

- [54] 佚名.一种通乳胶囊及其制备方法:中国,108619353A[P]. 2018-10-09.
- [55] 黄泽宋.一种保健营养腊肉的制作方法:中国,107319375A[P]. 2017-11-07.
- [56] 周关键.一种助消化胡萝卜彩色面条及其制备方法:中国,108056382A[P]. 2018-05-22.
- [57] 佚名.一种抹茶千层饼及其制备方法:中国,CN201810039911.3[P]. 2018-05-15.
- [58] 王庆伟,刘雪英,李晓晔,等. α -香附酮作为天然透皮吸收促进剂的应用:中国,201210040911.8[P]. 2012-02-23.

芭蕉化学成分和药理作用研究进展

张 宝^{1,2}, 杨 红¹, 赵 珊¹, 田洪星¹, 蒋 礼², 王永林³, 李勇军^{2*}, 李 悦^{1*}

(1. 贵阳市妇幼保健院药学部, 贵州 贵阳 550003; 2. 贵州医科大学民族药与中药开发应用教育部工程研究中心/省部共建药用植功效与利用国家重点实验室, 贵州 贵阳 550004; 3. 贵州医科大学贵州省药物制剂重点实验室, 贵州 贵阳 550004)

摘要:芭蕉为芭蕉科芭蕉属植物,其花或根茎均可入药,在我国有着悠久的药用历史。研究发现,芭蕉主要含有挥发油类、酚类、phenalenone 类、生物碱类、萜的衍生物等成分,具有抗炎、抑菌、抗肿瘤、促进骨形成、降血糖、降血压等药理作用。本文对芭蕉的化学成分和药理作用进行综述,以期为其进一步研究和开发利用提供参考。

关键词:芭蕉;化学成分;药理作用

中图分类号: R284.1; R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2022)06-1888-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.06.029

芭蕉 *Musa basjoo* Sied. et Zucc. 为芭蕉科芭蕉属植物,原产于东亚热带地区,在我国主要产于广西、云南、贵州、四川等地^[1-2]。作为我国传统药物,芭蕉在《日华子本草》《本草从新》中均有记载,已有一千余年的药用历史,现收载于《贵州省中药材民族药材质量标准(2019年版)》^[3-4]。芭蕉的花和根茎均可入药,味甘、性寒,归胃、脾、肝经,具有清热解毒、止渴利尿等功效,可用于风热头痛、水肿脚气、血淋、肌肤肿痛、丹毒等疾病^[3,5]。目前,以芭蕉为主要原料的制剂如骨康胶囊、肿痛舒喷雾剂等广泛应用于临床。芭蕉中含有挥发油类、酚类、phenalenone 类、生物碱类、萜的衍生物等成分,具有抗炎镇痛、促进骨形成、抑菌、抗肿瘤、降血糖、降血压等药理作用^[6-9],但文献对其归纳报道较少。因此,本文对1989年至2021年的国内外相关文献进行归纳,对芭蕉化学成分和药理作用进行综述,以期对芭蕉的深入研究和开发提供参考。

1 化学成分

1.1 挥发油 挥发油,俗称精油,是一类可随水蒸气蒸馏得到的与水不相混溶的挥发性油状成分的总称,通常由萜烯类、醛类、酯类、醇类等成分组成,具有抗炎、抗过敏、抗氧化、抗病毒、抗突变、驱虫等作用^[10]。芭蕉的花和根茎中均含有丰富的挥发油,目前,通过 GC-MS 法从芭蕉中共分离得到 71 个挥发油类化合物(1~71)^[11-13],见表 1。

1.2 酚类 酚类成分具有抑菌、抗氧化、抗肿瘤等作用^[14]。目前,从芭蕉中分离得到了 27 个酚类化合物^[15-20],包括 8 个简单酚类化合物(72~79),3 个含萜环的酚类化合物(80~82),2 个酚苷类化合物(83~84),5 个黄酮类化合物(85~89),4 个姜黄素类化合物(90~93),5 个其他化合物(94~98),见表 2,结构式见图 1。

1.3 phenalenone 类 phenalenone 类化合物是 3 个苯环两两耦合的植物抗毒素,主要分布在芭蕉科、血草科等高等植物中^[21],具有抗菌、杀虫、降糖、抗氧化、抗病毒等活性^[22-24]。迄今为止,已从芭蕉中分离得到 12 个 phenalenone 类化合物(99~111)^[16-19],见表 3,结构式见图 2。

收稿日期:2020-07-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(U1812403);贵州省创新人才团队项目(20165613,20165677);贵州省中医药、民族医药科学技术研究专项项目(QZYY-2021-176)

作者简介:张 宝(1993—),男,硕士,从事中药药效物质基础及质量控制研究。Tel:18798753353, E-mail:1004800340@qq.com

*通信作者:李勇军(1973—),教授,博士生导师,从事中药药效物质基础及质量控制研究。Tel:(0851)86908468, E-mail:liyongjun026@126.com

