

林文秋,杨为海,邹明宏,等. 澳洲坚果果皮不同溶剂提取物的含量和抗氧化活性[J]. 江苏农业科学,2017,45(1):171-174.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.01.048

澳洲坚果果皮不同溶剂提取物的含量 和抗氧化活性

林文秋, 杨为海, 邹明宏, 曾 辉, 万继锋, 陆超忠

(中国热带农业科学院南亚热带作物研究所/农业部热带果树生物学重点实验室,广东湛江 524091)

摘要:以成熟的澳洲坚果为试验材料,分别选用水和体积分数 70% 甲醇、70% 乙醇与 70% 丙酮 4 种溶剂对澳洲坚果的新鲜果皮进行浸提,测定各溶剂提取物的总酚、总黄酮与单宁含量及其抗氧化活性。结果表明,不同溶剂对澳洲坚果果皮中总酚、总黄酮与单宁含量以及 DPPH、ABTS 自由基清除能力与总抗氧化能力方面存在明显差异,以体积分数 70% 丙酮提取物的总酚、总黄酮与单宁含量最高,分别为 $(6.63 \pm 0.15) \text{ mg/g (FW)}$ 、 $(8.65 \pm 0.32) \text{ mg/g (FW)}$ 、 $(8.80 \pm 0.31) \text{ mg/g (FW)}$ 。其次是 70% 甲醇、70% 乙醇;水提取物的含量最低。相关性分析表明,提取物中的总酚含量与其抗氧化能力显著相关。可见,提取剂的性质明显影响其提取物的酚类物质含量与抗氧化活性。

关键词:澳洲坚果果皮;溶剂提取物;多酚;黄酮;抗氧化活性

中图分类号: S667.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)01-0171-04

澳洲坚果(*Macadamia* spp.) 别称夏威夷果,原产于澳洲,属于山龙眼科(Proteaceae)澳洲坚果属(*Macadamia* F. Mull)常绿乔木果树,被誉为世界“干果之王”,以富含多种不饱和脂肪酸为主要特点,还含有蛋白质、矿质元素和维生素等,具有较高的营养价值和保健功效。作为一种新兴的高档坚果类果品,澳洲坚果在国际市场上供不应求,具有广阔的市场前

景。近年来,中国澳洲坚果产业得到迅猛发展,目前种植规模已达 652 km^2 ,年产带壳果约 9 700 t^[1]。

澳洲坚果果实主要由果皮、种壳和果仁组成,其初加工的主要副产物为约占果实鲜质量的 1/2 的果皮和约占带壳果干质量的 2/3 种壳。当前国内外对澳洲坚果果仁的营养成分^[2-5]与保健价值^[6-7]、种壳的功能性组分^[8-10]及开发利用^[11-13]等方面的研究报道较多,但对果皮内含物的研究仅见于不同种质果皮的粗蛋白、可溶性糖、单宁及矿质元素含量的测定与分析^[14-15],至今尚未见有果皮酚类物质及其抗氧化活性研究的报道。本试验采用水和体积分数 70% 甲醇、70% 乙醇与 70% 丙酮 4 种溶剂浸提澳洲坚果果皮,研究不同溶剂提取物的总酚和总黄酮含量及其抗氧化活性的差异,旨在探讨适宜获得澳洲坚果果皮中天然抗氧化物质的提取溶剂,为开发和利用澳洲坚果果皮这一副产物资源提供理论依据。

收稿日期:2015-11-25

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务专项(编号:1630062014012、1630062014001);广东省云浮市星火科技计划(编号:201402-8)。

作者简介:林文秋(1989—),女,硕士,主要从事果树栽培与生理研究。E-mail:linwenqiu1989@163.com。

通信作者:杨为海,男,博士,副研究员,主要从事果树栽培与生理研究。E-mail:seayang2004@126.com。

[3]朱宝镛. 葡萄酒科学与工艺[M]. 北京:中国轻工业出版社,1992:17-18.

[4]张春晖,王 华,李 华. 苹果酸-乳酸发酵对干红葡萄酒品质的影响[J]. 西北农业大学学报,1999,27(6):74-78.

[5]朱宝镛. 葡萄酒工业手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1995:170-172.

[6]Vinderola C, Mocchiutti P, Reinheimer J. Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products[J]. Journal of Dairy Science, 2002, 85(4): 721-729.

[7]Crittenden R, Bird A, Gopal P, et al. Probiotic research in Australia, New Zealand and the Asia - Pacific region [J]. Current Pharmaceutical Design, 2005, 11(1): 37-53.

[8]吴雁军,刘松玲,郭慧媛,等. 直接式乳酸菌发酵剂活性影响因素的研究进展[J]. 中国乳业, 2011, 113(5): 52-55.

