 (3,4-dihydroxybenzaldehyde)	[8]

注: a - *L. lancifolium*; b - *L. concolor*; c - *L. leucanthum*; d - *L. davidii* var. *unicolor*; e - *L. regale*; f - *L. brownii* var. *viridulum*; g - *L. distichum*; h - *L. duchartrei*。

2 百合鳞茎中酚类化合物药理作用

2.1 抗氧化

百合中酚类化合物抗氧化效果显著^[5]。张瑞军等^[55]研究发现百合多酚类物质含量与 DPPH 自由基清除力、铜离子还原能力、金属螯合能力呈极显著 ($P < 0.01$) 正相关, 推测多酚类物质对百合抗氧化活性有重要作用。Luo 等^[35]发现酚酸甘油酯类化合物 **21-27** 均对 ABTS, DPPH 自由基具有不同程度的清除作用, 其中化合物 **26** 抗氧化能力最强。并且研究表明苯环上羟基的数量增加可以增加自由基清除活性, 而且单酚结构中额外的一个甲氧基可以增加化合物的抗氧化能力。王婷婷^[27]研究发现单体酚酸类化合物丁香酸 (**80**) 和黄酮类化合物表儿茶素 (**12**) 等是百合中起抗氧化作用的主要活性化合物。许丽璇^[56]研究发现从百合粉末中提取的黄酮类化合物对猪油的氧化有明显的抑制作用, 同时发现百合黄酮类化合物的抗氧化效果比抗坏血酸和柠檬酸稍强。张昊等^[57]研究表明在试验浓度范围内, 山丹鳞茎总黄酮对超氧根离子、DPPH、羟自由基 3 种自由基的最大清除率分别为 63.27%、52.83%、70.36%, 并且优于 BHT 的清除能力。

2.2 抑菌

有研究表明百合鳞茎提取物具有抑菌活性的主要次生代谢产物为黄酮类^[58]。张昊^[57]对山丹鳞茎中总黄酮的抑菌性进行研究, 结果表明对白色念珠菌、白色葡萄球菌等 9 种菌均产生不同程度的抑制作用。其对白色葡萄球菌的抑制活性最好, 最低抑菌质量浓度 (MIC) 为 10 mg/mL。杜娟等^[59]研究显示香水百合总黄酮提取液对金黄色葡萄球菌 MIC 为 0.587 5 mg/mL, 对大肠埃希氏菌 MIC 为 2.350 0 mg/mL。上述结果显示, 百合黄酮类成分对革兰氏阳性病原菌、革兰氏阴性病原菌、致病真菌以及植物病菌有一定的抑制作用, 特别是对金黄色葡萄球菌等具有很好的抑菌效果, 值得进一步开发利用, 具有抑菌活性的黄酮种类及其作用机理也有待进一步研究。

2.3 抗炎

百合中酚类化合物通过抑制炎症因子表达等达到抗炎的作用. Ma 等^[34]发现酚酸甘油酯类化合物 **22** 和 **28** 对脂多糖 (LPS) 诱导的 RAW264.7 巨噬细胞产生的 NO 具有显著抑制作用, IC₅₀ 值分别为 $9.12 \pm 0.72 \mu\text{M}$ 和 $12.01 \pm 1.07 \mu\text{M}$. 同时对 PGE₂, IL-1 β , IL-6 和 TNF- α 等多种促炎细胞因子具有抑制作用, 以及下调诱导型一氧化氮合酶 (iNOS) 和环氧化酶-2 (COX-2) 的蛋白水平, 可能通过抑制 NF- κ B p65 亚基的核易位, 抑制 MAPKs 通路, 发挥抗炎作用. Han 等^[28]发现 Lb-EE 能够抑制 LPS 刺激的 RAW264.7 细胞产生 NO, 并降 iNOS、COX-2 和肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 等炎症基因的 mRNA 表达水平, 激活 NF- κ B 信号通路发挥抗炎作用, 并且发现 Lb-EE 中的黄酮类化合物 **9**、**10**、**18** 是其发挥抗炎作用的重要活性成分. Hong 等^[37]发现酚类糖苷类化合物 **48**–**50** 均对 LPS 诱导的 RAW264.7 巨噬细胞产生的 NO 具有较弱的抑制作用.

