

木瓜中单体化合物及其药理作用的研究进展^Δ

曾小威*,李世刚#,喻玲玲,柳蔚,贾云莉(三峡大学医学院,湖北宜昌 443002)

中图分类号 R285;R931.6 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2016)01-0101-04
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2016.01.33

摘要 目的:总结木瓜中已分离出的单体化合物,为木瓜成分的后续分离和药物研发提供参考。方法:以“Chaenomeles”“Chemical components/ingredients/composition”“Effects/functions/role”“木瓜”“化合物/化学成分”“药理作用/活性”等为关键词,组合检索1990年1月—2015年6月PubMed、ScienceDirect、SpringerLink、Wiley-Blackwell、EBSCO、中国知网、万方等中英文数据库,综述从木瓜中分离的单体化合物及其药理作用。结果与结论:共查询到相关英文文献200余篇、中文文献900余篇,其中有效文献32篇。木瓜中的化学成分主要包括糖类、黄酮类、有机酸、萜类、挥发油和生物酶类物质,目前研究中以黄酮类和萜类活性成分居多。深入了解木瓜所含单体化合物及药理作用有助于本品的进一步研究和开发。

关键词 木瓜;单体化合物;药理作用;研究进展

蔷薇科(Rosaceae)木瓜属(*Chaenomeles* Lindl.)植物主要有皱皮木瓜(*C. speciosa*)、光皮木瓜(*C. sinensis*)、毛叶木瓜(*C. cathayensis*)、西藏木瓜(*C. tibetica*)和日本木瓜(*C. japonica*)等5种。其中皱皮木瓜是药典收载的药用正品,其他几种为习用品。皱皮木瓜是蔷薇科木瓜属落叶灌木植物贴梗海棠*Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai的干燥近成熟果实,主产于安徽、湖北、四川、浙江等地,其他地区亦有分布(以下不特殊注明的均指皱皮木瓜)。木瓜具有舒筋活络、和胃化湿的功效^[1]。现代药理研究表明,木瓜具有抗炎、镇痛、抗菌、抗氧化和免疫调节作用,同时还是多巴胺转运蛋白的抑制剂和β₂肾上腺素能受体的激动剂;离体试验也显示其具有抑制胃肠道平滑肌收缩、护肝和抗肿瘤的作用^[2-3]。笔者以“Chaenomeles”“Chemical components/ingredients/composition”“Effects/functions/role”“木瓜”“化合物/化学成分”“药理作用/活性”等为关键词,组合检索1990年1月—2015年6月PubMed、ScienceDirect、SpringerLink、Wiley-Blackwell、EBSCO、中国知网、万方等中英文数据库中的相关文献。结果,共查询到相关英文文献200余篇、中文文献900余篇,进一步根据摘要从中筛选出有效参考文献32篇。现从文献中重点提取归纳分离出的单体化合物及其化学结构,分析阐明一些重点化合物的药理作用,以期木瓜成分的后续分离和药物研发提供参考。

1 糖类成分及其药理作用

木瓜中所含的糖类物质主要是多糖,多具有免疫调节活性。Xie X等^[4]利用水提醇沉法提取皱皮木瓜多糖,经柱层析纯化得一水溶性均一多糖,将其命名为CSP。通过紫外光谱(UV)、红外光谱(IR)、气相色谱(GC)等波谱技术确定CSP是由葡萄糖-半乳糖-鼠李糖-阿拉伯糖以摩尔比4.6:1.3:0.8:0.5组成的均一多糖,分子质量为6.3×10⁴ Da,经体内外实验证实其具有免疫增强活性且是通过增强小鼠免疫活性而发挥抑制小鼠移植瘤生长的作用。王文平等^[5]则从野木瓜中分离精制出另一均一多糖CCP₁,分子质量为2.879×10⁶ Da,其单糖组成为鼠李糖、阿拉伯糖、果糖、甘露糖、葡萄糖。

Δ 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81274166)
* 硕士研究生。研究方向:中药化学成分及其药理作用。E-mail: weiqq8@sina.com
通信作者:副教授,硕士生导师,博士。研究方向:中药药效评价与新药研究。E-mail: fox201@163.com

