

枇杷生物活性成分及药理作用研究进展

陆胜民¹, 汪文浩^{1,2}, 郑美瑜¹

1.浙江省农业科学院食品科学研究所, 浙江省果蔬保鲜与加工技术研究重点实验室, 杭州 310021;

2.南京农业大学食品科技学院, 南京 210095

摘要: 枇杷富含人体需要的多种生物活性成分,具有较高的食用及医用价值,本文就枇杷的果实、花、叶、核仁中的活性成分及其药理作用研究进展进行了综述,旨在为今后枇杷资源的综合利用提供理论基础。

关键词: 枇杷;活性成分;药理作用

DOI:10.3969/j.issn.2095-2341.2013.06.15

Research Progress on the Bioactive Components and Pharmacological Effects of *Eriobotrya japonica*

LU Sheng-min¹, WANG Wen-hao^{1,2}, ZHENG Mei-yu¹

1.Key Laboratory of Fruits and Vegetables Postharvest and Processing Technology Research of Zhejiang Province, Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China;

2.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: *Eriobotrya japonica* has abundant bioactive components which are essential to human's health. The fruit, flower, leaf and seed have various functions both on foodstuff and medicine. The research progress on the bioactive components and pharmacological effects of *Eriobotrya japonica* were reviewed in this paper, which might provide a theoretical basis for the comprehensive utilization of *Eriobotrya japonica* resources.

Key words: *Eriobotrya japonica*; bioactive components; pharmacological effects

枇杷(*Eriobotrya japonica*)又名卢橘,属蔷薇科枇杷属植物,是一种具有药用价值的小型亚热带常绿果树。枇杷原产于我国东南部,在我国已经有了2 200多年的栽培历史,主要分布在华东、中南和西南地区^[1],另外在日本、西班牙、土耳其、巴西等国家也有种植和栽培^[2]。枇杷的果实、核仁、叶子、花均可入药,具有润肺止咳、降逆止呕的作用^[3]。目前已经从枇杷中分离出黄酮类、酚类、萜类和苦杏仁苷等成分,其药理作用主要集中在抗氧化、抗炎止咳、抑菌、抗肿瘤、保护胃黏膜、降血糖和抗过敏等方面。本文对枇杷主要生物活性成分及药理作用进行全面深入的概括,以期枇杷资源的综合利用提供科学依据及参考。

1 枇杷的生物活性成分

1.1 黄酮类

黄酮类化合物泛指两个具有酚羟基的苯环通过中央三碳原子连接而成的一大类化合物。黄酮类化合物通常与甲基、甲氧基、酚羟基和异戊烯基等官能团相连,多以糖苷化的形式存在于植物细胞中^[4]。枇杷花、叶、核仁中黄酮含量分别达到160 mg/g DW^[5]、102.9 mg/g DW^[6]和13.08 mg/g DW^[7],不同品种的枇杷果肉中黄酮含量为16.3~38.7 μ g/g FW^[8]。枇杷中的黄酮类别较多,在叶中已鉴别出的成分多属于黄酮醇糖苷,如槲皮素-3-O-葡萄糖苷、山奈酚-3-O-新橙皮苷、异

收稿日期:2013-10-08; 接受日期:2013-11-13

基金项目:浙江省植物食品加工技术重点科技创新团队项目(2010R50032)资助。

作者简介:陆胜民,研究员,主要从事果蔬加工与综合利用研究。E-mail:lushengmin@hotmail.com

鼠李糖-3-O-葡萄糖苷等^[9,10],还发现了酰化黄酮醇糖苷,如山奈酚-3-O- α -L-2, 4-E-二阿魏酰鼠李糖苷,4-Z-二对香豆酰鼠李糖苷等^[11];花中的黄酮种类主要是黄酮醇类、黄酮类及二氢黄酮类化合物^[12]。