李 悦(1976—),硕士,副主任药师,从事临床药学、医院药学研究。Tel:(0851)85960001, E-mail:liyue_0407@163.com

表 1 芭蕉中挥发油类化合物

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
1	辛烷	[12]	25	2-壬酮	[11]	49	棕榈醛	[11-12]
2	十三烷	[12]	26	<i>L</i> -芳樟醇	[11]	50	亚麻酸甲酯	[11]
3	十四烷	[11]	27	(<i>E</i>)-2-壬烯醛	[11-12]	51	17-十八碳烯醛	[11]
4	十五烷	[12]	28	<i>m</i> -乙基异丙苯	[11]	52	(<i>E,E</i>)-farnesylacetone	[11]
5	十七烷	[12]	29	α -松油烯醇	[11]	53	棕榈酸	[11-13]
6	十八烷	[12]	30	癸醛	[11]	54	7,10,13-十六碳三烯-1-酸甲酯	[11]
7	十九烷	[12]	31	(<i>E</i>)-罗勒烯酮	[11]	55	植物醇	[11]
8	二十烷	[12]	32	1-甲基萘	[11]	56	角鲨烯	[11]
9	二十二烷	[12]	33	胡椒烯酮	[11]	57	(<i>E,E</i>)-2,4-癸二烯醛	[12]
10	二十三烷	[11]	34	α -葑澄茄油烯	[11]	58	棕榈酸乙酯	[12]
11	二十四烷	[11-12]	35	α -古芭烯	[11]	59	十八醛	[12]
12	二十五烷	[11-12]	36	香叶基丙酮	[11]	60	10-二十一碳烯	[12]
13	二十七烷	[12]	37	2-十三烷酮	[11]	61	正二十一碳烯	[12]
14	正己醛	[11]	38	ional	[11]	62	亚油酸	[12]
15	青叶醛	[11]	39	菖蒲烯	[11]	63	1,19-二十碳二烯	[12]
16	正己醇	[11]	40	α -雪松醇	[11]	64	(<i>Z</i>)-9-二十三碳烯	[12]
17	2-庚酮	[11]	41	壬醛	[11-12]	65	11-二十三碳烯	[12]
18	(<i>Z</i>)-4-庚烯醛	[11]	42	肉豆蔻醛	[11-12]	66	二十三碳烯	[12]
19	水芹醛	[11-12]	43	10-表- γ -桉叶醇	[11]	67	cyclotetracosane	[12]
20	苯甲醛	[11]	44	γ -杜松烯	[11]	68	(<i>Z</i>)-14-tricosenyl formate	[12]
21	2-正戊基呋喃	[11-12]	45	白菖油萜	[11]	69	(<i>Z</i>)-12-二十五碳烯	[12]
22	辛醛	[11]	46	十五醛	[11-12]	70	正二十六烷醇	[12]
23	(<i>E,E</i>)-2,4-庚二烯醛	[11]	47	十五碳烯	[11]	71	二十九碳烯	[12]
24	2-乙基己醇	[11]	48	菲	[11]			

表 2 芭蕉中酚类化合物

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
72	没食子酸	[15]	86	异槲皮苷	[15]
73	咖啡酸甲酯	[15]	87	(2 <i>R</i> ,3 <i>S</i>)-5,7,3',4',5'-pentahydroxyflavanonol	[15]
74	guaiaacylglycerol	[15]	88	buein	[15]
75	3,4-二羟基苯甲醛	[17]	89	2',3,4'-三羟基黄酮	[17]
76	4-羟基-3-甲氧基苯甲醛	[18]	90	1,7-bis(3,4-dihydroxyphenyl)-hepta-4(<i>E</i>),6(<i>E</i>)-dien-3-one	[15]
77	4-羟基-3-甲氧基苯甲酸	[18]	91	1,7-bis(4-hydroxyphenyl) hepta-4(<i>E</i>),6(<i>E</i>)-dien-3-one	[16]
78	<i>trans-p</i> -hydroxycinnamic acid ethyl ester	[18]	92	(4 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) hepta-4,6-dien-3-one	[19]
79	阿魏酸乙酯	[18]	93	bis-demethoxycurcumin	[19]
80	7-hydroxy-2-phenylnaphthalene-1-carboxylic acid ethyl ester	[20]	94	3-(3,4-dihydroxyphenyl)-acrylic acid-1-(3,4-dihydroxyphenyl)-2-methoxy carbonyl ethyl ester	[15]
81	(1 <i>S</i> ,2 <i>R</i> ,3 <i>S</i>)-(–)-2,3-dihydro-1,2,3-trihydroxy-4-(4'-hydroxyphenyl)phenalene	[18]	95	rel-(3 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,10 <i>bR</i>)-3-(4'-hydroxyphenyl)-8-hydroxy-9-methoxy-4 <i>a</i> ,5,6,10 <i>b</i> -tetrahydro-3 <i>H</i> -naphtho[2,1- <i>b</i>]pyran	[18]
82	(1 <i>R</i> ,2 <i>S</i> ,3 <i>R</i>)-2,3-dihydro-1,2,3-trihydroxy-4-(4'-methoxyphenyl)-1 <i>H</i> -phenalene	[19]	96	rel-(3 <i>S</i> ,4 <i>aR</i> ,10 <i>bR</i>)-3-(4'-methoxyphenyl)-8-hydroxy-9-methoxy-4 <i>a</i> ,5,6,10 <i>b</i> -tetrahydro-3 <i>H</i> -naphtho[2,1- <i>b</i>]pyran	[20]
83	thero-guaiaacylglycerol-8- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glycopyranoside	[15]	97	rel-(3 <i>S</i> ,4 <i>aR</i> ,10 <i>bR</i>)-8-hydroxy-3-(4-hydroxyphenyl)-9-methoxy-4 <i>a</i> ,5,6,10 <i>b</i> -tetrahydro-3 <i>H</i> -naphtho[2,1- <i>b</i>]pyran	[19]
84	leonuriside A	[18]	98	lasiodiplodin	[19]
85	槲皮素	[15]			

