

# 海杧果属红树植物的化学成分及其生物活性研究概述

## Chemical Constituents and Bioactivity of Mangrove Plants in the Genus *Cerbera*

徐 艳<sup>1</sup>, 冯 涛<sup>2</sup>, 童万平<sup>1\*</sup>

XU Yan<sup>1</sup>, FENG Tao<sup>2</sup>, TONG Wan-ping<sup>1</sup>

(1. 广西海洋研究所海洋生物技术重点实验室, 广西北海 536000; 2. 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 云南昆明 650204)

(1. Guangxi Institute of Oceanology, Guangxi Key Laboratory of Marine Biotechnology, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan, 650204, China)

**摘要:**海杧果属红树植物多花海芒果 (*Cerbera floribunda*)、海芒果 (*Cerbera manghas*) 和白花海芒果 (*Cerbera odollam*) 的主要化学成分为强心甙体类、萜类和苯丙素类, 生物活性主要表现为具有毒性、杀虫、抗菌、抗氧化、抗肿瘤和中枢抑制作用。海杧果属红树植物具有较高的药用价值, 值得进一步深入研究开发。

**关键词:**红树植物 海杧果属 强心甙体类 萜类 毒性 抗肿瘤

**中图分类号:**Q946 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2011)01-0055-07

**Abstract:** The prime types of chemical constituents in three mangrove plants of genus *Cerbera* (*Cerbera floribunda*, *Cerbera manghas*, *Cerbera odollam*) were cardenolides, terpenoids and phenylpropanoids. The bioactivities of the three plants were toxicity, antifungal, insecticidal, antioxidative, antitumor and central inhibition activities. It is suggested that the plants are of high medicinal value and worth further research and exploitation.

**Key words:** mangrove, *Cerbera*, cardenolides, terpenoids, toxicity, antitumor

海杧果属 (*Cerbera*) 植物为夹竹桃科 (Apocynaceae) 的常绿小乔木或灌木, 全世界约有 10~15 种, 分布于亚洲热带和亚热带及澳大利亚, 以马达加斯加和亚洲太平洋沿岸为多, 其中多花海芒果 (*Cerbera floribunda*)、海芒果 (*Cerbera manghas*) 和白花海芒果 (*Cerbera odollam*) 为红树植物, 我国仅产海芒果一种, 主要分布于广东南部、广西南部 and 台湾<sup>[1~3]</sup>。

海杧果属红树植物具有多种民间药用。早期缅甸人用白花海芒果的种子精油作为化妆品使用, 此精油还可以与其他油混合, 用做杀虫剂或者驱虫

剂<sup>[4,5]</sup>。在印度, 它用于催吐、通便和刺激作用, 也可以用作制造纤维的原料<sup>[6,7]</sup>。在巴布亚新几内亚的 East-Sepik 和 Madang 村, 多花海芒果被当地居民用来解蛇毒<sup>[8]</sup>。海杧果属红树植物除了具有毒性之外, 还具有防治心脑血管疾病、抗菌杀虫、抗癌等作用。

海杧果属中的 3 种红树植物是热带、亚热带海区潮间带特有高等耐盐植物, 其化学成分和生理活性都具有很多特殊性<sup>[9,10]</sup>, 在医药、农药和化妆品等领域都有应用<sup>[11~14]</sup>, 但是有关海杧果属红树植物的报道却很少。本文从化学成分和生物活性两个方面概述海杧果属红树植物的研究进展, 文献收录至 2010 年初。

### 1 化学成分

海杧果属植物中主要含有强心苷、苯丙素类、环

收稿日期: 2010-05-11

作者简介: 徐 艳 (1981-), 女, 硕士研究生, 主要从事海洋天然产物研究。

\* 通讯作者。

烯醚萜苷、降单萜和黄酮等类型的化合物<sup>[15~18]</sup>。从1972年到2010年的文献看,从海芒果属红树植物中分离鉴定的新化合物共有95个,涉及3个种,这些成分按其结构类型可分为4个大类。

红树植物的化合物大部分来自海芒果和白花海芒果,多花海芒果中化学成分的报道很少。在已有文献中大部分化合物都分离自海芒果属红树植物的叶子和茎,而从种子、树皮、根和果实中分离出化合物只占少数。强心苷类化合物主要分离自叶子、种子和根茎等部位;萜类化合物主要来自叶子,在根茎和果实中也有少量分布;苯丙素类化合物主要存在于茎中,其次是根;黄酮苷类化合物全部来自于海芒果属红树植物的叶子。