1.2 酚类

酚类化合物是指芳香烃中苯环上的氢原子被羟基取代生成的化合物,根据分子中羟基数目的多少可分为一元酚和多元酚,通常以糖苷化或酯

化的形式存在于植物细胞中,是植物的一类次生代谢产物。枇杷的果肉、核仁、叶及花中都含有酚类,且不同品种间存在差异。枇杷果肉、核仁、花的总酚含量分别为 81.8~173.8 mg/100g FW^[13]、13.5~20.3 mg/g DW^[14]和 6.73~9.15mg/g DW^[15],不同组织部位的酚类成分如表 1 所示。枇杷果实成熟过程中,各酚类的相对成分发生变化,绿原酸含量逐步增加并成为主要的酚类,而其他酚类物质的含量在枇杷成熟过程中呈现下降趋势。

表 1 枇杷不同组织部位酚类成分
Table 1 Phenolic in different tissues of *Eriobotrya japonica*.

组织部位	酚类成分
果肉	绿原酸、新绿原酸、羟基苯甲酸、5-对阿魏酰奎尼酸、4-咖啡酰奎尼酸、原儿茶酸、表儿茶酸、阿魏酸、邻香豆酸、对香豆酸等 ^[13]
核仁	绿原酸、异绿原酸、新绿原酸、单宁酸、阿魏酸、儿茶酸、表儿茶酸、咖啡酸等 ^[16]
叶	绿原酸、表儿茶素、矢车菊色素、甲基绿原酸、4-咖啡酰奎尼酸、邻香豆酸、花青寡聚混合物等 ^[17,18]
花	绿原酸、异槲皮苷、槲皮苷、槲皮素等 ^[19]

1.3 萜类

萜类化合物是指具有(C₅H₈)_n通式的聚合物及其衍生物,可以看做是异戊二烯或异戊烷通过不同的方式连接而成的一类天然化合物,是广泛存在于植物中的一类生物活性成分。根据分子中异戊二烯单位数目的多少分为单萜类、倍半萜类、二萜类、三萜类、四萜类和多聚萜类等。在萜类化合物合成过程中,异戊烯二磷酸与二甲基烯丙基焦磷酸在酶的催化作用下缩合生成单萜、倍半萜和双萜,然后在细胞色素氧化酶作用下进一步合成萜类衍生物。枇杷中的萜类化合物主要为单萜类、倍半萜类、三萜类和四萜类化合物。

1.3.1 挥发油类 挥发油主要为单萜类和倍半萜类化合物,主要存在于枇杷花、叶及果实中。李绍佳^[20]对不同花期的枇杷花挥发油成分进行 GC-MS 分析,结果表明花苞的香气成分中,含量最高的是苯乙酮酸,占香气成分的 57.28%;盛花期香气成分主要由烷烃(57.72%)、脂类(28.96%)组成,其中含量最高的是二十八烷,占香气组分的 32.02%;末花期香气组分中相对含量最高的是苯甲醛,占香气组分的 19.96%,其次是二十八烷 16.76%。枇杷叶中的挥发油主要是橙花叔醇,金合欢醇,另外还含有月桂烯、亚麻醇、樟脑、香叶醇、榄香素、香芹酮等^[21]。Takahashi

等^[22]对新鲜枇杷和罐装枇杷的香气进行 GC-MS 分析,基于质谱和保留时间鉴定出 78 种化合物,其中 β -紫罗酮是罐装枇杷中最有效的香气成分,而新鲜枇杷最有效的香气成分是苯乙醛。

1.3.2 倍半萜类 枇杷叶中的倍半萜类化合物主要是以倍半萜与鼠李糖、葡萄糖形成糖苷的形式存在,包括链状和单环倍半萜。链状倍半萜有橙花叔醇-3-O- α -L-吡喃鼠李糖基(1-4)- α -L-吡喃鼠李糖基(1-6)- β -D-吡喃葡萄糖苷及其类似的衍生物^[23,24]。