1.4 萘的衍生物类 萘是一种用途广泛的有机合成原料,其化学性质活泼,易氧化生成1,8-萘醌或脱氢生成萘烯,萘的衍生物常用作杀菌剂、杀虫剂和还原染料等^[25]。目前,已从芭蕉的根茎中分离得到8个该类化合物^[16,18-19],包括3个新化合物 *cis*-3-(4'-methoxyphenyl)-acenaphthene-

1,2-diol (**111**)、*trans*-(1*S*,2*S*)-3-phenyl-acenaphthene-1,2-diol (**112**)、8-(4-hydroxyphenyl)-2*H*-acenaphthylene-1-one (**113**)和5个已知化合物(**114~118**),见表4,结构式见图3。

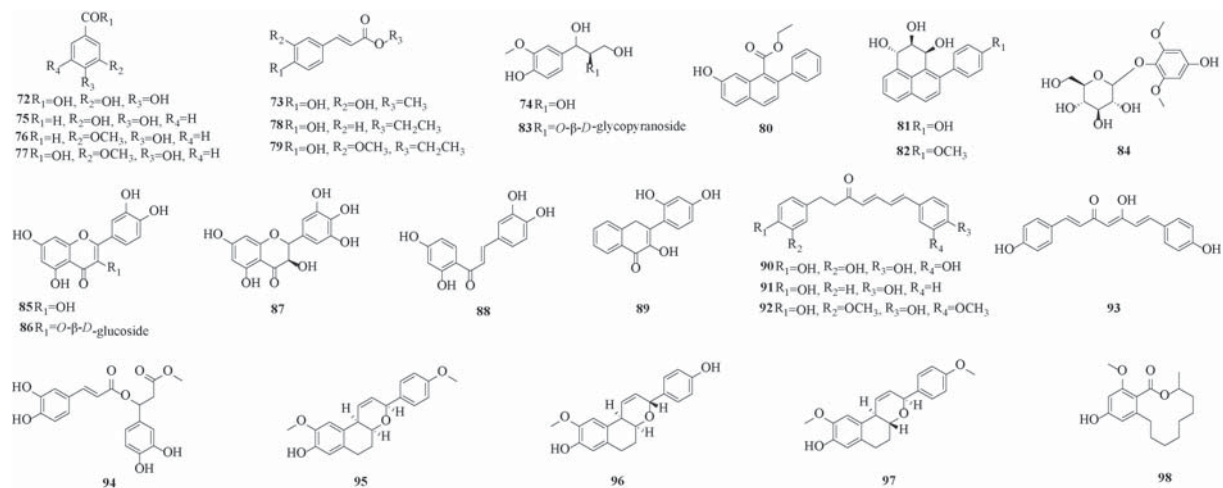


图 1 芭蕉中酚类化合物结构式

表 3 芭蕉中 Phenalenone 类化合物

编号	化合物	文献
99	2-methoxy-9-(3'-methoxy-4'-hydroxyphenyl)-1H-phenalen-1-one	[16]
100	2-methoxy-9-(4'-hydroxyphenyl)-1H-phenalen-1-one	[16]
101	2-methoxy-4-phenylphenalen-1-one	[16]
102	4-(4'-hydroxyphenyl)-2-methoxyphenalen-1-one	[16]
103	3,3'-bis-hydroxyanigorufone	[17]
104	irenonone	[17,19]
105	2,4-dihydroxy-9-(4'-hydroxyphenyl)-phenalenone	[17]
106	2-hydroxy-9-(4-hydroxyphenyl)-1H-phenalen-1-one	[18]
107	4-hydroxy-2-methoxy-9-phenyl-1H-phenalen-1-one	[19]
108	2-methoxy-9-phenyl-phenalen-1-one	[19]
109	4'-dehydroxy-irenonone	[19]
110	2-hydroxy-4-(p-methoxyphenyl)-phenalen-1-one	[19]

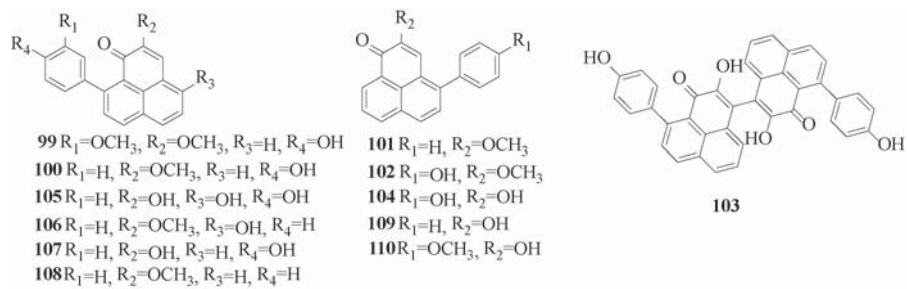


图 2 芭蕉中 phenalenone 类化合物结构式

表 4 芭蕉中萘的衍生物类化合物

编号	化合物	文献
111	cis-3-(4'-methoxyphenyl)-acenaphthene-1,2-diol	[16]
112	trans-(1S,2S)-3-phenyl-acenaphthene-1,2-diol	[16]
113	8-(4-hydroxyphenyl)-2H-acenaphthylene-1-one	[16]
114	trans-(1S,2S)-3-(4'-methoxyphenyl)-acenaphthene-1,2-diol	[19]
115	cis-3-phenylacenaphthene-1,2-diol	[19]
116	2-phenylnaphthalic anhydride	[16]
117	2-(4'-hydroxyphenyl)naphthalene-1,8-dicarboxylic anhydride	[18]
118	2-(4'-methoxyphenyl)naphthalene-1,8-dicarboxylic anhydride	[19]