2.4 抗病毒

百合酚类化合物有抗 RSV 的潜力. Chen 等^[23]发现黄酮类化合物具有抗 RSV 病毒活性, 其 IC₅₀ 值为 $2.9 \mu\text{g/mL}$, 选择指数 (SI) 为 30.9; Zhou 等^[36]研究发现酚酸甘油酯类化合物 **21** 和 **34** 具有明显的抗病毒活性, RSV 的 IC₅₀ 值分别为 9.7 和 $7.4 \mu\text{g/mL}$, SI 值分别为 14.9 和 24, 化合物 **5**、**21** 和 **34** 均与被批准用于治疗人 RSV 感染的药物利巴韦林的药效相当.

2.5 抗肿瘤

百合具有抗肿瘤活性. 李玲等^[26]发现化合物 **8**、**75**、**76** 均有抗肿瘤活性, 其中单体酚酸类化合物 **75** 对胃癌 HGC-27 细胞增殖具有明显的抑制作用, 质量浓度为 $100 \mu\text{g/mL}$ 时抑制率高达 79.90%. 说明了百合中单体酚酸化合物 **75** 有潜在治疗肿瘤的作用, 但具体抗肿瘤机制还需进一步深入研究.

2.6 抑制 DPP-IV

百合中的苯丙素蔗糖酯类化合物 **59**、**60** 具有一定的 DPP-IV 抑制活性. 研究表明, 抑制 DPP-IV 活性可有效治疗 II 型糖尿病, Kim 等^[51]研究发现化合物 **59**、**60** 对 DPP-IV 的 IC₅₀ 值分别为 $46.19 \mu\text{M}$ 和 $63.26 \mu\text{M}$, 并且研究表明通过糖部分连接的联苯丙素比与甘油或甘油基葡萄糖苷连接的苯丙素能更有效抑制 DPP-IV 活性, 说明这两种化合物具有潜在的降血糖作用.

2.7 调节脂质代谢

百合通过调节脂质合成及氧化分解、调节肠道微生物群落等途径调节脂质代谢. 解王晶^[33]研究结果显示卷丹百合鳞茎多酚 (LBP) 可以有效降低由油酸 (OA) 诱导的 HepG2 细胞内的脂质积累, 改善细胞内由脂质变性引起的氧化应激以及线粒体膜电位的下降. 并且在高脂饮食 (HFD) 的小鼠肝脏中发现, LBP 通过下调脂肪生成基因 (SREBP-1c, FAS, ACC1, SCD1) 的表达, 同时上调脂质氧化基因 (SRBI, HL, PPAR α , CPT-1) 的表达, 抑制了脂质的生物合成促进了脂肪的氧化分解, 从而抑制了由 HFD 诱导的高脂小鼠体内脂质的积累.

3 小结与讨论

目前已从百合鳞茎中采用硅胶柱色谱分离、纯化等方法, 分离到至少 84 个酚类化合物, 它们各具有一定的抗氧化、抑菌、抗炎、抗病毒、抗肿瘤、DPP-IV 抑制活性、调节脂质代谢等广泛药理活性. 在药理作用研究中, 部分酚类化合物在抗炎 (**18**、**22**、**28**)、抗 RSV (**5**、**21**、**34**)、抗氧化 (**26**、**80**、**12**)、抗肿瘤 (**75**) 等方面显示了较好的活性, 具有先导化合物潜力.

