

葡萄柚品种及遗传育种研究进展

董美超, 李进学, 周东果, 杨帆, 郭莉娜, 刘红明, 高俊燕

(云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所, 云南 瑞丽 678000)

摘要: 本文从葡萄柚 *Citrus × paradisi* 的起源、分布、品种演变、引种栽培现状、品种选育及分子遗传等方面进行综述。针对葡萄柚资源利用存在的主要问题, 提出今后研究方向。

关键词: 葡萄柚; 品种; 遗传育种; 研究进展

Doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2018.02.019

中图分类号: S666.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-7791(2018)02-0194-05

Reviews on Varieties and Genetic Breeding of Grapefruit

DONG Mei-chao, LI Jin-xue, ZHOU Dong-guo, YANG Fan, GUO Li-na, LIU Hong-ming, GAO Jun-yan
(Institute of Tropical and Subtropical Cash Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Ruili 678000, Yunnan China)

Abstract: The researches on grapefruit origin, distributing, variety evolution, introduction and cultivation status, variety selection and molecular genetics were reviewed in this paper. Besides, the survey of resources research of grapefruit and its utilizable value were also summarized.

Key words: grapefruit; variety; genetic breeding; research progress

葡萄柚(葡萄柚群; *Citrus × paradisi*)是甜橙 *C. sinensis* 和柚 *C. grandis* 的回交后代^[1-2], 起源于拉丁美洲的巴巴多斯。葡萄柚果实柔软多汁, 酸甜中略带苦味, 富含维生素 c、柚苷和橙苷, 具有助消化、清热退火、保养肌肤、减肥、治疗糖尿病等特殊疗效^[3-5]。葡萄柚过去因味苦偏酸, 不符合消费者口味, 在我国几无发展。最近, 随着人们健康意识的增强, 功能性消费需求的增加, 以及部分低酸品种的引进, 葡萄柚在广东、福建、四川、云南等地有小规模栽培, 主要品种有可口柚、星路比、奥兰柚等。国内有些类似葡萄柚的天然杂种如浙江的胡柚也有较大规模的栽培^[6]。但由于国内葡萄柚引进品种混杂, 并且对其遗传研究较少, 导致新品种选育进程缓慢, 葡萄柚产业发展受到严重限制。

1 葡萄柚起源及分类学地位

葡萄柚的来历有些传奇, 莎多克在巴巴多斯岛上将牙买加甜橙和印度尼西亚柚混栽后, 柚橙间发生自然杂交, 从此世界上就有了葡萄柚。一般认为开初的葡萄柚不堪食用, 直到后来佛罗里达人邓肯(A. L. Duncan)发现葡萄柚一优株, 并于 1892 年命名为“邓肯”后, 葡萄柚才摆脱了待字闺中的命运, 开始商业性种植。邓肯葡萄柚的母树依然健在, 树龄达 160 年以上^[7]。红肉葡萄柚则是在 1929 年由普通白肉葡萄柚变异而来。

数值分类学认为, 葡萄柚是柚和甜橙的杂种^[1-2]。钟广炎等^[2]发现其过氧化物同工酶基因型为 BD, 恰好是典型柚 BB 和甜橙 DD 的杂合子, 而 BB 为柚所独有; 谷氨酸草酰乙酸转氨酶同工酶(GOT-1)的基因型是 FS, 也是典型的柚(FS)和甜橙(SS)的杂交组合。根据化学分类研究结果, 认为柚是甜橙的亲本之一。AFLP 和 cpDNA 证据亦表明葡萄柚是柚和甜橙的杂种^[8]。Nicolosi 等^[9]的 cpDNA 分析表明, 葡萄柚的母本是柚; 利用 CMA/DAPI 双染色和 rDNA 探针 FISH 技术分析葡萄柚的起源, 发现邓肯葡

收稿日期: 2018-03-30

修回日期: 2018-05-28

基金项目: 云南省农业科学院云南省柠檬产业化技术省创新团队(2017HC023); 国家柑橘产业技术体系柠檬综合试验站(CARS-27); 云南省技术创新人才培养对象(2017HB130)