2 黄酮类成分及其药理作用

黄酮类化合物是指2个苯环通过中央3个碳原子相连、具有C6-C3-C6骨架的系列化合物。木瓜中分得的黄酮类成分主要有芦丁、槲皮素、柚皮素、儿茶素等,Sun LN等^[6-7]已从木瓜中分离鉴定出典型的黄酮醇类化合物芦丁、槲皮素和黄烷醇类化合物儿茶素。芦丁具有维生素P样作用,能降低毛细血管脆性及异常通透性;槲皮素则能扩张冠状动脉、抑制血小板聚集;儿茶素是很强的抗氧化剂,还有一定的抗癌活性。另有报道木瓜叶中含有柚皮素^[8],有抗菌消炎、解痉利胆之效。此外,从皱皮木瓜中还分离出儿茶素衍生物槲儿茶素^[9]和儿茶素异构体表儿茶素^[10]。天然黄酮类化合物多以苷类形式存在,这些黄酮类物质与不同糖基耦合又衍生出许多种黄酮苷类化合物如槲皮素-3-鼠李糖苷、槲皮素-3-半乳糖苷(金丝桃苷)、槲皮素-3-O-α-L-阿拉伯糖苷(广寄生苷)、柚皮素葡萄糖苷、山柰酚-3-O-葡萄糖苷(紫云英苷)、山柰酚-3-O-芸香糖苷、木樨草素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷等^[11-12]。刘爱华等^[13]对木瓜总黄酮的抗肿瘤活性进行了研究,为木瓜黄酮类物质的抗肿瘤作用提供了佐证。相关黄酮类单体化合物的结构式见图1。

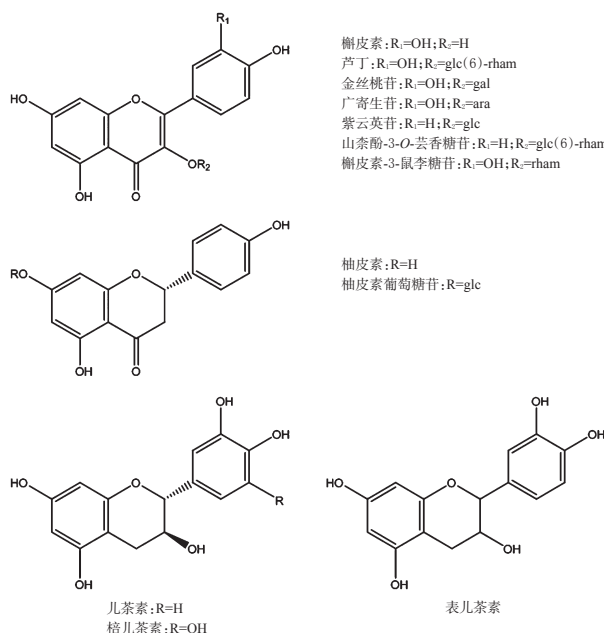


图1 木瓜中分离出的黄酮类化合物的结构式

3 有机酸类成分及其药理作用

有机酸类物质是木瓜中最主要的抗菌消炎成分,如绿原酸具有抑菌利胆止血之功,而咖啡酸则有止血、镇咳和祛痰之效。有机酸类化合物根据结构主要分为脂肪族有机酸和芳香族有机酸,是一类分子结构中含有羧基的酸性有机物质。木瓜中目前分离出的有机酸类化合物又可细分为苯丙酸类、酚酸类和三萜酸类等。三萜酸类会在萜类物质中详述,此不赘述。

3.1 脂肪族有机酸

木瓜中分离出的此类物质有富马酸(延胡索酸)^[6]、莽草酸^[14]、棕榈酸、硬脂酸、亚油酸、十八碳烯酸、十六碳烯酸、2,4-庚二烯酸、琥珀酸、酒石酸、草酸、柠檬酸、丙二酸、苹果酸、三十烷酸^[15-16]、3-羟基庚酸、3-羟基己酸、2-酮戊二酸、(Z)-乌头酸、3-羟基-4-甲基戊酸、曲酸^[17]。

3.2 芳香族有机酸

从木瓜中分离出的儿茶酸、原儿茶酸、没食子酸、对羟基苯甲酸、3,4-二羟基苯甲酸、4-羟基-3-甲氧基苯甲酸等^[18]可归为酚酸类;桂皮酸、咖啡酸(桂皮酸的衍生物)、绿原酸、苯乳酸等^[17-18]可归为苯丙酸类。此外,从皱皮木瓜中还分离出苯甲酸、苯乙酸、绿原酸乙酯、香草酸等^[17,19]。