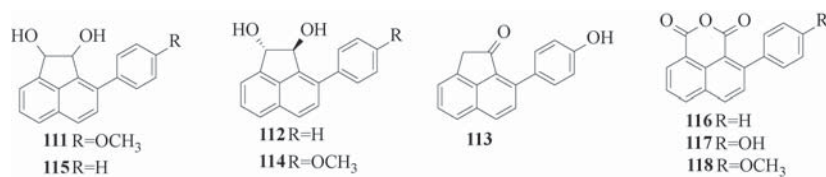


图 3 芭蕉中萘的衍生物类化合物结构式

1.5 生物碱 生物碱是存在于生物体内的一类含氮碱性有机化合物，大多数有复杂的环状结构^[26]。生物碱的药理活性多样，具有抗肿瘤、抗炎镇痛、抗菌、抗病毒、心血管

作用、杀虫等作用^[27]。目前，从芭蕉中分离得到 4 个生物碱，分别是 3-吡啶乙酸（**119**）^[28]、3-吡啶丁酸（**120**）^[28]、腺苷（**121**）^[18]、尿苷（**122**）^[18]，结构式见图 4。

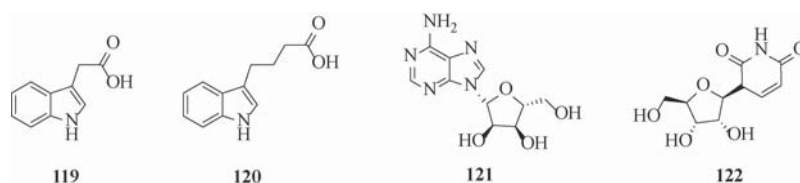


图 4 芭蕉中生物碱化合物结构式

1.6 蛋白质 氨基酸是人体所需的营养成分，某些氨基酸缺乏时，人体正常的生长发育就会受到抑制或导致疾病^[29]。王祥培等^[30-31]利用氨基酸分析仪检测到芭蕉的花、假茎、根均含有丰富的氨基酸，包括天冬氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸等 7 种必需氨基酸以及组氨酸、精氨酸、谷氨酸等 10 种非必需氨基酸。此外，Ho 等^[32]从成熟的芭蕉果实中分离得到 1 个类甜蛋白。

1.7 其他 除上述化合物，芭蕉中还分离得到 9 个其他类型化合物^[9,13,17-19,28,33]，包括 4 个三萜类化合物（**123** ~ **126**），1 个倍半萜类化合物（**127**），4 个芳香酯（**128** ~ **131**）。此外，芭蕉中还含有糖类、维生素、胡萝卜素、凝

集素及微量元素等物质^[32,34-35]，见表 5，结构式见图 5。

表 5 芭蕉中其他化合物

编号	化合物	文献
123	豆甾醇	[9,17]
124	β -谷甾醇	[13]
125	羽扇豆烯酮	[13,33]
126	胡萝卜苷	[17,19]
127	脱落酸	[28]
128	2-(1-萘基)乙酸	[28]
129	邻苯二甲酸二丁酯	[18]
130	bis-(2-ethylhexyl) terephthalate	[19]
131	邻苯二甲酸-(2-乙基)己酯	[18]

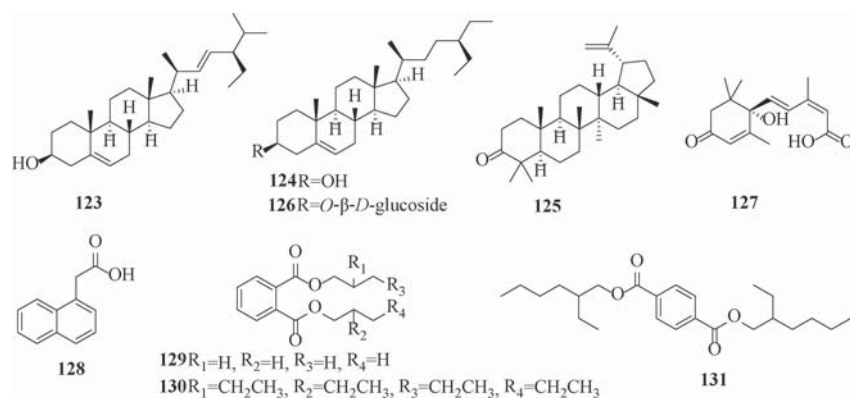


图 5 芭蕉中其他化合物结构式

2 药理作用

2.1 抗菌 顾仁勇等^[36]用滤纸片法测定了芭蕉汁对大肠杆菌、枯草杆菌、变形杆菌、金黄色葡萄球菌、白葡萄球菌、根霉、黑曲霉、青霉、假丝酵母、酿酒酵母的抑菌圈直径，结果发现，芭蕉汁对受试菌种均表现出中度敏感性，抑菌圈在 10.0~14.0 mm 之间，且各剂量芭蕉汁对受试菌的抑制作用无明显差异。魏金凤等^[37]研究发现，芭蕉根石油醚、正丁醇萃取部位及芭蕉花的石油醚萃取部位对金黄