多酚类物质对百合抗氧化活性有重要作用, 其中部分酚类化合物有较好的抗氧化能力, 可作为天然抗氧化剂被开发利用. 百合中黄酮类化合物具有多种生物活性, 其中百合的抑菌活性集中在总黄酮提取液中且抑菌效果较好, 针对抑菌活性, 有必要对提取液中起作用的具体活性成分以及作用机制深入研究.

但百合中的酚类成分的药理药效研究仍处在初级阶段, 其具体作用机制及物质基础尚不清楚, 尤其是药物作用途径与靶点等方面, 还有多数有潜力的化合物药物作用途径与靶点尚不清楚等问题, 因此还有待于进一步开展深入研究, 充分发挥百合酚类化合物的潜力.

文中总结了 10 余种百合植物鳞茎中所含的酚类化合物, 但《中华人民共和国药典》(2020) 中规定

的药用百合只包括卷丹、百合和细叶百合3种,作为国家卫生部首批药食同源品种之一,除这3种食用百合外,岷江百合和宜昌百合^[60,61]等其他百合种类是否适合入药,有待论证。

另外,百合等药用植物生产时往往出现严重的连作障碍,连作障碍产生的原因主要是作物根系分泌物引起自毒作用和土壤病原菌增加,有益微生物减少。探究并锁定自毒物质、有益菌和土壤病原菌种类至关重要。但自毒物质^[62]及生物菌肥^[63]等栽培措施对其酚类等活性成分的种类、含量的影响如何,其他的栽培措施等对其药物活性成分的影响如何,均需进一步研究。

本文通过对百合鳞茎酚类化合物相关文献进行查阅分析,综述了百合中已被提取发现的多种酚类活性成分及其药理作用,进一步为含有百合酚类物质的药物、保健食品或各类型功能性产品的开发提供理论依据,对于提高百合的整体利用率,深度开发百合资源并提升其价值有重要意义。

[参考文献]

- [1] 杨林莎,孙艳红,方晓艳. 中药百合的研究进展 [J]. 河南中医药学刊, 2002 (1): 74-76.
- [2] 胡兆东,田硕,苗艳艳,等. 百合的现代化学、药理及临床应用研究进展 [J]. 中药药理与临床, 2022, 38 (4): 241-246.
- [3] 郭朝晖,蒋生祥. 中药百合的研究和应用 [J]. 中医药学报, 2004, 32 (3): 27-29.
- [4] 李晴,石雨荷,朱珏,等. 药食同源百合的资源分布与现代研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 2023, 42 (3): 87-95.
- [5] 孙佳宁,连希希,孙伶俐,等. 百合主要成分及药理作用研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 2022, 41 (7): 45-50.
- [6] 罗林明,裴刚,覃丽,等. 中药百合化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28 (6): 824-837.
- [7] ZHOU J, AN R F, HUANG X F. Genus *Lilium*: a review on traditional uses, phytochemistry and pharmacology [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2021, 270: 113852.
- [8] 周中流,石任兵,斌刘,等. 卷丹甾体皂苷和酚类成分及其抗氧化活性研究 [J]. 中草药, 2011, 42 (1): 21-24.