作者简介: 董美超, 硕士, 助理研究员, 从事热带果树育种研究。E-mail: 283743007@qq.com

注: 高俊燕为通信作者。E-mail: Rllm06@163.com

葡萄柚和福罗斯特葡萄柚的核型不同于火焰、亨德逊、马叙和‘Rio Red’, 45S rDNA 的数目也不同, 前两个葡萄柚有 4 个 45S rDNA, 其余的则有 5 个。而所分析的 2 个柚的核型不仅相同而且纯合。由于柚的每一对染色体核型均出现在葡萄柚中, 因此, 可以确定葡萄柚的确是柚的杂种, 但两种不同的核型组成则有可能来自两个独立的杂交事件。

2 葡萄柚分布及品种演变

葡萄柚的生态适应性强, 既适宜干旱的荒漠沙壤, 又适于湿润的亚热带气候, 耐寒亦耐贫瘠, 故能广泛分布于世界各柑橘生产国。十九世纪以前, 葡萄柚的栽培仅限于西印度群岛和美国的佛罗里达州, 栽培并不普遍。近半个世纪以来, 葡萄柚种植面积总体呈上升态势, 根据联合国粮食及农业组织 (FAO) 统计数据^[10], 葡萄柚生产国主要有中国、美国、越南、墨西哥、南非、泰国、印度、土耳其、以色列和苏丹等(表 1), 中国和墨西哥发展速度较快, 而美国、牙买加等一些国家的种植比例下降。美国的柚以葡萄柚为主, 主要在佛罗里达栽培。近十年来, 由于发现葡萄柚果实和果汁所含呋喃-香豆素会影响心血管药药效, 以及其他因素影响, 美国葡萄柚种植面积急剧下降。

最早栽培的葡萄柚果实为白肉、有核, 统称为邓肯葡萄柚。1862 年在佛罗里达发现一株无核果实实生变异, 1886 年确认其无核变异后, 命名为马叙(Marsh)葡萄柚。生产上, 邓肯葡萄柚基本被马叙葡萄柚取代。随后又陆续发现果肉色泽不同的芽变和实生变异, 加上人工诱变育成的品种, 葡萄柚品种资源越来越丰富。葡萄柚主要品种及其演化系统见图 1。此外, 由美国加利福尼亚大学柑橘研究中心于 1958 年用低酸柚 CRC 2240(2X)与四倍体马叙葡萄柚杂交获得三倍体无核新品种奥罗布郎柯(Oroblanco)^[12]。

表 1 2014 年葡萄柚(含柚类)十大主产国生产情况

Table 1 TOP 10 main productive country of grapefruit in 2014

国家/地区	产量/万 t	栽培面积/万 hm ²	生产效率/kg · hm ⁻²
世界	839.72	32.11	26151.95
中国	378.22	7.59	49829.34
美国	94.98	2.81	33770.25
越南	46.66	3.88	12022.52
墨西哥	42.47	1.62	26213.07
南非	41.76	1.40	29829.50
印度	24.85	1.07	23287.41
泰国	24.22	2.67	9062.50
土耳其	22.96	0.64	35935.35
以色列	22.71	0.36	62985.58
苏丹	19.80	1.36	14511.98