色葡萄球菌（SA）、耐甲氧西林的金黄色葡萄球菌（MRSA）、 β -内酰胺酶阳性的金黄色葡萄球菌（ESBLs）均有抑制作用，其中，芭蕉根石油醚萃取部位抗菌最强，芭蕉花石油醚萃取部位次之，芭蕉根正丁醇萃取部位最弱。Ho 等^[32]从成熟的芭蕉果实中分离得到 1 个类甜蛋白，并测定其抑菌活性，结果显示，其能抑制尖孢镰刀菌和落花生球腔菌的菌丝生长， IC_{50} 值约为 20 μ mol/L，在 pH1~7、70 $^{\circ}$ C 以下时抗菌活性稳定。张倩等^[17]对分离得到 3, 4-二

羟基苯甲醛 (75)、2', 3, 4'-三羟基黄酮 (89)、3, 3'-bis-hydroxyanigorufone (103)、irenone (104)、2, 4-dihydroxy-9- (4'-hydroxyphenyl) -phenalenone (105) 进行抗 SA、MRSA、ESBLs 活性筛选, 结果显示, 2, 4-dihydroxy-9- (4'-hydroxyphenyl) -phenalenone (105) 对 3 种试验菌均表现出显著的抑菌活性。

2.2 抗炎镇痛 梁玉清等^[38]通过二甲苯致小鼠耳炎症试验、棉球肉芽肿试验、醋酸扭体试验发现, 芭蕉根、茎、叶均有抗炎镇痛作用, 其中, 芭蕉叶的镇痛效果最显著。孙宜春^[3]研究发现, 芭蕉根石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取部位和水部位均具有一定的镇痛作用, 同时, 石油醚和正丁醇部位具有抗炎和镇痛双重作用。Xu 等^[33]利用网络药理学分析平台识别与炎症相关的靶蛋白发现, 芭蕉中分离得到的羽扇豆烯酮 (125) 可以调节转录因子 p65、AP-1、I κ B- α 、NF- κ B p105 等信号通路相关蛋白的表达, 还可以降低急、慢性炎症大鼠的 IL-1 β 、IFN- γ 水平。

2.3 促进骨形成 董莉等^[39]采用 MTT 法、ELISA 法对芭蕉根提取物各组分促进成骨细胞增殖及分化的有效组分进行筛选, 结果发现, 乙酸乙酯萃取部位可以促进人成骨肉瘤细胞 SaOS-2 的增殖, 升高碱性磷酸酶 (ALP), 促进钙离子 (Ca²⁺) 和骨钙素 (BGP) 的分泌, 从而促成骨细胞增殖及分化。杨健等^[40-41]研究发现, 骨康胶囊对体外培养的 SaOS-2 细胞的增殖、分化和矿化有促进作用, 芭蕉根作为骨康胶囊的原料药材之一, 可能是其发挥疗效的重要部分。

2.4 降血糖 张倩等^[42]采用体外 α -葡萄糖苷酶抑制模型测定芭蕉根和花提取物的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, 结果发现, 芭蕉根和花的提取物均能有效抑制 α -葡萄糖苷酶, 且芭蕉根的石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取部位以及芭蕉花的石油醚萃取部位的抑制作用均强于阳性对照药阿卡波糖。根据活性追踪法, 张倩等^[17]对芭蕉根乙酸乙酯部位的化学成分进行研究, 测定了其中 5 个化合物的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, 结果发现, 3, 3'-bis-hydroxyanigorufone (103) 和 2, 4-dihydroxy-9- (4'-hydroxyphenyl) -phenalenone (105) 具有一定的 α -葡萄糖苷酶抑制活性。钱海兵等^[43]研究发现, 芭蕉根有效部位 (总皂苷和酚类之和大于 50%) 对四氧嘧啶糖尿病小鼠具有一定的降血糖作用, 对正常小鼠的血糖无影响, 但对四氧嘧啶模型小鼠及正常小鼠的糖负荷均增加。此外, 徐锋^[44]研究发现, 羽扇豆烯酮 (125) 对 2 型糖尿病鼠胰岛素抵抗葡萄糖耐量和胰岛素耐量具有改善作用, 并能增加胰岛素敏感性和降低胰岛素抵抗指数, 对胰腺组织的病变也有保护和修复作用。