4 萜类成分及其药理作用

萜类物质绝大多数由焦磷酸异戊烯酯(IPP)衍生且分子式符合(C₅H₈)_n通式,多年来都是天然产物的研究热点,同时还是新药研究中先导化合物的重要来源。这类物质中多数因含有羧基可归为有机酸类化合物,但由于其骨架复杂且具有多种生物活性(如齐墩果酸和熊果酸作为木瓜中含有的代表性物质,具有抗炎护肝祛风湿等多种作用),因此将其单独列出。从木瓜中分离出的萜类化合物基本上都是三萜类化合物,萜类物质的统计结果见表1,结构式见图2。

表1 木瓜中分离出的三萜类化合物

类型	化合物名称	分子式	来源文献
齐墩果烷型	齐墩果酸	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	[6, 10]
	马斯里酸(山楂酸)	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	[10, 20]
	古柯二醇	C ₃₀ H ₅₀ O ₂	[11]
乌苏烷型	熊果酸	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	[6]
	3-乙酰熊果酸	C ₃₂ H ₅₀ O ₄	[6]
	3-O-乙酰熊果醇	C ₃₂ H ₅₀ O ₅	[7, 19]
	委陵菜酸	C ₃₀ H ₄₆ O ₃	[21-22]
	2 α , 3 α / β , 19 α -三羟基乌索-12-烯-28-酸	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	[21]
	2 α -羟基乌索酸	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	[21]
	羽扇豆烷型	白桦脂酸(桦木酸)	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
	白桦脂醇(桦木醇)	C ₃₀ H ₅₀ O ₂	[11]
	3-(E)-p-香豆酰基白桦脂醇	C ₃₉ H ₅₈ O ₄	[11]
	3-(Z)-p-香豆酰基白桦脂醇	C ₃₉ H ₅₈ O ₄	[11]
	2 α -羟基桦木酸	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	[11]
	羽扇-20(29)烯-3 β , 24, 28-三醇	C ₃₀ H ₅₀ O ₃	[21]

5 挥发油类成分及其药理作用

挥发油是一类具有芳香气味的油状液体,多具有祛痰止咳平喘、健胃消食和抗菌消炎的作用。挥发油一般难溶于水,在常温下能挥发,其成分以有机酸、醇类、醛类、烷烃、酯类物质为主,还有酚类、酮类、醚类等。资丘木瓜中挥发油成分以十六酸为主,宣木瓜以十五酸和十六酸为主,川木瓜以苯甲酸和十六酸为主^[23]。Xie XF等^[24]利用GC-MS(气-质联用)技术分析鉴别出了挥发油中的40种化合物并评价其抗菌活性,结果发现,挥发油对所有的测试菌株均有抗菌作用,对革兰阳性菌比对革兰阴性菌更加敏感。从木瓜中分离出的挥发油类成分相当多,统计结果见表2。