- [9] 靳磊,刘师源,张萍. 细叶百合鳞茎多酚类物质组成及其抗氧化活性 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54 (20): 5103-5107.
- [10] 徐倩,孙泽晨,龙月,等. 3种百合属植物鳞茎甲醇提取物中酚类物质抗氧化活性及黄酮类及相关化合物的组成和代谢分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31 (1): 42-52.
- [11] 栗倩,吴萍,夏伯候,等. 百合化学成分及药理活性研究进展 [J]. 中国药学杂志, 2021, 56 (11): 875-882.
- [12] 刘鹏,林志健,张冰. 百合的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23 (23): 201-211.
- [13] 高淑怡,李卫民,帅颖,等. 药用植物百合甾体皂苷研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18 (16): 337-343.
- [14] 罗林明,覃丽,裴刚,等. 百合属植物甾体皂苷成分及其药理活性研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43 (7): 1416-1426.
- [15] 仵菲,蒲云峰,雷晓钰,等. 库尔勒香梨果实发育过程中酚类物质及抗氧化活性研究 [J]. 果树学报, 2022, 39 (4): 574-583.
- [16] 王玲平,周生茂,戴丹丽,等. 植物酚类物质研究进展 [J]. 浙江农业学报, 2010, 22 (5): 696-701.
- [17] 赵盈,於天,郑志刚,等. 多酚在植物中的分布及其生物活性研究进展 [J]. 中草药, 2023, 54 (17): 5825-5832.
- [18] 崔艳平,聂玮,迟晓君,等. 食品中多酚类化合物提取方法的研究进展 [J]. 山东农业工程学院学报, 2021, 38 (1): 31-35.
- [19] 董科,冷云,何方婷,等. 植物多酚及其提取方法的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2019, 40 (2): 326-330.
- [20] BEYA M M, NETZEL M E, SULTANBAWA Y, et al. Plant-based phenolic molecules as natural preservatives in comminuted meats: a review [J]. Antioxidants (Basel), 2021, 10 (2): 263.
- [21] 李玉帆,明军,王良桂,等. 百合基本营养成分和活性物质研究进展 [J]. 中国蔬菜, 2012 (24): 7-13.
- [22] 胡悦,杜运鹏,田翠杰,等. 百合属植物化学成分及其生物活性的研究进展 [J]. 食品科学, 2018, 39 (15): 323-332.
- [23] CHEN W, ZHANG H, WANG J F, et al. Flavonoid glycosides from the bulbs of *Lilium speciosum* var. *gloriosoides* and their

