

荔枝及荔枝多酚物质的研究进展

周秋艳, 唐方华, 饶日昌, 徐文聪 (广州市赛健生物科技有限公司天然产物实验室, 广东广州 510900)

摘要 荔枝是药食兼用水果, 为我国重要的经济作物水果之一, 其鲜果、干果及其他加工品, 历来在内销外贸上负有盛名, 对农业和经济发展具有重要作用。阐述了荔枝保鲜贮藏技术、荔枝加工产品、荔枝不同部位多酚的提取及作用, 重点对荔枝果肉、荔枝核、荔枝壳多酚类物质提取分离、生物活性方面进行了梳理归纳, 旨在为荔枝的综合利用提供依据。

关键词 荔枝; 保鲜贮藏技术; 加工产品; 荔枝多酚

中图分类号 TS255 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)29-0077-03

Research Advance of Litchi and Litchi Polyphenols

ZHOU Qiu-yan, TANG Fang-hua, RAO Ri-chang et al (Natural Product Laboratory of Guangzhou Saijian Biological Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510900)

Abstract Litchi is a medicine and food dual-use fruit, which has been important cash crop in China. Fresh litchi, dried litchi and other processed products of litchi have always well-known in domestic and foreign trade, that play an important role in agriculture and economic development. Storage technique, processed products and polyphenols of litchi were expounded, the extraction and separation technology and biological activity of the polyphenols from fruit, core and peel were summarized emphatically in order to provide the basis for comprehensive utilization of litchi.

Key words Litchi; Storage technique; Processed products; Litchi polyphenols

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)为常绿乔木植物的果实, 属无患子科荔枝属, 主要分布于我国的南部、东南部和西南部, 广东、广西、福建为主要种植区。荔枝味道鲜美、营养丰富, 深受广大消费者喜爱, 但因其采收期短、采后易褐变腐败、不耐贮藏等特点, 严重制约了我国荔枝产业的进一步发展。为此, 解决荔枝的保值、增值问题已成为研究热点, 主要通过研究高效、安全、品质优良的保鲜贮藏技术以及通过深加工解决上述问题, 荔枝的主要加工产品有荔枝干、荔枝饮料、荔枝罐头、荔枝酒等。

植物多酚类物质研究历史悠久, 已被证实具有较强的抗氧化作用, 能有效预防高血糖、高血脂、心脑血管疾病等慢性疾病, 还具有降低癌症风险以及抵抗神经性疾病等作用, 广泛应用于食品、药品、营养保健等众多领域^[1], 因此不同植物组织中多酚物质的提取、分离鉴定已成为国内外学者的研究热点。荔枝多酚在荔枝果皮、果肉和果核中都有分布, 是荔枝中的主要功能成分之一, 已有研究人员对荔枝果皮、果核、果肉中多酚的提取、分离和纯化进行了较系统地研究, 得出荔枝酚类物质具有降糖、抗氧化、抗肿瘤和抗病毒等重要生物活性。

笔者通过对荔枝保鲜贮藏技术、荔枝加工产品、荔枝不同部位多酚提取方法及其作用进行综述, 以期为荔枝的进一步开发研究提供参考。

1 荔枝保鲜贮藏技术

荔枝成熟的季节为高温多雨的夏季, 采摘前后都极易受病原菌侵入, 而且采摘后生理代谢旺盛, 因此极不耐贮藏^[2]。常温条件下荔枝采后一般2~3 d果皮即失水变色, 继而使外观和品质均受严重影响, 大大降低其商品价值和食用价值, 因此荔枝采摘后的处理方法是研究的重点和关键点。

莫亿伟等^[3]将50.0 mmol/L抗坏血酸和50.0 mmol/L谷胱甘肽分别加入500.0 mg/L多菌灵、3.0 ml/L施保克、15.0 mmol/L柠檬酸混合溶液浸果5 min, 并分别贮藏于常温和6℃低温、80%相对湿度的环境条件, 发现低温条件下抗坏血酸和谷胱甘肽处理均能提高荔枝的保鲜效果, 使果实的腐烂率降低, 常温下谷胱甘肽处理对荔枝的保鲜效果无影响。