注: 数据来源于 FAO 数据库^[10]。

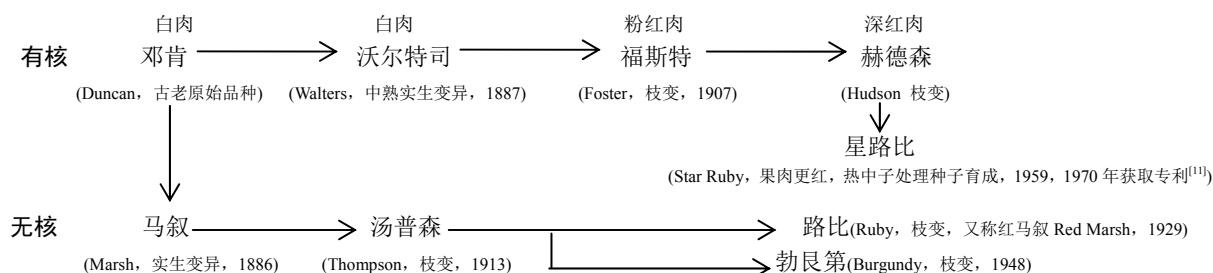


图 1 葡萄柚主要品种及其演化路径

Fig. 1 Main varieties of grapefruit and their evolution

3 我国葡萄柚引种栽培概况

我国从 20 世纪 20 年代初开始陆续引种栽培, 目前葡萄柚在我国台湾、四川、浙江、广东、广西、福建、云南、湖南、江西等省(区)均有栽培(表 2)。台湾 1917 年开始从美国引种, 现有较大面积的栽培, 品种以马叙和路比最多。四川省于 1919~1939 年从美国引进邓肯、汤普森和马叙 3 个品种, 这是第一批; 1978 年引进星路比, 1979 年引进路比, 1988 年又从意大利引进路比和奥罗布郎柯, 这是第二批; 此外, 还从古巴引进古巴柚(实为葡萄柚)等品种。目前, 这些品种被收集、保存在重庆北碚中国农业科学院柑桔研究所^[7]。广东、浙江等省在 20 世纪 70 年代从美国引种葡萄柚; 海南则在 80 年代由华南热带作物学院引入; 福建省 80 年代从美国引进有核、黄肉品种邓肯葡萄柚^[13]。由于早期葡萄柚味苦、偏酸, 不受我国消费者喜爱, 且人们未充分认识和掌握葡萄柚的营养价值、特性及栽培技术, 产量不高、

效益低, 因此葡萄柚一直无规模生产。随着人们对葡萄柚功能性认识的提高及加工产品的研发, 其市场需求逐年增加, 生产规模逐步扩大, 葡萄柚产业前景看好。21 世纪初期, 广西、湖南、云南、福建等省(区)又开始新一批的引种栽培试验。2005~2010 年, 广西壮族自治区陆续引进红马叙、台湾甜西柚(Sweetie)、奥兰柚(Oran Pomelo)和星路比等品种在南宁武鸣区试种, 其中红马叙引种 10000 株, 引种结果显示 4 个品种均适宜在广西南宁种植^[14-15]。湖南省于 2006 年从中国农业科学院柑桔研究所引进马叙、瑞红(Rio Red)、火焰(Flame)和红肉葡萄柚在安化进行栽培试种, 结果表明 4 个品种均能适应湖南安化的气候和土壤条件^[16]。2004 年, 广东省梅州市梅县建立 2 hm² 葡萄柚试验示范园, 品种为汤姆逊、马叙和星路比, 筛选出适宜梅州栽培的品种汤姆逊, 并初步总结一套丰产优质栽培技术^[17]; 福建从美国和我台湾引进威偌(Weiruo)葡萄柚, 试种表明, 威偌风味甜、无苦涩味、品质极上等^[18]。2002 年, 云南从美国佛罗里达州引进火焰、矮化(Genetic Dwarf)、亨路比(Henderson Ruby)、星路比、瑞路比(Ray Ruby)、帕利斯(Perlist)、瑞红、哈路比(Hudson Foster)、里德马叙(Reed Marsh) 9 个葡萄柚品种进行试种, 并对 9 个品种果实进行综合评价, 初步确定适宜试验区及周边地区种植的品种^[19]。根据美国农业部的统计报告, 2012 年中国葡萄柚(含柚类)产量为 290 万 t; 2017 年产量达 480 万 t, 增加 65.5%。

表 2 国内葡萄柚引种栽培概况
Table 2 Introduction and cultivation of grapefruit in China

引进年份	引进品种	保存、试种地域
1917 年	马叙、路比	台湾
1919~1939 年	邓肯、汤普森、马叙	四川
1979~1988 年	星路比、路比、奥罗布郎柯、古巴柚、红肉葡萄柚	四川、重庆
1990 年	鸡尾葡萄柚、科塔葡萄柚	浙江
2002 年	火焰、矮化、亨路比、星路比、瑞路比、帕利斯、瑞红、哈路比、里德马叙	云南
2004 年	威偌	福建
2004 年	汤姆逊、马叙和星路比	广东
2005 年	鸡尾葡萄柚	江西
2006 年	马叙、瑞红、火焰、红肉葡萄柚	湖南
2005~2010 年	红马叙、台湾甜西柚、奥兰柚、星路比	广西