### 1.1 甾体类化合物

红树植物中的甾体类化合物共32个(图1),主要分离自红树植物的种子和根,仅发现强心苷和C<sub>21</sub>甾体两种类型,其中,强心苷是红树植物的主要活性成分。红树植物中的强心苷全部为甲型强心苷,其C<sub>17</sub>位侧链全部为不饱和五元内酯环,目前已经分离到:17β(α)-solanoside(1)<sup>[11]</sup>、β-gentiobiosyl-(1"→4')-deacetyltanghinin(2)<sup>[12]</sup>、glucosyl thevetoside(3)<sup>[12]</sup>、17βH-tanghinigeninβ-D-glucosyl-(1"→4')-β-L-thevetoside(4)<sup>[12]</sup>、thevetin B(5)<sup>[12]</sup>、2'-O-acetyl thevetin B(6)<sup>[12]</sup>、17β(α)-neriifolin(7)<sup>[12]</sup>、17β(α)-deacetyltanghinin(8)<sup>[12]</sup>、17β(α)-tanghinigenin(9)<sup>[12]</sup>、cerberin(10)<sup>[12,19]</sup>、7,8-dehydro cerberin(11)<sup>[19]</sup>、tanghinin(12)<sup>[19]</sup>、17β(α)-Digitoxigenin β-cellobiosyl-(1→4)-α-L-thevetoside(13)<sup>[20]</sup>、17β(α)-digitoxigenin-β-gentiobiosyl-(1→4)-α-L-thevetoside(14)<sup>[20]</sup>、17β(α)-tanghinigeninβ-gentiobiosyl-(1→4)-α-L-thevetoside(15)<sup>[21]</sup>、tanghinigenin-α-L-acofrioside(16)<sup>[22]</sup>、17β(α)-cerdollaside(17)<sup>[23,24]</sup>、(-)-14-hydroxy-3β-(3-O-methyl-6-deoxy-α-L-rhamnosyl)-11α,12α-epoxy-(5β,14β,17βH)-card-20(22)-enolide(18)<sup>[25]</sup>、(-)-14-hydroxy-3β-(3-O-methyl-6-deoxy-α-L-glucopyranosyl)-11α,12α-epoxy-(5β,14β,17βH)-card-20(22)-enolide(19)<sup>[25]</sup>、bis[14β-hydroxy-3β-O-(L-thevetosyl)-5β-card-20(22)-enolide]CH<sub>3</sub>OH·H<sub>2</sub>O(20)<sup>[25]</sup>、3β-O-(L-2'-O-acetylthevetosyl)-14β-hydroxy-5β-card-20(22)-enolide(21)<sup>[25]</sup>、2'4'-O-di-