赵昱清等^[4]配制荔枝复合生物保鲜剂, 当羧甲基-壳聚糖10~20 g/L、乳酸链球菌素5~7 g/L、茶多酚20~30 g/L、ε-聚赖氨酸6~8 g/L以及柠檬酸5 g/L、植酸20 mL/L, 此保鲜剂可以降低褐变指数和霉变率, 提高好果率, 有效延长荔枝果实常温贮藏时间。

张姣姣等^[5]研究新型荔枝保鲜剂, 发现3℃贮藏20 d, 经果蜡涂膜与0.1%特克多、7.0%柠檬酸复合处理的荔枝腐烂率3.84%, 果皮褐变指数1.70, 可溶性固形物含量18.04%, 总酚含量227.90 mg/kg, 各项指标均显著优异, 可有效提高低温贮藏过程中荔枝的好果率。

徐匆等^[6]以多黏类芽孢杆菌并辅以0.3 g/L纳他霉素、1.0%乳酸钠复配处理荔枝, 贮藏于相对湿度为95%~98%、温度为29~33℃环境下, 5 d后, 荔枝褐变指数、失重率降低, 好果率、花色素苷含量、维生素C含量均增高; 7 d后, 可滴定酸、糖度增高。结果显示, 此复合生物保鲜剂可使荔枝货架期延长。

液浸速冻技术为新型鲜荔枝贮藏技术, 与传统气导冷冻技术相比, 液浸速冻裂果少、褐变轻、无汁液流失, 实现了冻藏品质的飞跃, 并逐步被业界认可^[7]。

2 荔枝加工产品

2.1 荔枝干 荔枝干具有加工速度快、加工量大、可大量处理鲜果的特点, 已成为现阶段我国主要的荔枝加工产品。通过开发研制不同香型、风味、花色品种的荔枝干, 如生产剥壳去核的荔枝干、将荔枝干作为原料加入到其他食品中等, 不

仅可以解决荔枝采收期集中、需要短时间内大量处理鲜果的问题,同时,荔枝干的生产规模和销售范围得以扩大。在荔枝干加工方面,国内学者已有较深入研究,并在传统荔枝干的基础上,研制开发了半干型荔枝干^[8]。

2.2 荔枝饮料 荔枝还可加工成风味饮料、乳酸饮料、保健饮料等,如罗威等^[9]利用酵母菌和乳酸菌联合发酵荔枝果汁进行试验,在乳酸菌接种量为1.5%、酵母菌接种量为1.0%、pH为4.0、发酵温度为32℃的发酵条件下,发酵20h后,得到的低醇荔枝保健饮品风味独特、营养丰富,各项检测指标均较好。梁治军等^[10]研究以荔枝汁、葡萄汁为主要原料的澄清型复合果汁饮料,在水:荔枝汁:葡萄汁为2:1:1的配比条件下,添加白砂糖、柠檬酸、羧甲基纤维素钠分别为7.00%、0.13%、0.05%,所得混合果汁饮料的香气、色泽、滋味、状态俱佳。

2.3 荔枝罐头 荔枝采摘于高温高湿的气候环境下,且采收期集中,因此极易腐烂变质,是世界公认难以保鲜贮藏的水果。虽然国内外荔枝贮藏技术和手段不断得到改善,鲜果贮藏期已达30d左右,但仍需冷藏和冷链流通,保鲜成本高,质量不稳定,因此,在冷藏保鲜、真空冷冻干燥等难以满足需要的情况下,生产荔枝罐头是荔枝加工的重要途径之一。陈昌实等^[11]使用微波杀菌以及无菌封罐技术生产糖水荔枝罐头,研究表明,与传统工艺罐头相比,此荔枝罐头质量和档次更高。