1.3.3 三萜类 枇杷中的三萜类化合物主要是乌苏酸、齐墩果酸及其衍生物^[25,26],以游离酸及其皂苷的形式存在于枇杷的花叶中^[27,28],枇杷花中乌苏酸和齐墩果酸的含量分别为 2.68 mg/g DW 和 0.51 mg/g DW^[15],枇杷叶中乌苏酸和齐墩果酸的含量分别为 5.60 mg/gDW 和 1.40 mg/g DW^[29]。Taniguchi^[30]利用枇杷叶片的愈伤组织制备三萜酸,三萜酸的含量达到 50 mg/g DW,其中具有降血糖作用的委陵菜酸和具有抗肿瘤活性的 2 α , 19 α -二羟基-3-O-乌苏-12-烯-28 酸的含量显著高于普通枇杷叶。

1.3.4 类胡萝卜素 类胡萝卜素是一类由 8 个异戊二烯单位构成的碳氢化合物(胡萝卜素)和它们的氧化衍生物(叶黄素)组成的化合物,属于

四萜类化合物,主要存在于枇杷的果实和花中。已经鉴定出的枇杷花类胡萝卜素有7种,分别是新黄质、萆菜黄质、黄体黄质、9-顺-萆菜黄质、叶黄质、 β -隐黄质和 β -胡萝卜素,其中叶黄质的含量最高,占35.19%,其次是萆菜黄质25.27%,且不同的品种间类胡萝卜素含量无显著差异^[15]。枇杷果实中类胡萝卜素种类比花中更多,还包括六氢番茄红素、八氢番茄红素和 ζ -胡萝卜素等, β -胡萝卜素在果皮中含量最丰富,叶黄质、 β -隐黄质分别是白肉和红肉枇杷中含量最丰富的类胡萝卜素^[31,32]。

1.4 苦杏仁苷

苦杏仁苷属于芳香族氰苷,结构式为苯羟基乙氰-D-葡萄糖-6-1-D-葡萄糖苷,存在于枇杷的花、叶及核仁中。Zhou等^[33]对不同品种及生长期枇杷花中的苦杏仁苷含量进行了测定,结果表明不同品种的枇杷花之间苦杏仁苷的含量无显著差异,含量为1.23~1.56 mg/g DW;在不同发育阶段,盛花期的枇杷花苦杏仁苷含量最高,达到1.98 mg/g DW,末花期含量最低,为0.76 mg/g DW;枇杷花的不同组织中苦杏仁苷含量最高的为花瓣,达3.73 mg/g DW,含量最低的为穗梗,为0.92 mg/g DW。赵静等^[34]利用超声波辅助提取枇杷核中的苦杏仁苷,在最优条件下得到的提取量为39.07 mg/g DW。

2 药理作用研究

2.1 抗氧化作用

研究发现,枇杷果皮粗提液可以显著降低花生油中过氧化值的升高,且粗提液中的具有邻位双羟基芳香基基团的组分具有很强的清除羟自由基和超氧阴离子自由基的能力^[35]。Kazunori等^[36]研究了枇杷果皮、果肉和核仁的乙醇提取物和水提取物对DPPH自由基的清除能力和抑制体外低密度脂蛋白氧化的能力,发现三种不同部位的乙醇提取物和水提取物都有较强的清除DPPH自由基和抑制体外低密度脂蛋白氧化能力,其中枇杷核乙醇提取物的抗氧化能力最强,可能是由于核仁中多酚的含量最高或者是核仁中特有的表没食子儿茶素酸酯和原花色苷B₂有较强的抗氧化能力,具体机理需要进一步研究说明。

Hong等^[37]对枇杷叶乙酸乙酯提取物的抗氧化活性进行研究,结果表明提取物中的不同组分均具有较强的抗氧化能力,抗氧化能力大小顺序为:新可耐因Ib>新可耐因Ia>表儿茶素>槲皮素-3-O-a-L-鼠李糖苷>熊果酸。Yoshioka等^[38]利用枇杷核提取物喂食饲料中缺乏蛋氨酸胆碱的小鼠,发现喂食15周后实验组小鼠中谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性较低,脂质过氧化物含量较少,肝组织抗氧化酶活性明显高于对照组。