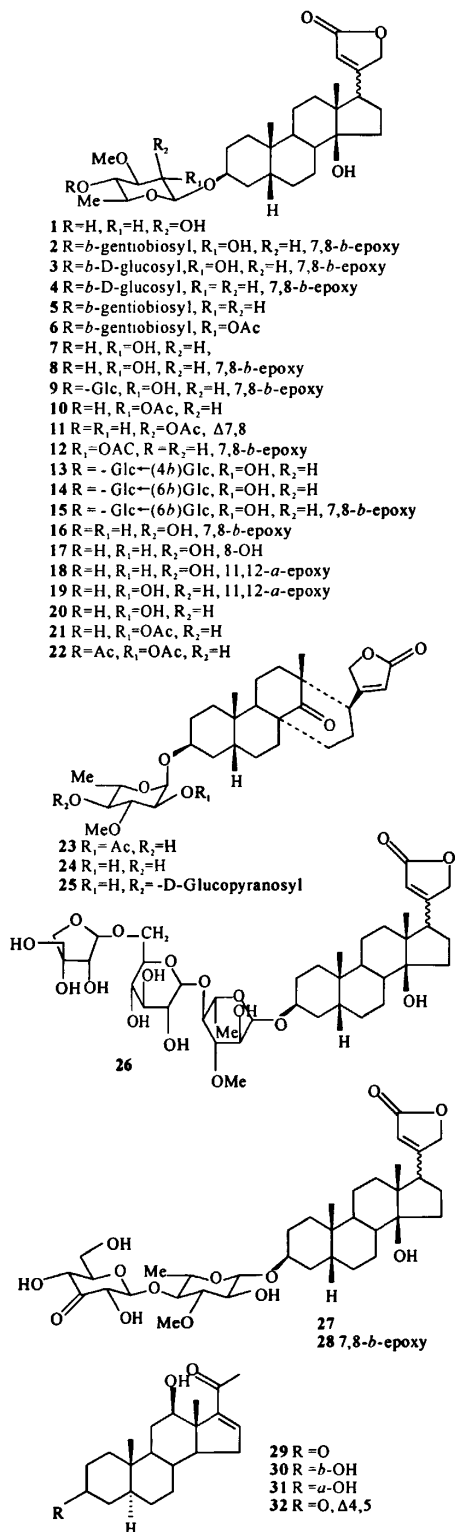


图1 海芒果属红树植物中的甾体类化学成分

acetyl-neriifolin (22)<sup>[26]</sup>、2'-O-acetyl-cerleaside A (23)<sup>[19]</sup>、cerleaside B (24)<sup>[20]</sup>、cerleaside A (25)<sup>[22,24]</sup>、cerapioside (26)<sup>[20]</sup>、17 $\alpha$ ( $\beta$ )-digitoxigenin- $\beta$ -glucos-3-ulosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-thevetoside (27)<sup>[20]</sup>、17 $\alpha$ ( $\beta$ )-Tanghinigenin- $\beta$ -Glucos-3-ulosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-thevetoside (28)<sup>[21]</sup>，这些强心苷类化合物多具有抗癌活性，同时也是其产生毒性的成分。张小波等<sup>[24]</sup>从中国南海的海芒果叶中分离鉴定出4种C<sub>21</sub>甾体，其C<sub>17</sub>位侧链是C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>衍生物，分别为：12 $\beta$ -hydroxyl-5 $\alpha$ -pregnane-16-ene-3,20-dione (29)、3 $\beta$ ,12 $\beta$ -dihydroxy-pregnane-16-ene-20-one (30)、3 $\alpha$ ,12 $\beta$ -dihydroxy-pregnane-16-ene-20-one (31)、12 $\beta$ -hydroxyl-pregnane-4,16-diene-3,20-dione (32)。

## 1.2 萜类化合物

红树植物中分离鉴定的萜类有26个，可分为单萜和环烯醚萜两种类型(见图2)。33~48都是单萜类化合物，其中，33~41<sup>[15,27]</sup>是含一个五元环的降单萜类化合物，分别为 epoxycerberidol(35)、cerberidol (38)、cyclocerberidol (41)及其C<sub>3</sub>位糖衍生化合物。从海芒果叶子中分离得到4个开环二降单萜：3-(hydroxyisopropyl)pentane-1-ol-1-O- $\beta$ -D-glucoside (42)、3-(hydroxyisopropyl)pentane-1,4-diol-1-O- $\beta$ -D-glucoside (43)、(3 $\xi$ ,4 $\xi$ )-3-isopropyl-3,4-epoxypentane-1,5-diol-1-O- $\beta$ -D-glucoside (44)、(Z)-3-isopropyl-3-pentane-1,5-diol-1-O- $\beta$ -D-glucoside (45)<sup>[27]</sup>。张小波小组<sup>[24]</sup>从中国南海海芒果地上部分分离得到3个四甲基环己烯型(megastigman)单萜：blumenol A (46)、euscaphin B (47)、euscaphin A (48)。49~58是环烯醚萜类化合物，其中从白花海芒果树皮中分离得到的 Cerbinal (55)<sup>[21,28]</sup>，经过初步测试，55对乳腺癌细胞也有一定的作用，未见其他环烯醚萜类化合物的活性报道<sup>[14,21,22,28~31]</sup>。

## 1.3 苯丙素类化合物

木质素是一种自由基清除剂，它可以抑制由氧和自由基团诱发的化学反应，其活性与其羟基的数目有关。红树植物中的苯丙素类化合物共26个(图3)，包括木脂素、香豆素及其多聚体，大部分属于木质素多聚体，香豆素类较少见。cerberalignan A-N (59~72)<sup>[13,21]</sup>是Abe F小组从海芒果和白花海芒果中分离得到的，同一小组还分离得到了 olivil (73)<sup>[23,32,33]</sup>及其相似化合物：olivil-4-O-glucoside (74)、olivil-4'-O-glucoside (75)、(+)-cyclo olivil (76)、5',5''-bis-olivil (77)、5,5''-bis-olivil (78)、5',

5''-bis-olivil (79)。王继栋等<sup>[29]</sup>从中国南海海芒果中分离得到化合物：(-)-carinol (80)、isoimperatorin (81)、nodakenin (82)、coniferaldehyde (83)、ethyl-(2E)-3-(4-methoxyphenyl)-2-propenoate (84)，其中，81和82为线型呋喃香豆素类化合物。

## 1.4 黄酮类化合物

红树植物中的黄酮类化合物较少，林同<sup>[34]</sup>和李玉玲<sup>[35]</sup>等从海芒果的叶子中分离鉴定了4个黄酮苷类化合物，分别为：rutin(85)、manghaslin (86)、clitorin (87)、nicotiflorin (88)，全部为吡喃型葡萄糖或鼠李糖的黄酮苷类化合物(见图4)。