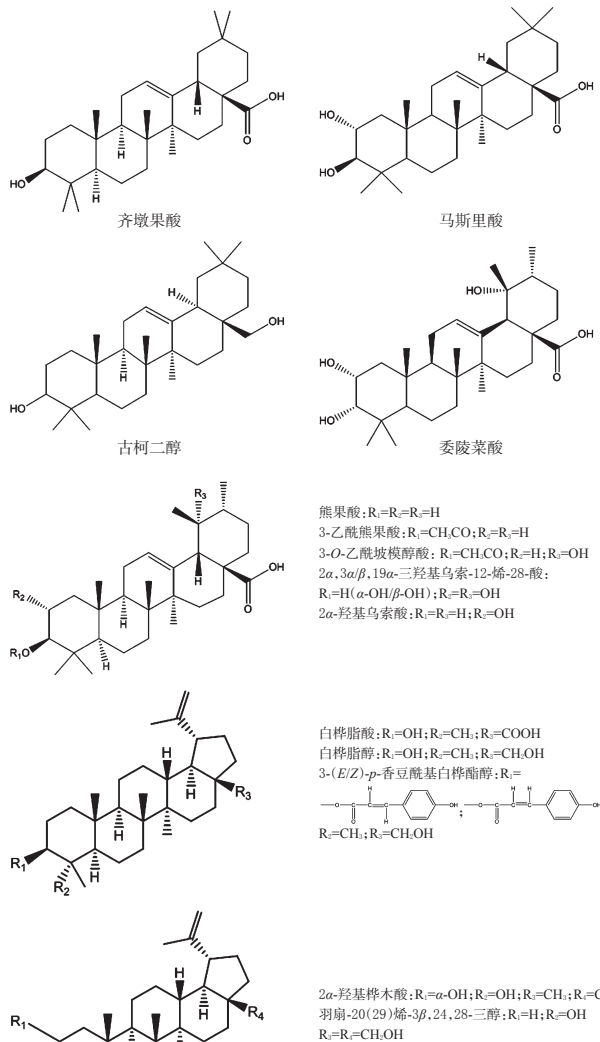


图2 木瓜中分离得到的萜类化合物的结构式

表2 从木瓜中分离出的挥发油类化合物

类型	化合物名称	分子式	来源文献
醇类	(S)-(+)-1,2-丙二醇	C ₃ H ₈ O ₂	[23]
	2-丁氧基乙醇	C ₆ H ₁₄ O ₂	[23]
	苯甲醇	C ₇ H ₈ O	[23]
	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	[23]
	顺-氧化芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	[23]
	2-(5-甲基-5-乙炔基四氢化)-2-丙醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	[23]
	月桂醇	C ₁₂ H ₂₄ O	[23]
	β -松油醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[23]
	P-芳樟醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[23]
	丁基二甘醇	C ₈ H ₁₈ O ₃	[23]
	4-松油醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[23]
	α -松油醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[23]
	γ -桉叶醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[23, 25]
	十七烷醇	C ₁₇ H ₃₆ O	[23]
	十九烷醇	C ₁₉ H ₄₀ O	[23]
	1-十八烷醇	C ₁₈ H ₃₈ O	[23]
	1-甲基-4-(1-甲基乙基)环己醇	C ₁₀ H ₁₈ O	[25]
	芳樟醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[25]
	2,6-二甲基-5,7-辛二烯-2-醇	C ₁₀ H ₁₈ O	[25]
	2,2,6 β ,7-四甲基-二环[4.3.0]壬烷-5-醇	C ₁₅ H ₃₀ O	[25]
橙花椒醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[25]	