2.2 抗炎、止咳作用

动物试验显示,枇杷花的醇提物可以明显延长小鼠和豚鼠的咳嗽潜伏期,减少咳嗽次数^[39],还能够降低患有口腔黏膜炎症的仓鼠的细菌感染、口腔黏膜炎症血浆脂质过氧化物水平^[40],说明枇杷花醇提物的抗炎止咳作用,其抗炎作用机理可能是通过抑制NO的产生,降低核因子NF- κ B的活性来抑制诱导型一氧化氮合酶iNOS的表达^[41],减少干扰素- α ,白细胞介素-6和白细胞介素-8的分泌,抑制蛋白激酶MAPK和细胞外信号调节激酶EPK的活性^[42,43]。

2.3 抑菌作用

枇杷提取物在体外对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌及白色念珠菌的抑制作用^[44]。不同提取溶剂所获得的提取物的抑菌效果不同,枇杷花的正丁醇、丙酮的提取物对金黄色葡萄球菌的抑制能力最强,石油醚提取物对大肠杆菌的抑制能力最强,石油醚、乙酸乙酯提取物对白色念珠菌的抑制能力最强^[44];石油醚及丙酮提取物经硅胶柱用不同极性溶剂进行洗脱分离,弱极性片段对白色念珠菌的抑菌作用强于同浓度的阳性对照^[45];枇杷叶的乙醇提取物和热水提取物对金黄色葡萄球菌具有较强的抗菌活性,其中乙醇提取物比热水提取物抑菌效果更好。Kim等^[47]在褐带石斑鱼饲料中添加1%的枇杷提取物,喂养4周后,褐带石斑鱼抑制杀鱼弧菌的能力显著提高。

2.4 抗肿瘤作用

已发现枇杷中的一些活性成分具有抗肿瘤作用。Ito等^[48]研究发现枇杷叶中的花青素聚体混合物对口腔肿瘤细胞具有细胞毒性,并可以明显延缓亚硝酸盐和TPA诱导的癌细胞病变,且抑制作用与没食子儿茶素没食子酸酯相当,但对正常细胞没有毒性作用。齐墩果酸和熊果酸可以通过

抑制肿瘤细胞钠-钾-ATP 酶活性、降低细胞间粘附作用和蛋白酶活性来促进肿瘤细胞的凋亡,延缓肿瘤细胞的转移从而达到抗癌的作用^[49,50];枇杷叶中的 2 α , 19 α -3-O 熊果-12 烯-28 酸可以减缓小鼠皮肤癌细胞的扩散^[51];枇杷叶提取物中乌苏酸剂量达到 10mg/(kg·d)时,可使携带 S180 肿瘤细胞的小鼠生存期由对照组的 13 d 延长到 20 d,肿瘤抑制率达到 59.2%^[17];枇杷叶和枇杷核的甲醇提取物可以显著抑制乳腺癌细胞之间的粘附和迁移,而且可以抑制基质金属蛋白酶的活性^[52]。

2.5 保护胃黏膜作用

Yokota 等^[53]用枇杷核提取物处理经 70% 乙醇损伤的大鼠胃黏膜细胞,14 d 后发现枇杷核提取物可以抑制胃黏膜溃疡的形成,但对胃酸及胃液的分泌没有影响。对实验结果进行进一步探究,以瑞巴匹特为阳性对照建立大鼠胃黏膜损伤模型,喂食枇杷核提取物的海水溶液 14 d 并禁食 24 h 后,发现枇杷核提取物的海水溶液抑制胃损伤面积效果与阳性对照结果相当,且可以显著提高超氧化物歧化酶、过氧化氢酶及谷胱甘肽过氧化物酶活性,降低脂质过氧化物水平^[54]。

2.6 降血糖作用

Toshima 等^[55]利用枇杷叶与绿茶制成一种发酵茶,这种茶的水提物的浸膏可以有效抑制 α -葡萄糖苷酶的活性,对麦芽糖喂食的大鼠表现出抗高血糖作用。Shih 等^[56]用高脂肪含量食物喂养小鼠 10 周,然后喂食枇杷提取物,4 周后发现实验组小鼠高血糖、高血脂及高胰岛素的状况得到显著改善,并且小鼠体重显著降低。Tanaka 等^[57]通过两种喂药方式评价枇杷核的降血糖作用,结果显示,两种喂药方式都能显著降低 KK-Ay 小鼠的空腹血糖水平,并表现出良好的葡萄糖耐受性,但对甘油三酯及胆固醇水平无显著影响,原因可能是枇杷核是通过改善胰岛素敏感性而不是调节脂质代谢来达到降血糖的作用。