2.4 荔枝酒 随着人们逐渐重视养生保健,果酒因其独特的果香味、酒精度低、口感温和将逐渐成为酒类消费的主流。荔枝中维生素C含量高达354.0 mg/kg,矿物质含量也极其丰富,具有抗氧化、美容养颜等功效^[12],以其制成的果酒味道可口、酒香浓郁、营养丰富,可扩宽荔枝产业发展范围。王天陆^[13]在果胶酶用量、二氧化硫用量、酵母菌接种量、含糖量、发酵温度分别为80 mg/L、50~100 mg/L、6%、22%、22℃的发酵条件下,研制出的荔枝果酒各项感官指标和理化指标均较优异,微生物指标符合质量要求。

3 荔枝多酚物质

3.1 荔枝果肉多酚物质

3.1.1 荔枝果肉多酚物质提取分离。吴丹玲等^[14]以水及不同浓度的丙酮、甲醇、乙醇为提取溶剂对荔枝果肉进行提取。结果表明,90%的丙酮提取3次为最佳提取条件,此条件下荔枝果肉中多酚量可达1 046.0 mg/kg(以鲜果汁,以没食子酸计)。

冯卫华等^[15]提取分离荔枝果肉中的多酚物质,得到最佳工艺条件为乙醇浓度70%,料液比1:11,浸提时间6h,浸提温度40℃,浸提2次。

苏东晓等^[16]采用大孔树脂吸附技术对荔枝果肉多酚进行分离纯化,去除粗提物中多糖和部分蛋白质杂质,使荔枝果肉多酚纯度得以提高。

3.1.2 荔枝果肉多酚物质主要作用。研究表明,荔枝果肉多酚具有降糖、抗氧化、护肝等生物活性。吕强^[17]研究发现,从荔枝果肉中分离得到的黄酮糖苷类物质对 α -葡萄糖

苷酶具有较高的抑制活性;“妃子笑”和“褐毛荔”品种中酚类提取物能显著促进细胞葡萄糖消耗和降低KK-A^y糖尿病小鼠的空腹血糖,提高口服糖耐量和改善胰岛素敏感性。

董丽红^[18]利用C₁₈硅胶层析柱将荔枝果肉多酚提取物分为F₁、F₂、F₃和F₄共4个酚类成分群,均具有FRAP抗氧化能力、DPPH消除能力和ORAC抗氧化能力,其中F₂成分群的抗氧化活性最好,是荔枝果肉抗氧化作用的最主要酚类物质。各相的抗氧化活性的大小顺序依次为正丁醇相、水相、乙酸乙酯相、荔枝果肉多酚提取物。

温叶杰等^[19]将荔枝果肉多酚水溶液提取物用乙酸乙酯和正丁醇萃取,采用细胞抗氧化法评价乙酸乙酯相、正丁醇相和水相的抗氧化活性差异。结果表明,正丁醇相的抗氧化活性最强,水相次之。

Bhoopat等^[20]报道,500 mg/kg荔枝果肉多酚提取物通过显著降低血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶水平,对2 mL/kg四氯化碳造成的大鼠肝损伤模型发挥护肝活性作用。

3.2 荔枝核多酚物质

3.2.1 荔枝核多酚物质提取分离。罗威等^[21]采用乙醇溶液提取荔枝核多酚,辅以超声波处理,确定了多酚提取的最优工艺条件,超声波功率、超声波处理时间、液料比、乙醇体积分数、提取时间分别为148 W、1.9 min、10.6:1、54.95%、60 min。在此提取条件下,多酚含量为26.33 mg/kg。

Wang等^[22]以分离荔枝果核单体酚为目的,利用硅胶层析柱分离荔枝果核多酚提取物,得到8个成分群。

颜仁梁等^[23]提取得到荔枝核65%乙醇提取物后,使用系统溶剂萃取,再通过硅胶柱色谱、聚酰胺柱色谱以及制备薄层色谱对萃取物进行分离纯化,从中得到4个多酚类化合物。

3.2.2 荔枝核多酚物质主要作用。荔枝核多酚物质具有抗氧化、抑制酶活性、抗肿瘤、抗病毒等多种生物活性。

Duan等^[24]研究表明,荔枝核提取物具有抗氧化能力,其抗氧化能力与酚类成分含量有关。黄晓兵等^[25]研究发现,荔枝核中药饮片具有体外抗氧化活性,且其中多酚物质与抗氧化活性呈现一定的正相关。