- potential antiviral activity against RSV [J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2019, 55 (3): 461-464.
- [24] JIN L, ZHANG Y L, YAN L M, et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of bulb extracts of six *Lilium* species native to China [J]. *Molecules*, 2012, 17 (8): 9361-9378.
- [25] 焦灏琳, 张延龙, 牛立新. 卷丹鳞茎多酚组成及其抗氧化活性研究 [J]. *西北农林科技大学学报 (自然科学版)*, 2015, 43 (7): 150-154.
- [26] 李玲, 刘湘丹, 詹济华, 等. 卷丹百合化学成分抗肿瘤活性研究 [J]. *湖南中医药大学学报*, 2018, 38 (10): 1133-1136.
- [27] 王婷婷. 百合和梨的化学成分与活性研究 [D]. 天津: 天津大学硕士学位论文, 2015.
- [28] HAN S Y, YI Y S, JEONG S G, et al. Ethanol extract of *Lilium* bulbs plays an anti-inflammatory role by targeting the IKK α / β -Mediated NF- κ B pathway in macrophages [J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2018, 46 (6): 1281-1296.
- [29] OBMANN A, TSENDAYUSH D, THALHAMMER T, et al. Extracts from the Mongolian traditional medicinal plants *Dianthus versicolor* Fisch. and *Lilium pumilum* Delile stimulate bile flow in an isolated perfused rat liver model [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, 131 (3): 555-561.
- [30] SHIMOMURA H, SASHIDA Y, MIMAKI Y. Phenolic glycerides from *Lilium auratum* [J]. *Phytochemistry*, 1987, 26 (3): 844-845.
- [31] MIMAKI Y, SASHIDA Y. Steroidal saponins from the bulbs of *Lilium brownii* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29 (7): 2267-2271.
- [32] 赵康宏, 周峰, 严思恩, 等. 基于 HPLC-Q-TOF-MS 和 HS-SPME-GC-MS 法分析龙牙百合中的化合物 [J]. *天然产物研究与开发*, 2020, 32 (8): 1331-1342.
- [33] 解王晶. 百合鳞茎酚类物质抗氧化及调节脂质代谢作用研究 [D]. 扬州: 扬州大学硕士学位论文, 2020.
- [34] MA T, WANG Z, ZHANG Y M, et al. Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory components from the bulbs of *Lilium brownii* var. *viridulum* and identifying the underlying mechanism through acting on the NF- κ B/MAPKs pathway [J]. *Molecules*, 2017, 22 (4): 506.
- [35] LUO J G, LI L, KONG L Y. Preparative separation of phenylpropanoid glycerides from the bulbs of *Lilium lancifolium* by high-speed counter-current chromatography and evaluation of their antioxidant activities [J]. *Food Chemistry*, 2012, 131 (3): 1056-1062.
- [36] ZHOU Z L, LIN S Q, YANG H Y, et al. Antiviral constituents from the bulbs of *Lilium lancifolium* [J]. *Asian Journal of Chemistry*, 2014, 26 (22): 7616-7618.
- [37] SHIMOMURA H, SASHIDA Y, MIMAKI Y, et al. Regaloside A and B, acylated glycerol glucosides from *Lilium regale* [J]. *Phytochemistry*, 1988, 27 (2): 451-454.
- [38] SHIMOMURA H, SASHIDA Y, MIMAKI Y, et al. Studies on the chemical constituents of *Lilium henryi* BAKER [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1988, 36 (7): 2430-2446.
- [39] SHIMOMURA H, SASHIDA Y, MIMAKI Y. New phenolic glycerol glucosides, regaloside D, E, and F from the bulbs of *lilium* species [J]. *The Japanese Journal of Pharmacology*, 1989, 43 (1): 64-70.
- [40] MIMAKI Y, SASHIDA Y, SHIMOMURA H. Lipid and steroidal constituents of *Lilium auratum* var. *platyphyllum* and *L. tenuifolium* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28 (12): 3453-3458.
- [41] SASHIDA Y, ORI K, MIMAKI Y. Studies on the chemical constituents of the bulbs of *Lilium mackliniae* [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1991, 39 (9): 2362-2368.
- [42] MUNAFO J P, GIANFAGNA T J. Quantitative analysis of phenylpropanoid glycerol glucosides in different organs of Easter Lily (*Lilium longiflorum* thunb.) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63 (19): 4836-4842.
- [43] 李保利, 申艳红, 杜琳. 卷丹化学成分研究 [J]. *中药材*, 2021, 44 (11): 2578-2583.
- [44] 胡文彦. 江苏产宜兴百合活性研究与质量评价 [D]. 镇江: 江苏大学硕士学位论文, 2007.
- [45] HONG X X, LUO J G, KONG L Y. Two new chlorophenyl glycosides from the bulbs of *Lilium brownii* var. *viridulum* [J]. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2012, 14 (8): 769-775.
- [46] ZHOU Z L, FENG Z C, FU C Y, et al. Steroidal and phenolic glycosides from the bulbs of *Lilium pumilum* DC and their potential Na⁺/K⁺ ATPase inhibitory activity [J]. *Molecules*, 2012, 17 (9): 10494-10502.
- [47] SHIMOMURA H, SASHIDA Y, MIMAKI Y. Bitter phenylpropanoid glycosides from *Lilium speciosum* var. *rubrum* [J]. *Phytochemistry*, 1986, 25 (12): 2897-2899.