续表2

类型	化合物名称	分子式	来源文献	
醇类	(Z,Z)-3,13-十八碳二烯-1-醇	C ₁₈ H ₃₄ O	[25]	
	(Z)-9-十五碳烯-1-醇	C ₁₅ H ₃₀ O	[25]	
	雌甾-1,3,5(10)-三烯-17β-醇	C ₁₈ H ₃₀ O	[25]	
	(Z,Z)-8,10-十六碳二烯-1-醇	C ₁₆ H ₃₀ O	[25]	
	环丁烯-1-甲醇	C ₄ H ₆ O	[26]	
	乙酸-2-己烯-1-醇	C ₈ H ₁₆ O ₂	[26]	
	(E)-3-己烯-1-醇	C ₆ H ₁₂ O	[26]	
	异山梨醇	C ₆ H ₁₀ O ₄	[26]	
	二氢-β-紫罗兰醇	C ₁₃ H ₂₄ O	[27]	
	2,2,6a,7-四甲基-双环[4.3.0]-1(9),7-壬二烯-5-醇	C ₁₃ H ₂₀ O	[27]	
	1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢-α,α,4a,8-四甲基-2-萘甲醇	C ₁₅ H ₂₆ O	[27]	
	壬醇	C ₉ H ₁₈ O	[28]	
	薄荷醇	C ₁₀ H ₂₀ O	[28]	
	醛类	呋喃糠醛	C ₆ H ₈ O ₂	[23]
		苯甲醛	C ₇ H ₆ O	[23, 28]
		壬醛	C ₉ H ₁₈ O	[23]
		2-十一碳烯醛	C ₁₁ H ₂₀ O	[23]
		十八烷醛	C ₁₈ H ₃₆ O	[23]
		2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-甲醛	C ₁₀ H ₁₈ O	[26]
		(E,E)-2,4-己二烯醛	C ₆ H ₈ O	[26]
		(Z)-2-庚醛	C ₇ H ₁₄ O	[26]
		2-己烯醛	C ₆ H ₁₀ O	[26]
		2-甲基-4-戊醛	C ₆ H ₁₀ O	[26]
(Z)-3-己烯醛		C ₆ H ₁₀ O	[26]	
2,4-二癸烯醛		C ₁₀ H ₁₈ O	[28]	
香草醛		C ₈ H ₈ O ₃	[28]	
3-呋喃甲醛		C ₅ H ₆ O ₂	[27]	
2-异丙基叉-5-甲基己烯-4-醛		C ₁₀ H ₁₈ O	[27]	
3-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丙烯醛		C ₁₂ H ₁₈ O	[27]	
酸类		异戊酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	[23]
		己酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	[23]
		庚酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	[23]
		苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₂	[23]
		辛酸	C ₈ H ₁₆ O ₂	[23]
		壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	[23]
		n-癸酸	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	[23]
	肉桂酸	C ₉ H ₈ O ₂	[23]	
	十二烷酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	[23]	
	十四烷酸	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	[23]	
	十五酸	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	[23]	
	十六酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	[23]	
	油酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	[23]	
	9,12-十八-二烯酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	[28]	
	9-十六烯酸	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	[28]	
	酯类	丁内酯	C ₄ H ₆ O ₂	[23]
		甲基丙烯酸缩水甘油酯	C ₇ H ₁₀ O ₃	[23]
γ-戊内酯		C ₅ H ₈ O ₂	[23]	
邻苯二甲酸二异丁酯		C ₁₆ H ₂₂ O ₄	[23]	
棕榈酸甲酯		C ₁₇ H ₃₄ O ₂	[23]	
棕榈酸乙酯		C ₁₉ H ₃₈ O ₂	[23]	
亚油酸甲酯		C ₁₉ H ₃₄ O ₂	[23]	
6-十八碳烯酸甲酯		C ₁₉ H ₃₆ O ₂	[23]	
8,11,14-二十碳三烯酸甲酯		C ₂₃ H ₄₀ O ₂	[23]	
油酸乙酯		C ₂₀ H ₃₈ O ₂	[23]	
4-己烯醇乙酸酯		C ₈ H ₁₄ O ₂	[23]	
2-己烯醇乙酸酯		C ₈ H ₁₄ O ₂	[29]	
邻苯二甲酸二乙酯		C ₁₂ H ₁₄ O ₄	[29]	
丁酸-3-己烯酯		C ₁₀ H ₁₈ O ₂	[29]	
戊酸-4-己烯酯		C ₁₁ H ₂₀ O ₂	[29]	
甲酸叶醇酯	C ₇ H ₁₂ O ₂	[27]		

续表2

类型	化合物名称	分子式	来源文献
酯类	乙酸叶醇酯	C ₈ H ₁₄ O ₂	[27]
	5-氯代十二酸氯甲酯	C ₁₃ H ₂₃ ClO ₂	[27]
烃类	环己烷	C ₆ H ₁₂	[23]
	2,6,11-三甲基十二烷	C ₁₅ H ₃₂	[23]
	8-甲基-十一碳烯	C ₁₁ H ₂₄	[23]
	1-对-薄荷烯	C ₁₀ H ₁₈	[23]
	十三烷	C ₁₃ H ₂₈	[23]
	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	[23]
	十六烷	C ₁₆ H ₃₄	[23]
	十七烷	C ₁₇ H ₃₆	[23]
	十九烷	C ₁₉ H ₄₀	[23]
	二十烷	C ₂₀ H ₄₂	[23]
	二十一烷	C ₂₁ H ₄₄	[23]
	乙苯	C ₈ H ₁₀	[27]
	邻二甲苯	C ₈ H ₁₀	[27]
	对二甲苯	C ₈ H ₁₀	[27]
	丙苯	C ₉ H ₁₂	[27]
	4-甲基-1-乙基苯	C ₉ H ₁₂	[27]
	3-甲基-1-乙基苯	C ₉ H ₁₂	[27]
	1,3,5-三甲苯	C ₉ H ₁₂	[27]
	1,2,3,5,8,8a-六氢-7-甲基-萘	C ₁₁ H ₁₆	[27]
	4,7-二甲苯十一烷	C ₁₃ H ₂₈	[27]
	1,2,3,4-四氢-1,1,6-三甲苯-萘	C ₁₃ H ₁₈	[27]
	4,6(E),8(E)-巨豆三烯	C ₁₅ H ₂₀	[27]
	α-金合欢烯	C ₁₅ H ₂₄	[27]
1,4-二甲苯-7-(1-甲基乙基)-甘菊蓝	C ₁₅ H ₁₈	[27]	
二十八烷	C ₂₈ H ₅₈	[27]	
其他	顺-3,5,6,8a-四氢-2,5,5,8a-四甲基-2H-1-苯并吡喃	C ₁₃ H ₂₀ O	[27]
	2-乙炔基-四氢-2,6,6-三甲苯-2H-吡喃	C ₁₀ H ₁₈ O	[27]
	丁香酚	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	[27]
	顺-1,2,3,4-四氢-3,3-二甲苯-1,2-萘二酚	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	[27]
	月桂酸酐	C ₂₄ H ₄₆ O ₃	[27]
	对烯丙基苯甲醚	C ₁₀ H ₁₂ O	[27]
	丁香酚甲醚	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	[27]