Li等^[26]从荔枝核中分离得到的2种多酚单体化合物能够抑制 α -葡萄糖苷酶活性,对研究治疗糖尿病具有重要意义。

荔枝核多酚单体化合物花旗松素4'-O- β -D-吡喃葡萄糖苷以及山奈酚-7-O-新橙皮对多种肿瘤细胞具有抑制活性^[27]。

A型原花青素三聚体为荔枝核多酚单体化合物之一,已有研究表明,A型原花青素三聚体具有抗病毒活性^[27]。

3.3 荔枝壳(皮)多酚物质

3.3.1 荔枝壳(皮)多酚物质提取分离。刘新等^[28]使用超声波辅助提取荔枝皮中原花青素,确定了最佳提取工艺参数,荔枝皮粉碎度、料液比、超声时间、超声波功率分别为71.91目、1:29.97(M:V)、21.75 min、390.48 W,在此提取工

艺参数下提取 1 次,得到荔枝皮黄酮-3-醇类成分及含量:原花青素、没食子酸、表没食子儿茶素、儿茶素、表儿茶素和表儿茶素没食子酸酯分别为 89.32、1.11、87.09、3.37、31.15、7.02 mg/g。

谢三都等^[29]研究荔枝壳粗多酚的提取工艺,结果表明,当浸提温度为 4 ℃,提取溶剂为 20% 丙酮溶液,浸提时间为 1 h,超声波功率 150 W,超声时间为 15 min,荔枝壳粗多酚提取率达到 37.10%。

赵文华等^[30]采用萃取法联合超声-微波辅助提取荔枝壳中的多酚物质,研究确定了多酚物质最佳提取工艺条件:固液比、乙醇浓度、提取温度、提取时间分别为 20%、60%、45 ℃、10 min,此最佳提取条件下,多酚物质的提取得率为 1.68%。

Jiang G 等^[31]以鉴定荔枝果皮单体酚组成为目的,采用硅胶层析柱分离纯化荔枝果皮多酚提取物,得到的 10 个成分群基本无重叠,此种分离纯化技术与溶剂萃取法相比,避免了组分交叉重复的现象。

3.3.2 荔枝壳(皮)多酚物质主要作用。乔小瑞等^[32]研究表明,荔枝壳多酚具有较强的自由基清除活性,对 DPPH 自由基的半抑制浓度为 7.36 mg/L,对超氧阴离子自由基的半抑制浓度为 16.09 mg/L,对羟自由基的半抑制浓度为 65.20 mg/L。

李书艺等^[33]以 SD 大鼠为作用对象,研究荔枝壳原花青素低聚体的抗氧化活性。结果表明,连续喂药 7 d 后,大鼠尿液的总抗氧化能力显著升高,且与尿液中总酚类物质的含量呈现正相关性。

张晓晖等^[34]研究发现,荔枝壳原花青素预处理能够使大鼠血清同工酶、乳酸脱氢酶和谷草转氨酶以及心肌组织丙二醛含量明显降低,大鼠心肌组织总抗氧化能力和还原型谷胱甘肽含量有所增加。结果表明,原花青素能使脓毒症大鼠心肌细胞凋亡明显减轻,其作用机制可能与抗氧化性损伤作用有关。

李书艺等^[35]研究 4 个荔枝品种白腊、妃子笑、糯米糍和怀枝的荔枝皮原花青素对诱导体系 DNA 损伤的保护作用,结果表明,妃子笑具有保护 DNA 损伤的效果。

王庆华等^[36]研究发现,荔枝壳粉的乙醇萃取液对体外酪氨酸酶具有抑制活性,澄清液中多酚对酪氨酸酶的半抑制质量浓度为 0.052 mg/mL。

李书艺等^[37]以荔枝皮原花青素为研究对象,发现对模拟食品体系中晚期糖基化终末产物具有抑制作用。结果表明,温度 80 ℃、加热 2.5 h、原花青素浓度 1 mg/mL 时,抑制率达到 79.92% ± 5.21%。