- [48] SHOYAMA Y, HATANO K, NISHIOKA I, et al. Phenolic glycosides from *Lilium longiflorum* [J]. *Phytochemistry*, 1987, 26 (11): 2965-2968.
- [49] MIMAKI Y, ISHIBASHI N, ORI K, et al. Steroidal glycosides from the bulbs of *Lilium dauricum* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31 (5): 1753-1758.
- [50] MIMAKI Y, SASHIDA Y. Steroidal and phenolic constituents of *Lilium speciosum* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30 (3): 937-940.
- [51] KIM B R, THAPA P, KIM H M, et al. Purification of phenylpropanoids from the scaly bulbs of *Lilium longiflorum* by CPC and determination of their DPP-IV inhibitory potentials [J]. *ACS Omega*, 2020, 5 (8): 4050-4057.
- [52] WANG T T, HUANG H H, ZHANG Y, et al. Role of effective composition on antioxidant, anti-inflammatory, sedative-hypnotic capacities of 6 common edible *Lilium* varieties [J]. *Journal of Food Science*, 2015, 80 (4): 857-868.
- [53] 孙泽晨. 几种四川野生观赏百合鳞茎酚类物质与抗氧化活性研究 [D]. 雅安: 四川农业大学硕士学位论文, 2018.
- [54] 林美好, 袁志鹰, 曾琪, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MSE 的百合化学成分分析 [J]. *湖南中医药大学学报*, 2020, 40 (8): 964-973.
- [55] 张瑞军, 张萍, 雅蓉, 等. 四川野生百合不同部位多酚与抗氧化活性的相关性 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 47 (2): 191-196.
- [56] 许丽璇. 微波提取百合总黄酮及抗氧化性研究 [J]. *时珍国医国药*, 2010, 21 (8): 2069-2071.
- [57] 张昊, 贺晓龙, 邵青, 等. 山丹鳞茎总黄酮体外抗氧化及抑菌性的研究 [J]. *分子植物育种*, 2017, 15 (7): 2804-2808.
- [58] 靳磊, 牛立新. 百合鳞茎提取物抑菌活性与次生代谢产物含量的相关性 [C]//中国园艺学会. 2009 中国球根花卉年会交流论文集. 杭州: 中国园艺学会, 2009: 76-80.
- [59] 杜娟, 邹园, 罗秋水. 香水百合总黄酮提取液体外抑菌活性研究 [J]. *湖北农业科学*, 2017, 56 (14): 2743-2745.
- [60] 罗耀华, 王馨雨, 陈晟, 等. 7 种百合内外鳞片营养品质及抗氧化特性评价 [J]. *食品工业科技*, 2021, 42 (24): 247-255.
- [61] 胡悦, 杜运鹏, 张梦, 等. 12 种百合主要营养成分和活性成分的分析评价 [J]. *天然产物研究与开发*, 2019, 31 (2): 292-298.
- [62] HUA C P, XIE Z K, WU Z J, et al. The physiological and biochemical effects of phthalic acids and the changes of rhizosphere fungi diversity under continuous cropping of Lanzhou Lily (*Lilium davidii* var. *unicolor*) [J]. *HortScience*, 2019, 54 (2): 253-261.
- [63] 位小丫, 林煜, 陈婷, 等. 田间条件下植物促生细菌缓解太子参连作障碍的效果评价 [J]. *生态学杂志*, 2018, 37 (2): 399-408.

Research Progress on Phenolic Compounds and Their Pharmacological Activities in Lily Bulbs

YU Xin¹, LI Rungen²

(1. School of Chemistry and Bio-engineering, Yichun University, Yichun, Jiangxi, China 336000;

2. School of Life Science Environment and Resource, Yichun University, Yichun, Jiangxi, China 336000)

Abstract: Phenols, the main active components of lily bulbs, so far 84 phenolic compounds have been isolated from the bulbs, including 20 flavonoids and glycosides, 14 phenolic glycerides, 13 phenolic glycerol glucosides, 4 phenolic glycosides, 23 phenylpropanoid sucrose esters and 10 monomeric phenolic acids. Studies have shown that phenols of lily have a wide range of pharmacological activities, such as antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, antiviral, antitumor, inhibition of dipeptidyl peptidase-IV, regulation of lipid metabolism and so on. This paper summarizes the phenolic compounds and their pharmacological activities in lily bulbs, which could provide references for further research, clinical development and application of the medicinal values of lily.

Key words: lily; phenolic compounds; pharmacological activities; research progress

(责任编辑: 陈伟超)