6 生物酶类成分及其作用

这类成分主要为木瓜蛋白酶、木瓜凝乳蛋白酶、超氧化物歧化酶(SOD)等。SOD可降低自由基对人体的毒害,具有延缓机体衰老的作用。研究发现木瓜中分离制备的SOD粗提物颗粒能显著降低小鼠各组织中丙二醛(Malondialdehyde, MDA)含量^[30]。除了一般的助消化作用外,木瓜蛋白酶和木瓜凝乳蛋白酶还具有抗肿瘤作用^[31]。

7 其他单体化合物

从木瓜中分离出的单体化合物目前还有如下2个^[32],其结构式见图3。

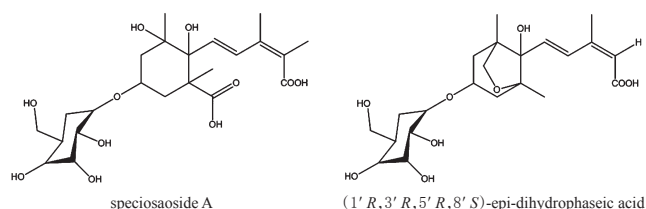


图3 木瓜中分离出的其他类化合物结构式

8 结语

木瓜作为原卫生部最早公布的药食兼用的品种之一,在我国各地分布广泛。其含有丰富的药理活性物质,这是发挥良好功效的基础。不论加工为食用果品还是药用饮片,木瓜均具有很好的开发前景。关于木瓜药理活性成分的现有研究