2.5 抗肿瘤 Wong 等^[45]从芭蕉中分离得到植物血凝素 (EBL) 并进行抗肿瘤活性测定, 结果表明, 其能抑制白血病细胞 L1210 的增殖。Jiang 等^[16]采用 MTT 法对芭蕉根 70% 乙醇提取物中分离得到的 1, 7-bis (4-hydroxyphenyl) hepta-4 (E), 6 (E) -dien-3-one (91)、2-methoxy-9- (3'-methoxy-4'-hydroxyphenyl) -1H-phenalen-1-one (99)、2-

methoxy-9- (4'-hydroxyphenyl) -1H-phenalen-1-one (100)、2-methoxy-4-phenylphenalen-1-one (101)、4- (4'-hydroxyphenyl) -2-methoxyphenalen-1-one (102)、2-methoxy-9-phenyl-phenalen-1-one (108)、4'-dehydroxy-irenone (109)、2-hydroxy-4- (p-methoxyphenyl) -phenalen-1-one (110)、8- (4-hydroxyphenyl) -2H-acenaphthylene-1-one (113) 进行抗黑色素瘤细胞 WM9、乳腺癌细胞 MDA-MB231、宫颈癌细胞 HeLa、人慢性髓系白血病细胞 K562 和前列腺癌细胞 DU145、PC3 活性筛选, 结果 1, 7-bis (4-hydroxyphenyl) hepta-4 (E), 6 (E) -dien-3-one (91) 对 HeLa 细胞株的抗肿瘤活性较好, IC₅₀ 值为 (2.65 $\pm$ 0.38) μ mol/L; 8- (4-hydroxyphenyl) -2H-acenaphthylene-1-one (113) 对 HeLa、MDA-MB231、WM9 细胞株的细胞毒活性显著, IC₅₀ 值分别为 (6.51 $\pm$ 0.44)、(18.54 $\pm$ 0.68)、(7.98 $\pm$ 1.44) μ mol/L。此外, 芭蕉花的乙酸乙酯和石油醚部位对肝癌细胞 BEL-7402 具有增殖抑制作用^[9]。

2.6 降压 方紫岑等^[9]研究发现, 芭蕉花石油醚萃取物和乙酸乙酯萃取物对 Ang II 诱导大鼠的胸主动脉平滑肌细胞 A7r5 增殖有抑制作用, IC₅₀ 值为 55.5 μ g/mL, 表明其具有抗高血压的活性, 豆甾醇 (123) 可能是其发挥抗高血压活性的有效成分之一。潘兴寿等^[46]发现, 野芭蕉多糖可有效抑制自发性高血压大鼠血管平滑肌细胞 VSMC 的过度增殖, 表明其具有一定的抗动脉粥样硬化退行性血管疾病作用, 其作用机制可能与下调胆固醇调节元件结合蛋白 (SREBP) mRNA 表达、调节脂质代谢紊乱有关。此外, 朱尚勤等^[8]研究发现, 芭蕉根总生物碱对实验犬具有降压作用, 静脉注射组的效果较灌胃组明显, 灌胃组的作用时间较静脉注射组长。

2.7 其他 芭蕉还具抗氧化、抗病毒、免疫调节、调节肠道菌群等药理活性。张倩等^[17]发现, 芭蕉根乙酸乙酯部位中分离得到的 3, 4-二羟基苯甲醛 (75)、2', 3, 4'-三羟基黄酮 (89)、irenone (104) 具有 DPPH 自由基清除活性。Wong 等^[45]研究发现, EBL 能刺激脾淋巴细胞的有丝分裂, 从而产生免疫调节作用; 且 EBL 对艾滋病毒 HIV-1 的逆转录酶具有抑制作用, 从而抑制 HIV-1 的增殖。此外, Wei 等^[47]发现, 芭蕉可通过调整丰富的益生菌和病原体以控制小鼠肠内微生物群。芭蕉提取物及活性成分的主要药理作用总结见表 6。

3 结语与展望

本文对芭蕉的化学成分和药理作用进行整理, 从芭蕉中共分离得到 131 个化合物, 包括挥发油、酚类、phenalenone 类和萜的衍生物, 具有抗炎、抑菌、抗肿瘤、降血糖、降血压、促进骨形成等药理作用。然而, 国内外对芭蕉药理活性的研究大多停留于总提取物和有效组分的药效, 对单体化合物的活性研究较少, 作用机制大多不明确, 使得芭蕉的进一步开发利用受到限制, 例如 phenalenone 类化合物具有抗菌、杀虫、降糖、抗氧化、抗病毒等活性, 姜黄素类化合物具有抗炎、抗氧化和抗肿瘤