4 国内外葡萄柚品种选育

葡萄柚按果实有无核可分为有核栽培种和无核栽培种; 按果肉颜色可分白色果肉栽培种和有色果肉栽培种。最早发现的邓肯葡萄柚为果实白肉、有核, 随后发现果实无核及果肉不同色泽的芽变和实生变异。国外选育出的主要栽培品种有邓肯、马叙、汤普森、星路比和红玉等。邓肯葡萄柚原产于巴巴多斯, 1809 年引进美国加州, 1885 年才被作为有价值栽培的品种, 约于 1892 年进行繁殖推广, 果大皮厚, 果肉淡黄色, 酸甜适中, 微苦, 多核(30~50 粒); 马叙葡萄柚为邓肯的实生变异品种, 果实较邓肯葡萄柚小, 成熟期晚, 丰产、味酸、无核(0~6 粒), 耐贮运, 尤耐树藏; 汤普森又称淡红肉马叙(PinkMarsh), 果肉粉红色、无核、中熟, 耐树藏, 但随时间的延长, 果肉色泽减退。星路比为无核粉红肉品种, 果皮薄而光滑, 果汁糖酸含量高, 丰产, 结果呈串状, 晚熟, 品质上等; 红玉又称红马叙或路比, 无核, 果面、海绵层、果肉均为深红色, 中熟, 外形美观、品质优, 颇具市场潜力。美国还通过杂交获得含酸量低的葡萄柚品种, 如早甜(Early Sweet)和可口(Cocktail)葡萄柚等。早甜品种中葡萄柚成分占 3/4, 宽皮柑橘占 1/4, 果皮金黄光亮、味甜、成熟早、无核。可口葡萄柚为葡萄柚与无酸柚的杂种, 果实中大、扁圆形, 表面光滑, 橙黄色, 柔嫩多汁, 含酸量低, 风味好, 品质优良, 较抗溃疡病, 耐贮藏^[20]。作为含酸量低的葡萄柚品种, 较适合中国人口味, 有一定的发展前景。此外, 美国佛罗里达大学柑橘遗传学家 Chen 和 Gmitter 教授偶然发现缺少能与多种药物发生副作用的物质的葡萄柚株系 UF914, 但该株系仍处于田间试验阶段^[21]。

我国随着葡萄柚的大量引进和栽培, 先后培育出适宜当地栽培的葡萄柚品种。闽北无核葡萄柚是橙与柚自然杂交的普通闽北葡萄柚所选育出的后代, 果实大、高扁圆形, 果皮橙色、光滑, 肉质脆软、化渣, 少核或无核, 酸甜适中, 风味浓, 品质中上, 耐寒性强, 较抗溃疡病和黄龙病, 耐贮藏^[22]。粤引可口葡萄柚是梅州市农业科学研究所于 2009 年通过广东省农作物品种审定的葡萄柚品种^[23], 该品种

早结丰产,果实成熟期 11 月中旬至 12 月中旬,留树保鲜期较长,果实扁圆形,果面光滑,肉嫩多汁,含酸量低,风味好,品质优良,抗溃疡病,适宜广东柚类产区种植。广西在引种的红马叙葡萄柚中发现一个优良的芽变单株,2016 年经广西农作物品种审定委员会审定命名为桂葡萄柚二号^[24],该品种果实扁圆形,果面光滑,果肉囊瓣均为粉红色,果肉细嫩化渣,酸甜苦味适中,具有浓郁的葡萄柚风味。

5 分子遗传学研究

刘慧民等^[25]采用 AFLP 分子标记技术,对引进的 9 个葡萄柚品种基因资源进行分析,评价引进资源的遗传多样性,揭示遗传结构和品种间亲缘关系,为引进葡萄柚品种的进一步开发利用和遗传改良提供基础信息。吴田等^[26]比较 4 种基因组 DNA 提取方法,得到一种效率较高、适用于葡萄柚 ISSR-PCR 的 DNA 提取方法,并采用正交设计优化葡萄柚 ISSR-PCR 的影响因子。梁武军等^[27]从三倍体葡萄柚自然授粉的实生后代中发掘多倍体,并采用 SSR 分子标记鉴定其不同倍性后代植株的来源,以获得一批多倍体新种质,为探索三倍体遗传规律奠定基础。Uzun 等^[28]通过 ISSR 标记技术区分 29 个葡萄柚、5 个柚和 1 个八朔蜜柑,利用 12 个 ISSR 引物共扩增出 100 个片段,其中 62 个为多态性;通过 SRAP 标记对 27 个葡萄柚、5 个柚和 4 个杂种柚种质进行遗传多样性分析,聚类分析结果为两大类,一类包括 5 个柚,另一类包括其他葡萄柚^[29]。在柚类中,所有柚都能区分开来,而在葡萄柚类中,大多数葡萄柚彼此之间没有明显的分离,这可能是由其变异来源决定的。大多数葡萄柚材料表现出狭窄的遗传基础,说明观察到的类群内形态多态型与体细胞突变有关,利用分子标记难以检测到这种多态型。