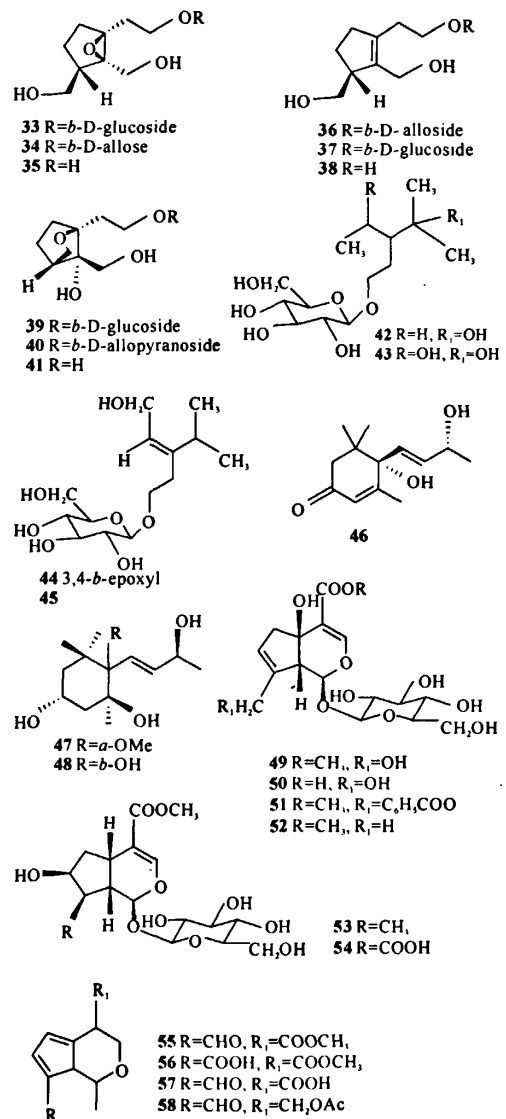


图2 海芒果属红树植物中的萜类化学成分

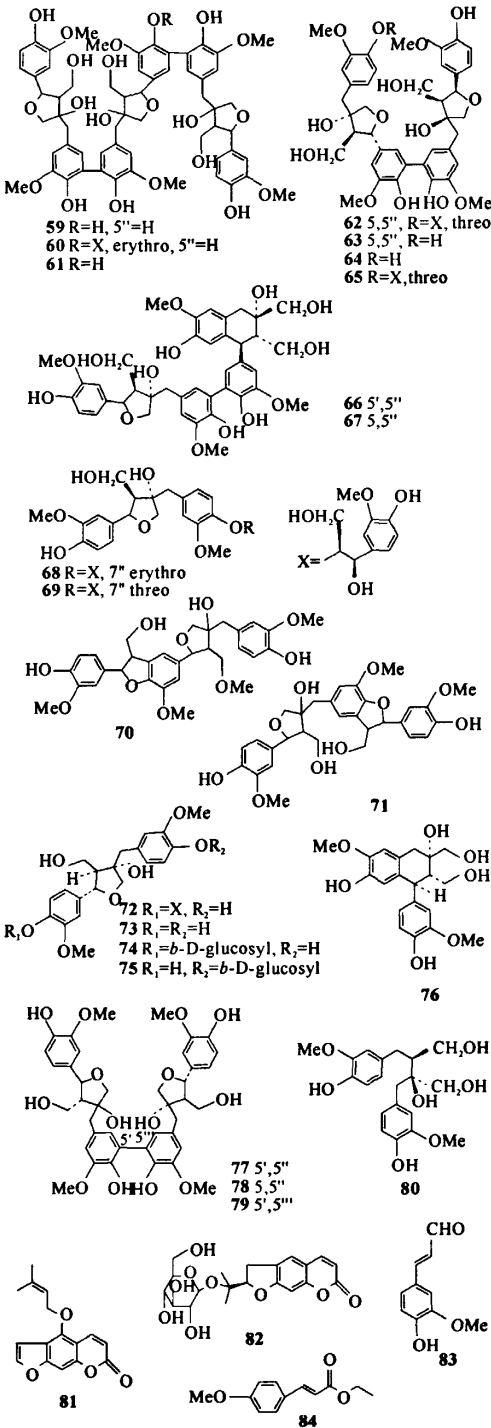


图3 海杧果属红树植物中的苯丙素类化学成分

1.5 其它化合物

研究还发现红树植物中含有一些醇苷、内酯、肌醇等简单分子化合物(图5)。王继栋<sup>[29]</sup>从中国南海海芒果茎秆中分离鉴定了1个醇类3-β-acetyl lupe-