2.7 抗过敏作用

Sun 等^[58]研究发现,在恶唑酮和二硝基氟苯引起的过敏性耳肿胀小鼠中,喂药枇杷核提取物可以显著抑制小鼠体内组胺和肿瘤坏死因子- α 含量的增加,对小鼠的过敏性皮炎有拮抗作用。在过敏性鼻炎模型中,枇杷核提取物同样可以抑制大鼠肥大细胞释放组胺,降低打喷嚏的频率

^[59]。Kim 等^[60]研究了枇杷叶提取物对小鼠过敏的作用,发现枇杷叶提取物可以降低免疫球蛋白 I 个 E 介导的皮肤过敏反应并降低肥大细胞的组胺释放的含量,此外还可以降低因佛波醇 12-肉豆蔻酸酯-13-乙酸盐和钙离子载体 A23187 刺激产生的肿瘤坏死因子的产生。

3 展望

枇杷原产于我国,含有丰富的活性成分及药理活性。目前枇杷果实主要用于鲜食,少量用于加工成果汁、果脯及罐头产品,枇杷花、叶及核主要用于生产枇杷露、枇杷膏等止咳药物,枇杷资源的深加工及综合利用技术还有待于加强。枇杷花、叶及核的生物活性成分的研究是目前的研究热点之一,其中研究最多的是熊果酸和齐墩果酸。熊果酸、齐墩果酸作为天然产物,毒性小,副作用少,对于临床上多种疾病的研究及保健食品的开发具有广阔的市场前景。酚类及类胡萝卜素也是枇杷资源中重要的活性成分。酚类物质可以有效地清除体内自由基,在饮料行业及其保健品行业有广泛的应用前景;类胡萝卜素是一种天然色素,可以作为食品色素或营养强化剂应用于食品行业及化妆品行业。因此,综合高效利用枇杷资源,实现枇杷资源的可持续发展具有重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 沈 隽.中国农业百科全书果树卷[M].北京:农业出版社,1993,251.
- [2] Lin S, Sharpe R H, Janick J. Loquat: botany and horticulture [A].In: Horticulture Reviews[C].Wiley, 1999,23:233-276.
- [3] 中国药典委员会.中国药典 2010 年版[M].北京:中国医药科技出版社,2010,190.
- [4] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2002,297-300.
- [5] 郑美瑜,陆胜民,陈剑兵,等.枇杷花总黄酮的提取工艺研究[J].食品与发酵科技,2009,45(4):52-54.
- [6] 王长春,林向阳,叶南慧,等. Plack Burman 设计和响应面分析法优化枇杷叶总黄酮的超声波提取工艺[J].中国食品学报,2013,13(3):84-91.
- [7] 徐光富,李 博.枇杷核总黄酮的提取及对羟自由基清除作用的考察[J].广州化工,2012,40(21):75-77.
- [8] Ercisli S, Gozlekci S, Sengul M, et al.. Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) lindl.) fruits from Turkey[J]. Sci. Horticult., 2012,148:185-189.
- [9] 吕 寒,李维林,裴咏萍,等.枇杷叶中黄酮类化学成分的