荔枝壳多酚类物质除具有抗氧化、保护 DNA 损伤、抑制酪氨酸酶等作用,还具有降血脂、抗癌等功能^[27],可用于开发功能食品和食用色素。

4 结论与展望

荔枝作为风味独特、营养丰富的亚热带水果,在我国的港澳地区、日本及欧洲颇受欢迎,具有巨大的市场以及广阔

的出口前景,但荔枝本身的不耐保鲜及褐变性质,制约着荔枝产业的发展,因而荔枝保鲜以及荔枝加工产品研究技术的开发显得尤为重要。虽然科研工作者不断完善和改进荔枝保鲜贮藏技术,荔枝加工产品也不断多样化,但贮藏、加工过程中荔枝部分高价值营养成分的保留、果肉色泽保护以及所耗人力、能源等成本的控制,仍然存在很大的改进空间。

多酚物质为荔枝的主要生物活性成分,前人已从荔枝果肉以及荔枝副产物果壳和果核中鉴定出多种酚类物质,并通过体内和体外试验对这些化合物的生物活性进行了评价。目前科研人员已深入研究了荔枝壳和荔枝核,然而关于荔枝果肉的研究相对较少,需进一步研究从荔枝果肉中分离纯化出的单体酚组分。荔枝多酚物质生物活性多样,具有广泛的开发应用前景,目前人们已对荔枝多酚进行大规模生产应用,如日本阿明诺化学有限公司生产出一种来源于荔枝的小分子多酚产品,此产品吸收好,具有广泛的抗氧化和抗衰老的作用。

该研究综述了荔枝保鲜贮藏技术,荔枝加工产品,以及荔枝果肉、荔枝核、荔枝壳多酚类物质提取分离技术、生物活性,为荔枝功能食品及副产品的精深加工提供了参考依据,对提高荔枝的综合应用价值、促进荔枝产业的健康发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 姜楠,王蒙,韦迪哲,等.植物多酚类物质研究进展[J].食品安全质量检测学报,2016,7(2):339-444.
- [2] 田妍基,林晓岚,刘燕,等.荔枝常温保鲜技术研究[J].中国农学通报,2006,22(9):76-80.
- [3] 莫亿伟,郑吉祥,李伟才,等.外源抗坏血酸和谷胱甘肽对荔枝保鲜效果的影响[J].农业工程学报,2010,26(3):363-368.
- [4] 赵昱清,王梦柳,陆雪敏,等.复合生物保鲜剂对荔枝果实常温贮藏的研究[C]//2013 年广东省研究生学术论坛—园艺分论坛论文集.广州:暨南大学,2013.
- [5] 张姣姣,郝晓磊,李喜宏,等.果蜡复合涂膜保鲜剂对荔枝贮藏效果研究[J].中国果树,2015(6):55-58.
- [6] 徐匆,马翎,李艳芳,等.多粘类芽孢杆菌复合生物保鲜剂对桂味荔枝的保鲜效果[J].广东农业科学,2016,43(7):105-109.
- [7] 伍志权,李唯正,何鑫平,等.荔枝速冻保鲜技术研究进展[J].食品研究与开发,2017,38(9):206-212.
- [8] 蔡长河,张爱玉,袁沛元,等.半干型荔枝干的加工技术研究[J].福建果树,2003(4):32-33.
- [9] 罗威,罗立新.酵母菌乳酸菌联合发酵荔枝果汁开发低醇饮品的研究[J].食品开发,2012,37(6):109-112.
- [10] 梁治军,张小妮.荔枝葡萄复合果汁饮料的研制[J].饮料工业,2015,18(3):37-41.
- [11] 陈昌实,黄智洵,陈越,等.无菌罐藏技术在糖水荔枝罐头生产中的应用[J].现代食品科技,2006,22(1):42-44.
- [12] 马胤鹏,张晓丹,秦丹,等.我国荔枝类果酒的研究现状[J].农产品加工,2017(4):65-68.
- [13] 王天陆.荔枝果酒酿造工艺研究[J].中国酿造,2008,27(23):107-109.
- [14] 吴丹玲,李艳,刘冬,等.荔枝果肉多酚提取条件优化研究[J].食品科技,2011,36(3):180-182.
- [15] 冯卫华,于立梅,秦艳,等.荔枝果肉多酚的提取与分离[J].食品研究与开发,2012,33(7):48-52.
- [16] 苏东晓,张瑞芬,张名位,等.荔枝果肉酚类物质大孔树脂分离纯化工艺优化[J].中国农业科学,2014,47(14):2897-2906.
- [17] 吕强.荔枝果肉酚类物质分离纯化、鉴定及降糖活性研究[D].杭州:浙江大学,2015.
- [18] 董丽红.荔枝果肉不同酚类成分群体外抑制肝细胞脂肪变性的活性差异及其机制研究[D].武汉:华中农业大学,2016.