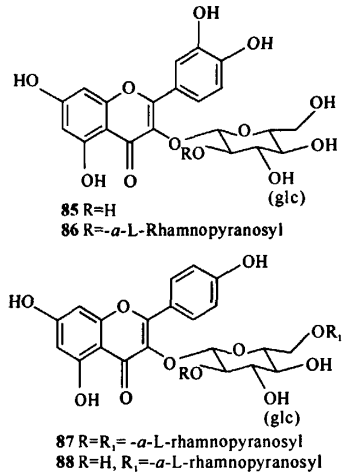


图4 海杧果属红树植物中的黄酮类化学成分

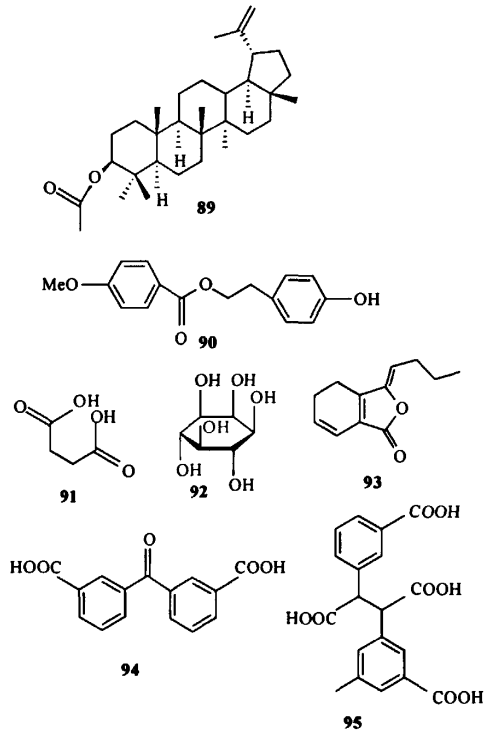


图5 海杧果属红树植物中的其他化学成分  
ol (89)和两个酯类 β-hydroxyphenylethyl anisate (90)、(Z)-ligustilide (93)化合物。Akiyo S等<sup>[36]</sup>从海芒果叶子中分离得到了1个琥珀酸 succinic acid (91)和1个醇类化合物 L-(+)-bornesitol (92)。Zhang XP等<sup>[37]</sup>从海芒果树皮中分离得到2个新化合物: 1,3-bis(m-carboxylphenyl)-propan-2-one (94)、2-(m-carboxylphenyl)-3-(m-carboxylbenzyl) succinic acid(95)。

## 2 生物活性

### 2.1 毒性

海芒果果实含有氢氰酸、海芒果碱、生物碱毒性苦味素等,稍微多食即可致命<sup>[38]</sup>。Mackeen M M等<sup>[39]</sup>在研究马来群岛药用植物对盐水虾的毒性作用时发现,白花海芒果5种溶剂(甲醇、二氯甲烷、石油醚、90%甲醇、丁醇)的粗提物有很强的毒性,其 $LC_{50} < 100 \times 10^{-6}$ 。Gaillard Y等<sup>[5]</sup>对白花海芒果果仁中有毒物质进行分离测定,成功鉴定出一种海芒果毒素的分子结构,但是海芒果毒素并不是一种单纯的物质,可能是多种有毒物质联合作用,这尚需进一步研究。

海芒果的毒性在于海芒果毒素,其分子结构与异羟洋地黄毒甙非常相似,会阻断钙离子在心肌中的传输通道,造成中毒者迅速死亡<sup>[39]</sup>,了解海芒果毒素的毒理、药理及其影响因素对开发海芒果有重要意义。

### 2.2 杀虫活性

林同等<sup>[34]</sup>研究了海芒果叶、枝条、树皮的6种溶剂(甲醇、无水乙醇、乙醚、石油醚、丙酮、三氯甲烷)粗提物对同安钮夜蛾(*Anua indiscriminate* Moore)的毒杀活性,结果表明:海芒果叶的6种溶剂提取物的杀虫效果显著,其中乙醇提取物的毒杀效果最快,石油醚提取物的毒杀效果最慢,就6种溶剂比较而言,叶、枝和树皮的乙醇提取物的毒杀效果最好,而乙醚、石油醚提取物的效果最差。李玉玲等<sup>[35]</sup>测定了不同浓度海芒果的叶片乙醇提取物对柳蓝叶甲(*Plagioderia versicolora*)的防治效果,结果表明:仅1d后,供试昆虫的校正死亡率就达到100%,海芒果提取物处理后叶甲的校正死亡率曲线呈现平稳上升的趋势。植物杀虫剂一般低毒、无残留,具有对天敌昆虫及有益生物安全、害虫不易产生抗药性和不污染环境等优点,从植物中提取有效杀虫物质成为开发新农药的重要途径之一。以上试验结果都证明海芒果乙醇提取物对昆虫有较好的控制效果。

### 2.3 抗菌活性

庄礼珂<sup>[3]</sup>、阳振<sup>[40]</sup>、Mohamed等<sup>[41]</sup>采用不同的方法,测定了海芒果提取物对植物病原真菌的抑制活性,结果都表明其抑菌活性明显,不同的溶剂提取物对不同的真菌具有选择抑制活性。Laphookhieo S等<sup>[42]</sup>从白花海芒果树皮中分离到的Cerbinal(55),经过初步测试,其对结核杆菌也有一定的抑制

作用。

### 2.4 抗氧化作用

在抗氧化天然产物的筛选实验中,通过黄嘌呤氧化酶分析检测系统,海芒果粗提物被检测出具有清除DPPH自由基的可能性,粗体物中的3个苯丙素类化合物:olivil(73)、(+)-cycloolivil(76)和(-)-carinol(80),在人工培养鼠乳腺器官模型的实验中,被检测出对7,12-二甲基苯并(a)蒽诱导的癌前期病变的形成有抑制作用<sup>[32]</sup>。