6 展望

6.1 资源挖掘与利用

国内外对葡萄柚引种、栽培技术、药物相互作用、果实营养成分与功能分析以及精油提取研究较多^[30-34],而对其品种选育、品种资源系统鉴定和性状遗传变异等方面研究较少,限制了品种资源潜在优势的挖掘与利用。挖掘葡萄柚中一些重要基因资源的潜在价值,加强资源评价工作,有助于发现葡萄柚品种间的差异性,从而更好地挖掘、鉴定和利用其种质资源,有利于推动我国葡萄柚产业发展。

6.2 制汁品种选育

我国开始步入老龄化社会,老年人喜好的葡萄柚具有广阔的市场前景。国外葡萄柚品种一般较酸,需进一步改良,降低酸度后才能打开市场。其次,葡萄柚具有果实出汁率高、果汁可溶性固形物含量高、风味酸甜适度等特性,约有一半被加工成葡萄柚汁,因此应加大其制汁品种选育,选育风味更适合中国市场的葡萄柚制汁品种显得尤为必要。

6.3 功能成分研究与利用

葡萄柚富含柠檬酸、维生素 C、果胶、叶酸、类黄酮等,还是少有的高钾低钠水果,不仅具有清除疲劳、助消化、减肥、降血压、消除血脂及胆固醇等功效,还有治疗糖尿病、抗癌作用,是预防心脏病、高血压、孕妇畸形儿和心血管病等的保健水果^[35-37]。因此,加强对葡萄柚功能性成分的研究,探索其营养成分及其功能性成分对冠状动脉粥样硬化、肥胖症和糖尿病患者等作用,会加深人们对葡萄柚保健功能的认识,从而扩大国内外市场对葡萄柚的需求,对促进我国葡萄柚产业发展有重要意义。

参考文献:

- [1] Barrett H C, Rhodes A M. A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated *Citrus* and its close relatives[J]. Systematic Botany, 1976,1(2): 105—136.
- [2] 钟广炎,叶荫民. 柑橘类植物的数值分类学研究[J]. 植物分类学报, 1993,31(3): 252—260.
- [3] 郭林榕. 葡萄柚的品种特性及栽培技术[J]. 福建农业科技, 2001(5): 62—63.
- [4] 郭林榕,陈文逛,熊月明. 葡萄柚的产销及发展[J]. 福建果树, 2002(3): 34—35.
- [5] 李贤忠,刘惠民,金德良,马裕霞,王连春. 美国葡萄柚营养成分分析与评价[J]. 经济林研究, 2006,24(4): 23—27.
- [6] 李余生,杨波,黄火贤. 常山县胡柚产业发展现状与对策[J]. 浙江柑橘, 2011,28(4): 5—8.