表 6 芭蕉提取物及活性成分的药理作用

名称	来源	药理作用	文献
芭蕉汁	新鲜叶柄	抗菌 ⁺⁺	[36]
芭蕉粉末	果实	调节肠道微生物群 ⁺⁺	[47]
芭蕉水提物	根	抗炎镇痛 ⁺⁺	[38]
	茎	抗炎镇痛 ⁺⁺	[38]
	叶	抗炎镇痛 ⁺⁺⁺	[38]
	花	抗菌 ⁺⁺ 、降血糖 ⁺⁺⁺ 、抗肿瘤(BEL-7402) ⁺⁺⁺ 、抗高血压 ⁺⁺	[9,37,42]
石油醚萃取部位	根	抗菌 ⁺⁺⁺ 、抗炎 ⁺ 、镇痛 ⁺ 、降血糖 ⁺⁺⁺	[3,37,42]
	花	抗肿瘤(BEL-7402 细胞) ⁺⁺⁺ 、抗高血压 ⁺⁺	[9]
乙酸乙酯萃取部位	根	镇痛 ⁺⁺ 、促进骨形成 ⁺⁺⁺ 、降血糖 ⁺⁺ 、抗氧化 ⁺⁺	[3,42]
	根	抗菌 ⁺ 、抗炎 ⁺ 、镇痛 ⁺ 、降血糖 ⁺⁺⁺	[3,37,42]
正丁醇萃取部位	根	镇痛 ⁺⁺	[3]
水部位	根	降血糖 ⁺⁺	[43]
总皂苷和酚类	根	抗高血压 ⁺⁺ 、调节血脂 ⁺⁺	[46]
多糖	茎	抗高血压 ⁺⁺	[8]
总生物碱	茎	抗肿瘤 ⁺⁺ 、免疫调节 ⁺⁺ 、抗 HIV ⁺⁺	[45]
EBL	果实	抗菌 ⁺⁺	[33]
类甜蛋白	果实	抗氧化 ⁺⁺	[17]
二羟基苯甲醛(75)	根	抗氧化 ⁺⁺	[17]
2',3,4'-三羟基黄酮(89)	根	抗肿瘤(HeLa 细胞) ⁺⁺	[16]
1,7-bis(4-hydroxyphenyl) hepta-4(E),6(E)-dien-3-one(91)	根	降血糖 ⁺⁺⁺	[17]
3,3'-bis-hydroxyanigorufone(103)	根	抗氧化 ⁺⁺	[17]
irenone(104)	根	抗菌 ⁺⁺⁺ 、降血糖 ⁺⁺⁺	[17]
2,4-dihydroxy-9-(4'-hydroxyphenyl)-phenalene(105)	根	抗肿瘤(HeLa、MDA-MB231、WM9 细胞) ⁺⁺⁺	[16]
8-(4-hydroxyphenyl)-2H-acenaphthylene-1-one(113)	根	抗炎 ⁺⁺⁺ 、降血糖 ⁺⁺	[33,44]
羽扇豆烯酮(125)	根		

注: + 表示活性弱, ++ 表示活性中等, +++ 表示活性强。

等活性, 芭蕉的衍生物具有杀菌、杀虫等活性, 这些成分可能是芭蕉发挥药理作用的活性物质, 但未见对单体化合物进行分类研究其相关药理活性的报道。此外, 对药理活性的研究多为体外筛选, 少有深入研究其作用机制的相关报道。因此, 后续应该进一步研究芭蕉的活性成分及作用机制, 从而促进芭蕉的产品开发和临床应用。

参考文献:

[1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 235.

[2] 徐 锋, 杨 烨, 舒秋娥, 等. 芭蕉根的 UPLC 指纹图谱研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(15): 111-114.

[3] 孙宜春. 贵州苗药芭蕉根镇痛抗炎活性部位及其质量评价研究[D]. 贵阳: 贵阳中医学院, 2009.

[4] 贵州省药品监督管理局. 贵州省中药材民族药材质量标准: 2019 年版[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 42.

[5] 包 骏, 冉懋雄. 贵州苗族医药研究与开发[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1999: 153.

[6] 徐 锋, 吴红梅, 杨 烨, 等. 苗药芭蕉根的研究进展[J]. 中国民族医药杂志, 2012, 18(7): 56-58.

[7] 刘 洋, 卢 群, 周志远, 等. 芭蕉植物的研究及开发进展[J]. 广东药学院学报, 2013, 29(6): 675-677; 681.

[8] 朱尚勤, 莫少泽. 芭蕉茎总生物碱对犬血压的影响[J]. 右江民族医学院学报, 1989, 11(1): 5-8.

[9] 方紫琴, 周志远, 谢 哲, 等. 芭蕉花活性成分提取及其体外生物活性研究[J]. 广东药科大学学报, 2017, 33

(4): 503-508.

[10] 王雅琪, 杨园珍, 伍振峰, 等. 中药挥发油传统功效与现代研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(2): 455-461.

[11] 王祥培, 许士娜, 吴红梅, 等. 鲜、干品芭蕉根挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(8): 82-85.

[12] Huang J, Tang R R, Wu H M, et al. GC-MS analysis of essential oil from the flowers of *Musa basjoo* [J]. *Chem Nat Compd*, 2016, 52(2): 334-335.

[13] 王祥培, 郝俊杰, 许士娜, 等. 芭蕉根醋酸乙酯部位的化学成分研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(3): 515-516.

[14] Ahangarpour A, Sayahi M, Sayahi M. The antidiabetic and antioxidant properties of some phenolic phytochemicals: a review study[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(1): 854-857.

[15] Tai Z G, Chen A Y, Qin B D, et al. Chemical constituents and antioxidant activity of the *Musa basjoo* flower[J]. *Eur Food Res Technol*, 2014, 239(4): 501-508.

[16] Jiang L, Zhang B, Wang Y, et al. Three new acenaphthene derivatives from rhizomes of *Musa basjoo* and their cytotoxic activity[J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(8): 1307-1312.

[17] 张 倩, 康文艺. 芭蕉根活性成分研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(18): 2424-2427.

[18] 蒋 礼, 雷 艳, 黄 勇, 等. 苗药芭蕉根的化学成分研究(II)[J]. 中药材, 2019, 42(12): 2809-2812.

[19] 付思红, 彭 潇, 蒋 礼, 等. 苗药芭蕉根化学成分研究[J]. 中药材, 2018, 41(3): 595-599.