[9]Wang W. Lyophilization and development of solid protein pharmaceuticals[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2000, 203(1/2):

1-60.

[10]徐致远,刘 荣,郭本恒,等. 保护剂在乳酸菌冻干过程中的应用[J]. 乳业科学与技术, 2006, 29(4): 155-157, 165.

[11]万红兵. 高效浓缩型酸奶冻干发酵剂制备关键技术研究[D]. 保定:河北农业大学, 2006.

[12]翟硕莉. 新鲜软质干酪发酵剂及发酵工艺研究[D]. 保定:河北农业大学, 2007.

[13]Bynum D G, Barbano D M. Whole milk reverse osmosis Retentates for cheddar cheese manufacture; Chemical changes during aging[J]. Journal of Dairy Science, 1985, 68(1): 1-10.

[14]于修维. 乳酸菌高密度培养及浓缩型发酵剂研究[D]. 南京:南京工业大学, 2004.

[15]Fuchigami M, Ogawa N, Teramoto A. Trehalose and hydrostatic pressure effects on the structure and sensory properties of frozen tofu(soybean curd) [J]. Innovation Food Science&Emerging Technologies, 2002, 3(2): 139-147.

1 材料与方法

1.1 材料

供试澳洲坚果果皮为已成熟的澳洲坚果新鲜果实,采自中国热带农业科学院南亚热带作物研究所种质资源圃,分离出果皮,于-80℃冰箱中保存备用。

主要仪器有紫外可见分光光度计 UV-1200,上海美谱达仪器有限公司;电子分析天平 ML204,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;高速冷冻离心机 Heraeus Multifuge X1R,德国 Thermo Fisher Scientific 公司。

主要试剂包括 Folin-Cioealteu 试剂、没食子酸、芸香苷、Trolox(水溶性维生素 E 类似物)、DPPH、ABTS、TPTZ,均购自美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 方法

1.2.1 提取物制备 准确称取澳洲坚果果皮 1.0 g,放入研钵中,液氮研磨成粉末,转移至 15 mL 离心管中,分别以体积分数为 70% 甲醇、70% 乙醇、70% 丙酮和水,料液比为 1 g:10 mL,充分混匀后置于 37℃ 水浴中浸提 1 h,4℃ 离心(2 200 g)20 min,取上清备用。

1.2.2 总酚含量测定 总酚含量的测定采用改良 Folin-Cioealteu 法^[16]。取 0.5 mL 样品溶液与 2.5 mL 10% Folin-Cioealteu 反应液于 15 mL 试管中,充分混匀,避光孵育 5 min 后与 2.0 mL 20% Na₂CO₃ 溶液充分混匀,30℃ 水浴避光反应 1 h,于 765 nm 下测定吸光度,重复 3 次。以没食子酸标准品制作标准曲线计算总酚含量(mg/g,FW)。

1.2.3 总黄酮含量测定 总黄酮含量的测定参照 Benamar 等的方法^[17]。取 0.5 mL 样品溶液与 0.5 mL 5% NaNO₂ 溶液于 15 mL 试管中,充分混匀,反应 5 min 后加入 0.5 mL 10% AlCl₃ 摇匀,静置 6 min;再加入 1.5 mL 1.0 mol/L NaOH,于 40℃ 水浴中避光反应 15 min 后,于 510 nm 下测定吸光度,重复 3 次。以芸香苷标准品制作标准曲线计算总黄酮的含量(mg/g,FW)。

1.2.4 单宁含量的测定 单宁含量的测定参照等的方法。取 2 mL 样品溶液加入含有 25 mL 蒸馏水和 2.5 Folin-Denis 试剂的容量瓶中,加入 1mol/L 的碳酸钠溶液,剧烈振荡,于 30℃ 恒温箱中放置 1.5 h 后,于 680 nm 下测定吸光度,重复 3 次。以单宁标样绘制标准曲线计算单宁含量(mg/g,FW)。

1.2.5 抗氧化活性测定 DPPH 自由基清除能力的测定。参照 Vieira 等的方法^[18],利用 60 mL 甲醇和 40 mL 乙酸钠缓冲液(0.1 mol/L,pH 值 5.5)现配 DPPH 溶液(50 μmol/L)。取 2.9 mL DPPH 溶液,于 517 nm 下测定其初始吸光度(D₀);取 2.9 mL DPPH 溶液和 0.1 mL 样品溶液充分混匀后,于 30℃ 水浴中避光反应 15 min,测定其吸光度(D₁₅)。以甲醇-乙酸钠缓冲液为空白调 0,重复测定 3 次。样品的 DPPH 自由基清除率按[100%-(D₁₅/D₀)×100%]计算,用 Trolox 为标准物制作标准曲线计算其抗氧化活性。