- [28] 舒积成,潘景行,张锐,等. 凤尾草中倍半萜类成分研究[J]. 中成药, 2011, 33(12): 2104-2107.
- [29] SHU J C, LIU J Q, ZHONG Y Q, et al. Two new pterisin sesquiterpenes from *Pteris multifida* Poir. [J]. Phytochem Lett, 2012, 5(2): 276-279.
- [30] WANG Y S, LI F Y, HUANG R, et al. Chemical constituents of *Pteris multifida* [J]. Chem Nat Compd, 2013, 49(4): 629-631.
- [31] 徐宏懿,李凤亚,杨明明,等. 凤尾草化学成分研究(I) [J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2013, 22(5): 317-319.
- [32] 彭财英,高映,崔航青,等. 凤尾草中 α -葡萄糖苷酶抑制剂的分离及结构鉴定[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(1): 31-33.
- [33] WOERDENBAG H J, LUTKE L R, BOS R, et al. Isolation of two cytotoxic diterpenes from the fern *Pteris multifida* [J]. Zeitschrift für naturforschung C, 1996, 51(9/10): 635-638.
- [34] 刘清飞,秦明珠. 凤尾草根茎的化学成分研究[J]. 中草药, 2002, 33(2): 113-114.
- [35] 舒积成,潘景行,张锐,等. 凤尾草化学成分研究[J]. 中国药房, 2012, 23(15): 1383-1385.
- [36] NI G, FU NJ, ZHANG D, et al. An unusual dihydrobenzofuroisocoumarin and *ent*-kaurane diterpenoids from *Pteris multifida* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2015, 17(5): 423-429.
- [37] KIM J W, SEO J Y, OH W K, et al. Anti-neuroinflammatory *ent*-kaurane diterpenoids from *Pteris multifida* roots [J]. Molecules, 2017, 22(1): 27.
- [38] OKUNO M, KAMEOKA H, YAMASHITA M, et al. Components of volatile oil from plants of Polypodiaceae [J]. Yukagaku, 1993, 42(1): 44-48.
- [39] 程存归,毛姣艳. 三种蕨类植物挥发油的化学成分研究[J]. 林产化学与工业, 2005, 25(2): 107-111.
- [40] HU H B, CAO H, JIAN Y F, et al. Chemical constituents and antimicrobial activities of extracts from *Pteris multifida* [J]. Chem Nat Compd, 2008, 44(1): 106-108.
- [41] 陈锋,陈欢,李舒婕,等. 超临界 CO₂ 萃取法与水蒸气蒸馏法提取凤尾草挥发油化学成分的比较[J]. 中药材, 2013, 36(8): 1270-1274.
- [42] OKUNO M, KAMEOKA H, YAMASHITA M, et al. Chemical components in plants of Polypodiaceae. Methanol extracts from *Inomotosou* (*Pteris multifida* Poiret) [J]. Yukagaku, 1994, 43(8): 653-655.
- [43] 王刚,张利敏. 凤尾草提取物的抗肿瘤活性的研究[J]. 河北省科学院学报, 2008, 25(4): 52-54.
- [44] 陈岩,杨丽杰,黄智坤,等. 凤尾草提取物对不同肿瘤细胞生长抑制作用研究[J]. 中华中医药学刊, 2012(7): 1610-1611.
- [45] 孔维鑫,杨永明,邹君,等. 凤尾草总黄酮抑制骨肉瘤 MG-63 细胞迁移及其机制的初步研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2013, 15(1): 42-44.
- [46] 王文芳,陈岩,王智勇. 凤尾草提取物体内抗肿瘤作用的研究[J]. 中国中医药科技, 2013, 20(3): 259-260.