[20] Ma X, Jiang L, Zhu M H, et al. Two new compounds from

- rhizomes of *Musa basjoo*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2021, 23(12): 1135-1139.
- [21] 程燕妮, 张朝凤, 张 勉. Phenalenone 类化合物的结构与 NMR 波谱特征的研究概况[J]. 中国民族民间医药, 2013, 22(13): 9-11.
- [22] Norman E O, Lever J, Brkljaca R, *et al.* Distribution, biosynthesis, and biological activity of phenylphenalenone-type compounds derived from the family of plants, *Haemodoraceae* [J]. *Nat Prod Rep*, 2019, 36(5): 753-768.
- [23] Li Y, Yue Q, Jayanetti D R, *et al.* Anti-cryptococcus phenalenones and cyclic tetrapeptides from *Auxarthron pseudauxarthron*[J]. *J Nat Prod*, 2017, 80(7): 2101-2109.
- [24] Macabeo A P G, Pilapil L A E, Garcia K Y M, *et al.* Alpha-glucosidase and lipase-inhibitory phenalenones from a new species of *Pseudolophiostoma* originating from Thailand [J]. *Molecules*, 2020, 25(4): 965.
- [25] 李 浩, 王康康, 李改锋, 等. 范的用途及提取工艺研究进展[J]. 广州化工, 2016, 44(11): 5-6; 9.
- [26] Debnath B, Singh W S, Das M, *et al.* Role of plant alkaloids on human health: a review of biological activities [J]. *Mater Today Chem*, 2018, 9(3): 56-72.
- [27] Mondal A, Gandhi A, Fimognari C, *et al.* Alkaloids for cancer prevention and therapy: current progress and future perspectives[J]. *Eur J Pharmacol*, 2019, 858: 172472.
- [28] Liu H T, Li Y F, Luan T G, *et al.* Simultaneous determination of phytohormones in plant extracts using SPME and HPLC[J]. *Chromatographia*, 2007, 66(7-8): 515-520.
- [29] Schwab G, Broderick G A. A 100-year review: protein and amino acid nutrition in dairy cows[J]. *J Dairy Sci*, 2017, 100(12): 10094-10112.
- [30] 王祥培, 孙宜春, 靳风云, 等. 芭蕉根的氨基酸成分分析[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(10): 3248.
- [31] 马 博, 苏仕林, 黄娇丽. 野生芭蕉花与假茎的营养成分分析[J]. 食品工业, 2018, 39(6): 313-316.
- [32] Ho V S M, Wong J H, Ng T B. A thaumatin-like antifungal protein from the emperor banana[J]. *Peptides*, 2007, 28(4): 760-766.
- [33] Xu F, Yang L B, Huang X L, *et al.* Lupenone is a good antiinflammatory compound based on the network pharmacology [J]. *Mol Divers*, 2020, 24(1): 21-30.
- [34] 孙宜春, 王祥培, 靳风云, 等. 芭蕉根有效成分的初步研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(2): 360-361.
- [35] 田学军, 郭亚力, 袁 寒, 等. 5 种可食野生和栽培植物茎叶、花序的营养成分分析[J]. 云南农业科技, 2012(5): 14-15.
- [36] 顾仁勇, 张 丽, 傅伟昌, 等. 芭蕉汁的抑菌作用[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(3): 57-59.
- [37] 魏金凤, 张 倩, 赵 琳, 等. 苗药芭蕉体外抗菌活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(17): 69-71.
- [38] 梁玉清, 杨留波, 王远敏, 等. 芭蕉根茎叶紫外光谱组与抗炎镇痛的药效比较研究[J]. 时珍国医国药 2017, 28(3): 544-546.
- [39] 董 莉, 许 敏, 陈华娟, 等. 芭蕉根促成骨细胞增殖及分化的有效组分筛选研究[J]. 中外医疗, 2019, 38(18): 13-16.
- [40] 杨 健, 陆定艳, 彭 潇, 等. 骨康胶囊对 SaOS-2 人成骨样细胞增殖、分化及矿化的影响[J]. 贵州医科大学学报, 2018, 43(5): 517-521.
- [41] 杨 健, 李 靖, 彭 潇, 等. 骨康胶囊组方药物对成骨细胞 SaOS-2 增殖分化及矿化的影响[J]. 贵州医科大学学报, 2019, 44(2): 158-162.
- [42] 张 倩, 常 星, 康文艺. 芭蕉的 α -葡萄糖苷酶抑制活性 [J]. 食品工业科技, 2010, 31(2): 125-126; 130.
- [43] 钱海兵, 郝俊杰, 王祥培. 芭蕉根有效部位对小鼠血糖及糖耐量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(18): 187-189.
- [44] 徐 锋. 芭蕉根质量控制和羽扇豆酮改善胰岛素抵抗作用、机制及急性毒性研究[D]. 贵阳: 贵阳中医学院, 2014.
- [45] Wong J H, Ng T B. Isolation and characterization of a glucose/mannose-specific lectin with stimulatory effect on nitric oxide production by macrophages from the emperor banana[J]. *Int J Biochem Cell Biol*, 2006, 38(2): 234-243.
- [46] 潘兴寿, 梁 烨, 曾德创, 等. 野芭蕉多糖对自发性高血压大鼠血管平滑肌细胞增殖的影响及其与胆固醇调节元件结合蛋白表达的关系 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(7): 3026-3030.
- [47] Wei T, Bao J Y, Yang H H, *et al.* *Musa basjoo* regulates the gut microbiota in mice by rebalancing the abundance of probiotic and pathogen[J]. *Microb Pathog*, 2019, 131: 205-211.