- HPLC-MS 分析[J].现代中药研究与实践,2009,22(6):56-58.
- [10] Louati S, Simmonds M S, Grayer R J. Flavonoids from *Eriobotrya japonica* (Rosaceae) growing in Tunisia [J]. Biochem. Syst. Ecol., 2003, 31(1): 99-101.
- [11] Kawahara N, Satake M, Goda Y. A new acylated flavonol glycoside from the leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. Chem. Pharm. Bull., 2002, 50: 1619-1620.
- [12] 李琪, 廖颖, 张宏, 等. 枇杷花中黄酮的分离鉴别研究[J]. 食品与发酵科技, 2010, 47(1): 86-88.
- [13] Ding C K, Chachin K, Ueda Y, *et al.* Metabolism of phenolic compounds during loquat fruit development[J]. J. Agric. Food Chem., 2001, 49: 2883-2888.
- [14] 李筱洁, 金晓燕, 周存山, 等. 红肉和白肉枇杷果仁营养成分分析[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(1): 149-152.
- [15] 周春华. 枇杷花、果主要生物活性组分与抗氧化活性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 博士学位论文, 2007.
- [16] 熊文愈, 汪计珠, 石同岱, 等. 中国木本药用植物[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2002, 297-300.
- [17] Ito H, Kobayashi E, Yoshie T, *et al.* Polyphenols from *Eriobotrya japonica* and their cytotoxicity against human oral tumor cell lines[J]. Chem. Pharm. Bull., 2002, 48: 687-693.
- [18] Jung H A, Park J C, Chung H Y. Antioxidant flavonoids and chlorogenic acid from the leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. Arch. Pharm. Res., 1999, 22: 213-218.
- [19] 闫永芳, 过尘杰, 孙钧, 等. 宁海白枇杷花中酚类物质鉴定及含量测定[J]. 中国食品学报, 2012, 12(4): 202-207.
- [20] 李绍佳. 枇杷花香气成分及精油研究[D]. 福州: 福建农林大学, 硕士学位论文, 2012.
- [21] 台琪瑞, 徐熹, 郭伟琳, 等. 枇杷叶挥发油的气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(3): 206-208.
- [22] Takahashi H, Sumitani H, Inada Y, *et al.* Potent aroma volatiles in fresh loquat and its canned product[J]. J. Jap. Soc. Food Sci. Technol., 2000, 47: 302-310.
- [23] Ito H, Kobayashi E, Li S H, *et al.* Megastigmane glycosides and an acylated triterpenoid from *Eriobotrya japonica* [J]. J. Nat. Products, 2001, 64: 737-740.
- [24] Chen J, Li W L, Wu B R, *et al.* Hypoglycemic effect of sesquiterpene glycosides isolated from leaves of (*Eriobotrya japonica* (Thunb) Lindl) [J]. Phytomedicine, 2006, 15: 98-102.
- [25] 陈欢, 陈光, 任红梅, 等. 枇杷叶中三萜类成分的研究[J]. 北京化工大学学报, 2012, 39(3): 40-45.
- [26] 蔡雪萍, 李松林, 华俊磊, 等. HPLC-ELSD 同时测定枇杷叶中 6 种三萜酸成分的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(1): 84-87.
- [27] Janicsak G, Verse K, Kakasy A Z. Study of the oleanolic and ursolic contents of some species of the lamiaceae[J]. Biochem. Syst. Ecol., 2006, 34: 392-396.
- [28] 成丽, 刘燕, 陈凌亚, 等. 枇杷花三铁皂苷成分的研究[J]. 华西医科大学学报, 2001, 32(2): 283-285.
- [29] Xu X H, Su Q, Zang Z H. Simultaneous determination of oleanolic acid and ursolic acid by RP-HPLC in the leaves of *Eriobotrya japonica* Lindl [J]. J. Pharm. Anal., 2012, 2(3): 238-240.
- [30] Taniguchi S, Imayoshi Y, Kobayashi E. Production of bioactive triterpenes by *Eriobotrya japonica* Calli [J]. Phytochemistry, 2002, 59: 315-323.
- [31] Zhou C H, Xu C J, Sun C D, *et al.* Carotenoids in white and red fleshed loquat fruits[J]. J. Agric. Food Chem., 2007, 55: 7822-7830.
- [32] Adelia F F, Patricia N, Hasegawa E A C, *et al.* Cultivar influence on carotenoid composition of loquats from Brazil[J]. J. Agric. Food Chem., 2007, 55: 7822-7830.
- [33] Zhou C H, Chen K S, Sun C D, *et al.* Determination of oleaolic acid, ursolic acid and amygdalin in the flower of *Eriobotrya japonica* Lindl by HPLC[J]. Biomed. Chromatogr., 2007, 21: 755-761.
- [34] 赵静, 段杨峰, 孔繁渊, 等. 超声波辅助提取枇杷核苦杏仁苷工艺优化[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 37-42.
- [35] 李琳, 姜新发, 张志斌, 等. 枇杷皮和芒果皮粗提液抗氧化活性研究[J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(6): 756-760.
- [36] Kazunori K, Asao M, Kyoich O, *et al.* Effect of loquat (*Eriobotrya japonica*) extracts on LDL oxidation [J]. Food Chem., 2007, 104: 308-316.
- [37] Hong Y P, Qiao Y C, Lin S Q, *et al.* Characterization of antioxidant compounds in *Eriobotrya fragrans* Champ leaf[J]. Sci. Hortic., 2008, 118: 288-292.
- [38] Yoshioka S, Hamada A, Jobu K. Effects of *Eriobotrya japonica* seed extract stress in rats with non-alcoholic steatohepatitis[J]. J. Pharm. Pharmacol., 2010, 62(2): 241-246.
- [39] 陈晓芳, 张倩, 吴文倩, 等. 枇杷花醇提物止咳化痰作用实验研究[J]. 中成药, 2013, 35(1): 167-169.
- [40] Takuma D, Sun G C, Yokota J, *et al.* Effects of *Eriobotrya japonica* seed extract on 5-fluorouracil-induced mucositis in hamsters[J]. Biol. Pharm. Bull., 2008, 31(2): 250-254.
- [41] Dong S C, Jae S E, Hoon J. Anti-inflammatory and antinociceptive properties of the leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. J. Ethnopharm., 2011, 134: 305-312.
- [42] Kim S H, Shin T Y. Anti-inflammatory effect of the leaves of *Eriobotrya japonica* correlating with attenuation p38 MAPK, ERK, and NF-kB activation in mast cells [J]. Toxicol. In Vitro, 2009, 23: 1215-1219.
- [43] Choi Y G, Seok Y H, Yeo S, *et al.* Protective changes of inflammation-related gene expression by the leaves of *Eriobotrya japonica* in the LPS-simulated human gingival fibroblast: microarray analysis [J]. J. Ethnopharm., 2011, 135(3): 636-645.
- [44] 何莲, 张宏, 李琪, 等. 枇杷花系统溶剂提取物抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 109-112.
- [45] 何莲. 枇杷花提取物抑菌作用及相关有效成分研究[D]. 成都: 四川师范大学, 硕士学位论文, 2009.
- [46] Lee K L, Kim S M. Antioxidative and antimicrobial activities of *Eriobotrya japonica* Lindl leaf extracts [J]. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 2009, 38(3): 267-273.
- [47] Kim J S, Harikrishnan R, Kim M C, *et al.* Enhancement of *Eriobotrya japonica* extracts on non-specific immune response and disease resistance in kelp grouper *Epinephelus bruneus* against *Vibrio carchariae* [J]. Fish & Shellfish Immunol., 2011, 31: 1193-1200.