- [47] YU C Q, CHEN J W, HUANG L. A study on the antitumor effect of total flavonoids from *Pteris multifida* Poir. in H22 tumor-bearing mice [J]. Afr J Tradit, Complem and Altern Med, 2013, 10(6): 459-463.
- [48] 刘银凤,张龙,杨大为,等. 凤尾草总黄酮抑制 U251 细胞迁移的体外研究[J]. 承德医学院学报, 2014, 31(2): 93-95.
- [49] WANG T C, TI M C, LO S C, et al. Free radical-scavenging activity of aqueous extract of *Pteris multifida* Poiret [J]. Fitoterapia, 2007, 78(3): 248-249.
- [50] WANG T C, LEE H I, YANG C C. Evaluation of *in vitro* antioxidant and anti-lipid peroxidation activities of Ching-Pien-Tsao (*Pteris multifida* Poiret) [J]. Taiwan Nongye Yanjiu, 2009, 58(1): 55-60.
- [51] LAN K P, SHEN Y P, LEE S H, et al. Antioxidant and free radical-scavenging activities of *Pteris multifida* Poiret aqueous extract [J]. J Food Quality, 2011, 34(4): 252-258.
- [52] 余有贵,赵良忠,段林东,等. 凤尾草抗菌药物的提取与开发研究[J]. 邵阳高等专科学校学报, 2001, 14(3): 199-203.
- [53] 余有贵,赵良忠,段林东,等. 凤尾草功能成分提取与抗菌效果研究[J]. 中国饲料, 2004(23): 23-24.
- [54] 刘湘红,刘远超,韩晓萍,等. 凤尾草不同溶剂提取功能成分的抗菌效果比较[J]. 中兽医学杂志, 2013(3): 9-11.
- [55] 赵锦慧,陈琛,刘中华,等. 中草药凤尾草两种提取物的抑菌活性研究[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(5): 1110-1111.
- [56] 单玉喜,薛波新,向贵,等. 单味中药凤尾草颗粒剂治疗慢性前列腺炎(III A型) 87例[J]. 中医杂志, 2008, 49(6): 549.
- [57] 薛波新,单玉喜,向贵,等. 凤尾草颗粒剂治疗良性前列腺增生症的临床疗效评价[J]. 中国中西医结合杂志, 2008, 28(5): 456-458.
- [58] 代光成,王瑞涛,唐维,等. 凤尾草总黄酮对大鼠前列腺增生的治疗作用及其机制[J]. 中华实验外科杂志, 2013, 30(12): 2506-2508.
- [59] 代光成,杨金辉,王瑞涛,等. 凤尾草总黄酮治疗大鼠非细菌性前列腺炎[J]. 中华实验外科杂志, 2015, 32(5): 1104-1106.
- [60] LEE H, LIN J Y. Antimutagenic activity of extracts from anticancer drugs in Chinese medicine [J]. Mutat Res, 1988, 204(2): 229-234.
- [61] WANG T C, LIN C C, LEE H I, et al. Anti-hyperlipidemic activity of spider brake (*Pteris multifida*) with rats fed a high cholesterol diet [J]. Pharm Biol, 2010, 48(2): 221-226.
- [62] 刘建群,张维,高书亮,等. 凤尾草对雷公藤甲素致小鼠肝损伤的保护作用研究[J]. 中国药房, 2010, 21(43): 4033-4035.
- [63] 杨亚雯,杨坤,张梦如,等. 凤尾草对四氧嘧啶致糖尿病小鼠血糖的影响[J]. 徐州医学院学报, 2011, 31(2): 109-110.
- [64] 李燕,吴皓东. 中药凤尾草止血作用的实验研究[J]. 新疆中医药, 2012, 30(5): 50-51.
- [65] 汪燕,邵建兵,严小萍. 凤尾草抗衰老作用研究[J]. 河北医学, 2012, 18(9): 1230-1233.
- [66] 张海涛,唐旗龄,臧芳,等. 凤尾草水提取液排铅效果的实验研究[J]. 广东药学院学报, 2013, 29(6): 643-645.