### 2.5 抗肿瘤活性

Laphookhieo S等<sup>[43]</sup>从白花海芒果种子中分离到5个化合物:17 $\alpha$ ( $\beta$ )-neriifolin(7)、Cerberin(10)、2'-O-acetyl cerleaside A(23)和Cerleaside A(25),在进行抗口腔表皮癌(KB)、人乳腺癌细胞(BC)和人肺癌细胞(NCI-H187)实验中,除了cerleaside A,其他4个化合物都对3个细胞系的细胞有细胞毒作用。17 $\alpha$ ( $\beta$ )-neriifolin和Cerberin 3个化合物表现出了强的细胞毒性,其 $ED_{50}$ 值为0.017~1.92  $\mu$ g/ml,化合物2'-O-acetyl cerleaside A对KB、BC和NCI-H187的 $ED_{50}$ 值分别为7.56  $\mu$ g/ml、4.62  $\mu$ g/ml、7.42  $\mu$ g/ml;化合物Cerleaside A只对BC细胞系有毒性作用,其 $ED_{50}$ 值为9.12  $\mu$ g/ml。Cheenpracha S等<sup>[19]</sup>从海芒果新鲜果实的种子中分离得到3个强心苷化合物:Deacetyltanghinin(8)、7,8-dehydro cerberin(11)Tanghinin(12),也都对KB、BC和NCI-H187表现出细胞毒作用,显示了中度以上的活性。

Chang LC等<sup>[44]</sup>从海芒果根中分离出的3个强心苷化合物(-)-17 $\beta$ -neriifolin(7)、(-)-14-hydroxy-3 $\beta$ -(3-O-methyl-6-deoxy- $\alpha$ -L-rhamnosyl)-11 $\alpha$ ,12 $\alpha$ -epoxy-(5 $\beta$ ,14 $\beta$ ,17 $\beta$ H)-card-20(22)-enolid(18)和(-)-14-hydroxy-3 $\beta$ -(3-O-methyl-6-deoxy- $\alpha$ -L-glucopyranosyl)-11 $\alpha$ ,12 $\alpha$ -epoxy-(5 $\beta$ ,14 $\beta$ ,17 $\beta$ H)-card-20(22)-enolide(19)对人类肿瘤细胞克隆系(Col2)和子宫内膜癌细胞系(Ishikawa)具有抗扩增和抗雌激素活性。Laphookhieo S等<sup>[42]</sup>从白花海芒果树皮中分离得萜类化合物Cerbinal(55),经过初步测试,对乳腺癌细胞也有一定的作用。

海芒果中具有抗肿瘤作用的化合物多为强心甙类化合物,主要分离自海芒果种子和根。强心甙是一类对心肌有兴奋作用、具有强心生理活性的甾体化合物,能选择性地作用于心肌,加强心肌收缩力,临床上用于治疗充血性心力衰竭及某些心律失常,但强心甙作为有毒物质毒性也非常强,若超过安全剂

量,可使心脏中毒而停止跳动<sup>[38]</sup>。

## 2.6 中枢抑制作用

Hiên M T T等<sup>[45]</sup>将从白花海芒果叶片中提取的精油在老鼠身上进行直接和间接的毒性测定,应用微量和大量的实验方法,以比致命的最大剂量(14.5 g/kg i. p.)稍小的剂量作用于小鼠后,小鼠的自发性活动明显减少,热击后反应的时间增加,对卡地阿唑引起的强直性癫痫发作和毙命的耐受性降低,增强了戊巴比妥钠对小鼠引起的催眠作用。印度的 Guruswami M N等<sup>[46]</sup>把白花海芒果种子的乙醇粗提物作用于50个青蛙的心脏,结果显示,提取物有减弱心脏的冲动产生和传导组织的作用。

## 3 结束语

综上所述,海芒果属红树植物主要化学和活性成分是强心甙类,且全部为甲型强心苷<sup>[44]</sup>,对皮肤癌、乳腺癌和肺癌都有很好的抗性作用<sup>[43]</sup>,另外,一个环烯醚萜类化合物对乳腺癌细胞也有抑制作用,苯丙素中的几个木质素类化合物具有清除自由基和抗菌的作用,值得进一步深入研究。海芒果属红树植物粗提物具有杀菌和抗虫作用,可以从研究其次生代谢产物着手,进一步分析其作用机理。

对海芒果属红树植物的研究,不仅对开发安全有效的抗肿瘤药物具有重要价值,对设计合成低毒高效的药物也具有重要指导作用,同时,红树植物的药物筛选和开发也是今后利用红树林的重要研究方向之一。但是这一类植物资源在某些方面并未真正得到研究、开发和利用,尤其是其药用价值未得到应有的重视。因此,对海芒果属红树植物的深入研究,不仅有广阔的价值效益,对开发利用我国红树林植物资源也具有重要意义,值得更多科学工作者的关注。