- [48] Ito H, Kobayashi E, Li S H, *et al.*. Antitumor activity of compounds isolated from leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. J. Agric. Food Chem., 2002, 50: 2400–2403.
- [49] Muthu K S, Dai X Y, Alan P K, *et al.*. Ursolic acid in cancer prevention and treatment: molecular targets, pharmacokinetics and clinical studies [J]. Biochem. Pharm., 2013, 85: 1579–1587.
- [50] Huang C Y, Lin C Y, Tasi C W, *et al.*. Inhibition of cell proliferation, invasion and migration by ursolic acid in human lung cancer cell lines [J]. Toxicol. In Vitro, 2011, 25: 1274–1280.
- [51] Taniguchi S, Imayoshi Y, Kobayashi E, *et al.*. Production of bioactive triterpenes by *Eriobotrya japonica* calli [J]. Phytochemistry, 2002, 59: 315–323.
- [52] Kim M S, You M K, Rhuy D Y, *et al.*. Loquat (*Eriobotrya japonica*) extract suppresses the adhesion, migration and invasion of human breast cancer cell line [J]. Korea Med., 2009, 3: 259–264.
- [53] Yokota J, Takuma D, Hamada A, *et al.*. Gastroprotective activity of *Eriobotrya japonica* seed extract on experimentally induced gastric lesions in rats [J]. J. Nat. Med., 2008, 62(1): 96–100.
- [54] Yokota J, Kitaoka T, Jobu K, *et al.*. *Eriobotrya japonica* seed extract and deep sea water protect against indomethacin-induced gastric mucosal injury in rats [J]. J. Nat. Med., 2011, 65(1): 9–17.
- [55] Toshima A, Matsui T, Noguchi M, *et al.*. Identification of α -glucosidase inhibitors from a new fermented tea obtained by tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves [J]. J. Sci. Food Agric., 2010, 90: 1545–1550.
- [56] Shih C C, Lin C H, Wu J B. *Eriobotrya japonica* improves hyperlipidemia and insulin resistance in high-fat-fed mice [J]. Phytother. Res., 2010, 24(12): 1769–1780.
- [57] Tanaka K, Nishizono S, Makino N, *et al.*. Hypoglycemic activity of *Eriobotrya japonica* seeds in type2 diabetic rats and mice [J]. Biosci. Biotechnol. Biochem., 2008, 72(3): 686–693.
- [58] Sun G C, Zhang Y X, Takuma D, *et al.*. Effect of orally administered *Eriobotrya japonica* seed extract on allergic contact dermatitis in rats [J]. J. Pharm. Pharmacol., 2007, 59(10): 1405–1412.
- [59] Onogawa M, Sun G C, Takuma D, *et al.*. Animal studies supporting the inhibition of mast cell activation by *Eriobotrya japonica* seed extract [J]. J. Pharm. Pharmacol., 2009, 61(2): 237–242.
- [60] Kim S H, Kwon Y E, Park W H, *et al.*. Effects of leaves of *Eriobotrya japonica* on anaphylactic allergic reaction and production of tumor necrosis factor- α [J]. Immunopharm. Immunotoxicol., 2009, 31(2): 314–319.