(上接第 79 页)

- [19] 温叶杰,肖娟,董丽红,等. 荔枝果肉多酚不同极性分部的构成谱及其抗氧化活性比较[J]. 食品科学学报, 2016, 34(3): 31-39.
- [20] BHOOPAT L, SRICHAIKATANA K O L S, KANJANAPOTHI D, et al. Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) : A combination of antioxidant and anti-apoptotic activities [J]. J Ethnopharmacol, 2011, 136(1): 55-66.
- [21] 罗威,钟萍,胡杰. 超声波辅助提取荔枝核多酚工艺的响应面优化[J]. 轻工科技, 2014(2): 11-13.
- [22] WANG L J, LOU G D, MA Z J, et al. Chemical constituents with antioxidant activities from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seeds [J]. Food Chem, 2011, 126(3): 1081-1087.
- [23] 颜仁梁,刘志刚. 荔枝核多酚类物质的分离与鉴定[J]. 中药材, 2009, 32(4): 522-523.
- [24] DUAN X W, WU G F, JIANG Y M, et al. Evaluation of the antioxidant properties of litchi fruit phenolics in relation to pericarp browning prevention [J]. Molecules, 2007, 12(4): 759-771.
- [25] 黄晓兵,李积华,彭芍丹,等. 五个产地荔枝核中药饮片抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(22): 91-94.
- [26] LI J R, JIANG Y M. Litchi flavonoids: Isolation, identification and biological activity [J]. Molecules, 2007, 12(4): 745-758.
- [27] 马艳芳,刘敏,钟莉莉,等. 荔枝的活性功能及主要功能物质研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2016, 16(3): 586-588.
- [28] 刘新,余小平,游江舟,等. 荔枝皮中原花青素提取工艺优化及其黄烷-3-醇 HPLC 分析[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 154-158.
- [29] 谢三都,陈惠卿. 响应面法优化荔枝壳粗多酚提取工艺条件的研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2012, 28(4): 99-103.
- [30] 赵文华,韩淑琴,王俊,等. 超声-微波协同萃取法提取荔枝壳中多酚[J]. 山东化工, 2015, 44(5): 68-70, 73.
- [31] JIANG G X, LIN S, WEN L R, et al. Identification of a novel phenolic compound in litchi (*Litchi chinensis* Soma.) pericarp and bioactivity evaluation [J]. Food Chem, 2013, 136(2): 563-568.
- [32] 乔小瑞,烟利亚,刘兴岚,等. 荔枝壳多酚提取工艺的响应面法优化及自由基清除活性研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(5): 22-30.
- [33] 李书艺,吴倩,汪荣,等. 膳食补充剂荔枝壳原花青素对大鼠排泄物的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 267-271.
- [34] 张晓晖,孙智达,李书艺,等. 荔枝壳原花青素对腺毒症大鼠心肌细胞凋亡的作用及其机制研究[J]. 中国药理学通报, 2015, 31(7): 931-935.
- [35] 李书艺,周玮婧,孙智达,等. 荔枝皮原花青素的体外抗氧化活性和对 DNA 损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2010, 31(1): 14-18.
- [36] 王庆华,邓志刚,刘山,等. 荔枝壳提取物对酪氨酸酶的抑制作用[J]. 日用化工工业, 2010, 40(1): 31-34.
- [37] 李书艺,秦新光,程吉祥,等. 荔枝皮原花青素对模拟食品体系中糖基化终产物的抑制效果[J]. 农业工程学报, 2016, 32(8): 299-305.