### 参考文献:

- [1] Scott S, Thomas C. Poisonous plants of paradise: first aid and medical treatment of injuries from hawaii's plants[M]. University of Hawaii Press, 2000; 32-41.
- [2] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academicae Sinicae Edita. Florae Reipublicae Popularis Sinicae[M]. Beijing: Science Press, 1977; 33-35.
- [3] Zhuang L K, Yang Y, Zhu W. Studies on antifungal activity of cerbera manghas leaves extraction[J]. Modern Agrochemicals, 2008, 7(5): 46-56.
- [4] Chopra R N, Nayar S L, Chopra IC. Glossary of Indian medicinal plants[M]. New Delhi: CSIR, 1956, 67-75.
- [5] Gaillard Y, Krishnamoorthy A, Bevalot F. *Cerbera odollam*: a 'suicide tree' and cause of death in the state of Kerala[J]. India Journal of Ethnopharmacology, 2004, 95(2-3): 123-126.
- [6] Guangdong Institute of Botany. Flora hainanica (Vol. III)[M]. Beijing: Science Press, 1974; 228-229.
- [7] Chopra R N, Chopra I C, Handa R L, et al. Indigenous Drugs of India[M]. UN Dhur and Sons Pvt Ltd, Calcutta, 1958; 678.
- [8] Dietrich M. Herbal treatment of snakebite in Papua New Guinea[J]. Toxicon, 1996, 34 (7): 735-735.
- [9] Lin P, Fu Q. Environmental ecology and economic utilization of mangroves in China[M]. Beijing: Higher Education Press, 1995; 12.
- [10] Zhao Y, Guo Y W. The proceeding of chemical constituents and pharmacological activities of Mangrove [J]. Chin J Nat Med, 2004, 2(3): 135-140.
- [11] Gaillard Y, Pepin G. Poisoning by plant material: review of human cases and analytical determination of main toxins by high-performance liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry[J]. J Chromatogr, 1999, 733(1-2): 181-229.
- [12] Lin P. The medicinal mangrove plants from China [J]. Marine Drugs, 1984, 3(4): 45.
- [13] Wang Y Sh, He L, Wang Q J. Study on the chemical composition and its pharmacology of the medicinal mangrove plant [J]. Chinese J of Marine Drugs, 2004, 23(2): 26-31.
- [14] Xie Z W, Fan C S, Zhu B Y. Compendium of Chinese Medicine and Herb [M]. Beijing: People's Health Press, 1978; 83.
- [15] Abe F, Yamauchi T. Studies on *Cerbera* I. Cardiac glycosides in the seeds, bark, and leaves of *Cerbera manghas* L [J]. Chem Pharm Bull, 1977, 25 (10): 2744-2748.
- [16] Abe F, Yamauchi T, Wan ASC. Sesqui-, sester- and trilignans from stems of *Cerbera manghas* and *C. odollam* [J]. Phytochemistry, 1988, 27 (11): 3627-3631.
- [17] Yamauchi T, Abe F, Wan A S C. 10-O-benzoyltheveside and 10-dehydrogeniposide from the leaves of *Cerbera manghas* [J]. Phytochemistry, 1990, 29(7): 2327-2328.
- [18] Abe F, Yamauchi T, Wan A S C. Normonoterpenoids and Their Allopyranosides from the Leaves of *Cerbera* Species (Studies on *Cerbera* Ⅳ) [J]. Chem Pharm Bull, 1989, 37(10): 2639-2642.
- [19] Cheenpracha S, Karalai C, Rat-a-pa Y, et al. New Cytotoxic Cardenolide Glycoside from the Seeds of *Cerbera manghas* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52 (8): 1023-1025.
- [20] Yamauchi T, Abe F, Wan A S C. Studies on *Cerbera*. V; Minor glycosides of 17 $\alpha$ -digitoxigenin from the stems of genus *Cerbera* [J]. Chem Pharm Bull, 1987, 35(12): 4993-4995.
- [21] Abe F, Yamauchi T, Wan A S C. *Cerbera* lignans J-N,