- [7] 叶荫民. 葡萄柚(*Citrus paradisi* Macf.)及其在我国的发展前景[J]. 中国南方果树, 1997,26(5): 7—9.
- [8] Li X M, Xie R J, Lu Z H, Zhou Z Q. The origin of cultivated citrus as inferred from internal transcribed spacer and chloroplast DNA sequence and amplified fragment length polymorphism fingerprints[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2010,135(4): 341—350.
- [9] Nicolosi E, Deng Z N, Gentile A, La M S, Tribulato E. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2000,100(8): 1155—1166.
- [10] UN Comtrade Database[DB/OL]. <https://comtrade.un.org/>. 2018-05-22.
- [11] Hensz R A. Star Ruby, a new deep-red-fleshed grapefruit variety with distinct tree characteristics[J]. Journal of the Rio Grande Valley, 1971,25: 54—58.
- [12] Soost R K, Cameron J W. ‘Oroblanco’, a triploid pummelo-grapefruit hybrid[J]. HortScience, 1980(15): 667—669.
- [13] 吴海波,刘惠民. 葡萄柚的栽培及研究概况[J]. 经济林研究, 2005,23(1): 69—73.
- [14] 杨杰,王博,许立明,杨昌鹏,赵小龙,赖碧丹,刘云. 4 个葡萄柚品种在广西南宁的引种表现[J]. 中国南方果树, 2016,45(3): 65—67.
- [15] 杨杰,王博,杨昌鹏,赵小龙. 红马叙葡萄柚的品种特性及栽培技术[J]. 热带农业科学, 2016,36(5): 17—20.
- [16] 胡其军,刘波,夏新灿,夏明鑫,黄再安,刘健,刘尚泉,刘干生. 4 个葡萄柚品种在湖南安化的栽培表现[J]. 中国南方果树, 2015,44(6): 24—25.
- [17] 李国华,孙中兴,徐秋明,侯志玉,张志辉. 葡萄柚的引种表现及优质丰产栽培技术[J]. 广东农业科学, 2009(9): 65—67.
- [18] 苏天发,苏美招,李林洲. 葡萄柚品种威侬在福建龙岩和闽侯引种初报[J]. 中国果树, 2010(3): 43—46.
- [19] 姜超强,刘惠民. 云南引进葡萄柚品种果实品质评价[J]. 西南林学院学报, 2007,27(1): 30—32.
- [20] Sulladmath V V(董朝菊摘译). 美国育出葡萄柚杂交新品种[J]. 热带与亚热带果树信息, 2002,18(12): 13.
- [21] 三目. 美国: 佛罗里达大学将推出葡萄柚新品种[J]. 中国果业信息, 2013,30(2): 35.
- [22] 陈心,徐跃兴. 闽北的无核葡萄柚[J]. 中国南方果树, 1997,26(1): 6.
- [23] 张雄基,钟进良,王建,杜小珍,温清英,唐永光. 粤引可口葡萄柚的品种特性及栽培技术[J]. 现代农业科技, 2014(8): 105—107.
- [24] 杨杰,王博,杨昌鹏,许立明,赵小龙. 葡萄柚新品种‘桂葡萄柚二号’的选育[J]. 果树学报, 2017,34(5): 646—648.
- [25] 刘惠民,何承忠,孟瑜,周敏,王瑶. 引进葡萄柚品种基因资源的 AFLP 分析[J]. 经济林研究, 2008,26(2): 1—5.
- [26] 吴田,蓝增全. 葡萄柚基因组 DNA 提取方法的比较及 ISSR-PCR 体系的优化[J]. 中国农学通报, 2010,26(23): 48—52.
- [27] 梁武军,解凯东,谢宗周,徐强,伊华林,郭文武. 三倍体葡萄柚实生后代多倍体的发掘与 SSR 遗传鉴定[J]. 果树学报, 2015,32(1): 13—18.
- [28] Uzun A, Gulsen O, Yesiloglu T, Akakacar Y, Tuzcu O. Distinguishing grapefruit and pummelo accessions using ISSR Markers[J]. Czech Journal of Genetics & Plant Breeding, 2010,46 (4): 170—177.
- [29] Uzun A, Yesiloglu T, Akakacar Y, Tuzcu O, Gulsen O, Kafa G, Yildirim B, Anil S. Genetic diversity of grapefruit and pummelo accessions based on SRAP markers[J]. Acta Horticulturae, 2011(892): 49—56.
- [30] 颜福花,叶荣华,吴连海. 鸡尾葡萄柚在浙江丽水引种试验初报[J]. 中国果树, 2012(3): 53—54.
- [31] 刘春荣,王清渭,吴雪珍,杨海英,陈时伟,黄旭中,刘丽丽. 鸡尾葡萄柚在浙江衢州的引种试验[J]. 浙江农业科学, 2017,58(1): 65—68.
- [32] 刘德成. 葡萄柚栽培技术[J]. 福建农业科技, 2014(4): 64—65.
- [33] Andersen V, Pedersen N, Larsen N E, Sonne J, Larsen S. Intestinal first pass metabolism of midazolam in liver cirrhosis-effect of grapefruit juice[J]. British Journal of Clinical Pharmacology, 2002,54(2): 120—124.
- [34] 施迎春,杨颖,周锦云,陈剑兵,陆胜民. 提取方法对葡萄柚精油性质与组成的影响[J]. 浙江农业学报, 2012,24(2): 305—309.
- [35] Dow C A, Going S B, Chow H H S, Patil B S, Thomson C A. The effects of daily consumption of grapefruit on body weight, lipids, and blood pressure in healthy, overweight adults[J]. Metabolism: Clinical and Experimental, 2012,61(7): 1026—1035.
- [36] Fujioka K, Greenway F, Sheard J, Ying Y. The effects of grapefruit on weight and insulin resistance: relationship to the metabolic syndrome[J]. Journal of Medicinal Food, 2006,9(1): 49—54.
- [37] 王琦,余亚白,赖呈纯,陈源,高慧颖,谢鸿根. 几种台湾水果的抗氧化能力研究[J]. 福建农业学报, 2010,25(6): 703—706.