主要集中在萜类和黄酮类物质上,对木瓜标志性成分的控制也是从2010年版《中国药典》开始以齐墩果酸和熊果酸为标准品采用高效液相色谱法检测的。事实上,木瓜中所含的有效成分还远不止这些,如木瓜多糖可作为免疫调节剂重点研究开发,挥发油类则是抗菌消炎剂的良好来源。建议进一步可研究芦丁作为另一控制木瓜质量标准物质的可行性,完善药品标准。在前人的基础上加强活性成分单体和药理作用机制的研究必将有力推动木瓜的中药现代化进程。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 2015年版. 北京:中国医药科技出版社, 2015:61.
- [2] Zhang L, Cheng YX, Liu AL, *et al.* Antioxidant, anti-inflammatory and anti-influenza properties of components from *Chaenomeles speciosa*[J]. *Molecules*, 2010, 15(11): 8 507.
- [3] Zhang SY, Han LY, Zhang H, *et al.* *Chaenomeles speciosa*: a review of chemistry and pharmacology[J]. *Biomedical Reports*, 2014, 2(1):12.
- [4] Xie X, Zou G, Li C. Antitumor and immunomodulatory activities of a water-soluble polysaccharide from *Chaenomeles speciosa*[J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 132(5):323.
- [5] 王文平,郭祀远,李琳,等.野木瓜水溶性多糖的分离纯化及抗补体活性研究[J].食品科学, 2008, 29(5):120.
- [6] Sun LN, Hong YF. Chemical constituents of *Chaenomeles sinensis* (Thouin.) Koehne[J]. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences*, 2000, 9(1):6.
- [7] 郭学敏,洪永福,章玲,等.皱皮木瓜化学成分的研究[J].中草药, 1997, 28(10):584.
- [8] 孙连娜,洪永福.简述中药木瓜的化学、药理与临床应用研究[J].药学实践杂志, 1999, 17(5):281.
- [9] 陈洪超,丁立生,彭树林,等.皱皮木瓜化学成分的研究[J].中草药, 2005, 36(1):30.
- [10] 熊姝颖.长阳皱皮木瓜化学成分研究[D].武汉:中南民族大学, 2013:16.
- [11] 高慧媛,吴立军,黑柳正典.光皮木瓜的化学成分[J].中国天然药物, 2003, 1(2):82.
- [12] 吴虹,魏伟,吴成义.木瓜化学成分及药理活性的研究[J].安徽中医学院学报, 2004, 23(2):62.
- [13] 刘爱华,田慧群,覃晓琳,等.木瓜总黄酮抗肿瘤活性研究[J].中国药房, 2014, 25(7):599.
- [14] 丁小娟,丁珊珊,吕凌,等. HPLC法同时测定宣木瓜中五种有机酸和原儿茶酸的含量[J].安徽医药, 2013, 17(9): 1 496.
- [15] 李琼,刘乐全,徐怀德,等.光皮木瓜中有机酸成分研究[J].西北农业学院, 2008, 17(1):207.
- [16] 杨颖博,李霞,杨琦,等.皱皮木瓜的化学成分研究[J].第二军医大学学报, 2009, 30(10):1 195.
- [17] 龚复俊,陈玲,卢笑丛,等.皱皮木瓜果实中有机酸成分的GC-MS分析[J].植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 55.
- [18] Yang YB, Yang Y, Li X, *et al.* Studies on the chemical constituents of *Chaenomeles speciosa*[J]. *J Chin Med Mater*, 2009, 32(2):1 388.
- [19] 王晓毅.皱皮木瓜的化学成分研究及板栗种仁超临界萃取物GC-MS分析[D].沈阳:沈阳药科大学, 2008:11.
- [20] 宋亚玲.中药木瓜化学成分及生物活性研究[D].杨凌:西北农林科技大学, 2007:23.
- [21] 高慧媛,吴斌,李文,等.光皮木瓜的化学成分[J].中国天然药物, 2004, 2(6):351.
- [22] Song YL, Zhang L, Gao JM, *et al.* *Speciosaperoxide*, a new triterpene acid, and other terpenoids from *Chaenomeles speciosa* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(3): 214.
- [23] 张玲,徐国兵,彭华胜,等.木瓜类药材挥发油化学成分的GC-MS比较[J].中药材, 2009, 32(4):535.
- [24] Xie XF, Cai XQ, Zhu SY, *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Chaenomeles speciosa* from China[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(4):1 312.
- [25] 李育钟,白志川,刘世尧,等.重庆光皮木瓜鲜果挥发油成分的GC-MS分析[J].西南师范大学学报:自然科学版, 2012, 37(8):60.
- [26] 周广芳,赵峰,孙岩,等.光皮木瓜果实中香气成分的GC-MS分析[J].分析试验室, 2008, 27(8):25.
- [27] 孟祥敏,刘乐全,徐怀德,等.不同木瓜果实香气成分的GC-MS分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版, 2007, 35(8):125.
- [28] 龚复俊,卢笑丛,陈玲,等.西藏木瓜挥发油化学成分研究[J].中草药, 2006, 37(11):1 634.
- [29] 刘建民,贾波,曹帮华,等.山东主栽光皮木瓜品种香气成分的研究[J].林业科学研究, 2010, 23(4):597.
- [30] 赵靖,糜漫天,唐勇,等.木瓜超氧化物歧化酶粗提物颗粒的加工及生物学效应研究[J].第三军医大学学报, 2008, 30(6):514.
- [31] 蔡小玲,郭勇,王捷,等.木瓜凝乳蛋白酶的分离纯化及其杀伤鼠肝癌细胞的作用[J].中国生化药物杂志, 2004, 25(4):215.
- [32] Huang GH, Xi ZX, Li JL, *et al.* Sesquiterpenoid glycosides from the fruits of *Chaenomeles speciosa*[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2015, 51(2):266.

(收稿日期:2015-09-19 修回日期:2015-11-01)

(编辑:余庆华)

《中国药房》杂志——《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊, 欢迎投稿、订阅