- oligolignans from *Cerbera manghas* [M]. Oxford: Pergamon Press, 1989; 3473-3476.
- [22] Yamauchi C, Abe F, Wan A S C. Cardenolide Monoglycosides from the Leaves of *Cerbera odollam* and *Cerbera manghas* (Cerbera III) [J]. Chem Pharm Bull, 1987, 35(7); 2744-2749.
- [23] Yamauchi T, Abe F, Wan A S C. Studies on Cerbera. IV; Polar Cardenolide Glycosides from the leaves of *Cerbera odollam* and *Cerbera manghas* [J]. Chem Pharm Bull, 1987, 35(12); 4813-4818.
- [24] Zhang X B, Lin W H, Deng Z W, et al. Chemical constituents from Chinese mangrove plant *Cerbera manghas* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2006, 37(10); 1447-1450.
- [25] Chantrapromma S, Usman A, Fun H-K, et al. Bis[14-hydroxy-3-O-(L-thevetosyl)-5-card-20(22)-enolide] methanol solvate monohydrate and 3-O-(L-2'-o-acetylthevetosyl)-14-hydroxy-5-card-20(22)-enolide [J]. Acta Crystallographica Section C, Crystal structure communications, 2003, 59(2); 68-70.
- [26] Venkata Rao E, Appa Rao M. Diacetylneriifolin from *Cerbera odollam* [J]. Phytochemistry, 1976, 15(5); 848.
- [27] Abe F, Yamauchi T. 10-Carboxyloganin, normonoterpenoid gluosides and dinormonoterpenoid glucosides from the Leaves of *Cerbera manghas* (Studies on Cerbera 10) [J]. Chem Pharm Bull, 1996, 44(10); 1797-1800.
- [28] Hui W H, Li M M, Ng K K. Terpenoids and steroids from *Macaranga tanarius* [J]. Phytochemistry, 1975, 14; 816-817.
- [29] Wang J D, Dong M L, Zhang W, et al. Chemical constituents of mangrove plant *Cerbera manghas* [J]. Nat Prod Res Dev, 2007, 19(1); 59-62.
- [30] Randerson J. Is 'suicide tree' toxin a murder weapon [J]. New Scientist, 2004, 184; 15.
- [31] Inouye H, Nishimura T. Angiospermae dicotyledonae apocynaceae iridoid glucosides of *Cerbera manghas* [J]. Phytochemistry, 1972, 11; 1852.
- [32] Lee S K, Mbwambo Z H, Chung H, et al. Evaluation of the antioxidant potential of natural products [J]. Comb Chem High Throughput Screen, 1998, 1(1); 35-46.
- [33] Abe F, Yamauchi T, Wan, A S C. Lignans related to olivil from genus cerbera; cerbera VI [J]. Chem Pharm Bull, 1988, 36(2); 795-799.
- [34] Lin T, Kang Z F, Zhang X D. Insecticidal effect of six kinds of solvent extracts from *Cerbera manghas* on anua indiscriminate [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(3); 59-63.
- [35] Li Y L, Chen H S, Qiu H C, et al. The alcohol extracts of *Cerbera manghas*, *Nerium indicum*, *Alamanda cathartica* and *Sapium sebiferum* against *Plagioderia versicolora* [J]. Forestry Science and technoloe of Guangdong Province, 2009, 25(5); 27-30.
- [36] Akiyo S, Sansei N, Sueo H, et al. Studies on the constituents of apocynaceae plants, isolation of flavonol glycosides and some other components from the leaves of *Cerbera manghas* L(1)[J]. J Pharm Soci, 1976, 96(8); 1046-1048.
- [37] Zhang X P, Liu M S, Zhang J Q, et al. Chemical constituents from the bark of *Cerbera manghas* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2009, 11(1); 75-78.
- [38] Du SJ, Zhu W. Progress in study on toxicity of *Cerbera manghas* and its exploitation [J]. Subtropical Plant Science, 2006, 35(4); 79-81.
- [39] Mackeen M M, Khan M N, Samadi Z, et al. Brine shrimp toxicity of fractionated extracts of malaysian medicinal plants [J]. Nat Prod Sci, 2000, 6(3); 131-134.
- [40] Yang Z, Deng YC, Chen XH. Antifungal and antibacterial activities of methanol extracts from mangrove plants [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2007, 26(1); 78-80.
- [41] Mohamed S, Saka S, El-Sharkawy SH, et al. Antimycotic screening of 58 Malaysian plants against plant pathogens [J]. Pestic Sci, 1996, 47(3); 259-264.
- [42] Laphookhieo S, Karalai C, Chantrapromma S, et al. Atomic charges of cerbinal [J]. Acta Crystallographica Section C, Crystal Structure Communications, 2001, 57(11); 1352-1353.
- [43] Laphookhieo S, Cheenpracha S, Karalai C, et al. Cytotoxic cardenolide glycoside from the seeds of *Cerbera odollam* [J]. Phytochemistry, 2004, 65(4); 507-510.
- [44] Chang L C, Gills J J, Bhat K P L, et al. Activity-guided isolation of constituents of *Cerbera manghas* with antiproliferative and antiestrogenic activities [J]. Bioorg Med Chemistry Lett, 2000, 10(21); 2431-2434.
- [45] Hiên M T T, Navarro-Delmasure C, T Vy. Toxicity and effects on the central nervous system of a *Cerbera odollam* leaf extract [J]. J Ethnopharmacol, 1991, 34(2-3); 201-206.
- [46] Guruswami M N, Ganapathy M N, Thampai C K. A preliminary study of the pharmacological actions and toxicity of "*Cerbera odollam*" [J]. Indian J Med Sci, 1970, 24(2); 82-87.

(责任编辑:韦廷宗)