(上接 415 页)

- [13] Considine M J, Daley D O, Whelan J. The expression of alternative oxidase and uncoupling protein during fruit ripening in mango [J]. Plant Physiol., 2001, 126: 1619–1629.
- [14] 韩娜. 抗氰呼吸途径在水稻幼苗低温胁迫和黄化水稻幼苗转绿过程中的作用 [D]. 兰州: 兰州大学, 硕士学位论文, 2009.
- [15] 于芹. 自然休眠诱导期油桃芽体抗氰呼吸代谢研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 硕士学位论文, 2008.
- [16] 晏婴才. 不同温度胁迫与水杨酸处理对烟草愈伤组织抗氰呼吸的影响及其交替氧化酶基因表达的分子生物学研究 [D]. 成都: 四川大学, 硕士学位论文, 2002.
- [17] Carre J E, Affourtit C, Moore A L. Interaction of purified alternative oxidase from thermogenic *Arum maculatum* with pyruvate [J]. FEBS Lett., 2011, 585: 397–401.
- [18] 张淑玲. 外源水杨酸处理对采后黄冠梨果实呼吸途径的影响 [D]. 河北保定: 河北农业大学, 硕士学位论文, 2008.
- [19] Xu F, Yuan S, Zhang D W, *et al.*. The role of alternative oxidase in tomato fruit ripening and its regulatory interaction with ethylene [J]. J. Exp. Bot., 2012, 63(2): 695–709.
- [20] Guo Q, Lv X, Xu F, *et al.*. Chlorine dioxide treatment decreases respiration and ethylene synthesis in fresh-cut ‘Hami’ melon fruit [J]. Int. J. Food Sci. Tech., 2013, 48(9): 1775–1782.