ABTS 自由基清除能力的测定。参照 Re 等的方法^[19],将现配的 ABTS 反应液(7 mmol/L)用 80% 乙醇稀释至 734 nm 的吸光度为 0.70±0.02,作为其初始吸光度(D₀);取 0.1 mL 样品溶液与 2.9 mL 稀释了的 ABTS 反应液混匀,于 30℃ 水浴中避光反应 7 min,测定其吸光度(D₇)。以 80% 乙醇为空白调 0,重复测定 3 次。样品的 ABTS 自由基清除率按[100%-(D₇/D₀)×100%]计算,以 Trolox 为标准物制作标准曲线计算其抗氧化能力。

白调 0,重复测定 3 次。样品的 ABTS 自由基清除率按[100%-(D₇/D₀)×100%]计算,以 Trolox 为标准物制作标准曲线计算其抗氧化能力。

总抗氧化能力的测定。参照 Benzie 等的 FRAP 法^[20],将乙酸钠缓冲液(0.3 mol/L,pH 值 3.6)、TPTZ(10 mmol/L)与 FeCl₃·6H₂(20 mmol/L)按体积比 10:1:1 现配 FRAP 试剂,取 0.15 mL 样品溶液和 2.85 mL FRAP 反应液混匀,于 37℃ 水浴中避光反应 20 min 后,于 593 nm 下测定其吸光度,重复测定 3 次。以 FeSO₄ 为标准物制作标准曲线计算其总抗氧化能力。

1.2.6 统计分析 用 SPSS 17.0 软件进行数据整理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 澳洲坚果果皮不同溶剂提取物的总酚、总黄酮与单宁含量

水和体积分数 70% 甲醇、70% 乙醇、70% 丙酮为提取溶剂,测定澳洲坚果果皮的总酚(没食子酸等效物)、总黄酮(芸香苷等效物)和单宁(单宁酸等效物)的含量(表 1)。由表 1 可知,不同溶剂提取的总酚、总黄酮、单宁含量均具有一定差异,其中体积分数为 70% 丙酮的提取效果最佳,其次是体积分数为 70% 的甲醇和 70% 的乙醇,水提取效果最差。70% 丙酮提取液总酚含量(6.63 mg/g,FW)、总黄酮含量(8.65 mg/g,FW)、单宁含量(8.80 mg/g,FW)显著高于 70% 乙醇(4.70、4.45、5.18 mg/g,FW)、70% 甲醇(4.39、3.9、5.19 mg/g,FW)和水(2.28、2.74、2.31 mg/g,FW)。比较而言,体积分数 70% 丙酮提取液的总酚、总黄酮与单宁含量分别约是体积分数 70% 甲醇与 70% 乙醇提取液的 1.5、2.0、1.7 倍,说明对澳洲坚果果皮中的总酚、总黄酮与单宁这 3 种物质,体积分数为 70% 丙酮的提取效果最好。

表 1 不同溶剂提取的澳洲坚果果皮中总酚、总黄酮与单宁含量

提取溶剂	各提取物质的含量(mg/g,FW)		
	总酚	总黄酮	单宁
水	2.28±0.05c	2.74±0.10c	2.31±0.09c
70% 丙酮	6.63±0.15a	8.65±0.32a	8.80±0.31a
70% 乙醇	4.70±0.25b	4.45±0.22b	5.18±0.18b
70% 甲醇	4.39±0.20b	3.95±0.23b	5.19±0.21b

注:同列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

2.2 澳洲坚果果皮不同溶剂提取物的抗氧化活性

2.2.1 总抗氧化能力 FRAP FRAP 法是一种快速简便、重复性好的测定总抗氧化能力的方法,待测生物活性物质将 Fe³⁺ 还原为 Fe²⁺ 的能力越大,其抗氧化活性越强。本研究是以 Fe²⁺ 当量计算澳洲坚果果皮提取物的总抗氧化能力,结果见图 1。图 1 表明,不同溶剂提取液的总抗氧化能力具有显著差异,总抗氧化能力大小排序为 70% 丙酮>70% 乙醇>70% 甲醇>水,总抗氧化能力依次为(191.43±6.72)、(109.86±6.33)、(100.58±7.27)、(62.54±0.98) μmol/g。其中,70% 丙酮提取液的总抗氧化能力显著高于醇提取液和水。体积分数 70% 丙酮提取液的总抗氧化能力约是醇提取液的 1.9 倍和水提取液的 3.1 倍。

2.2.2 DPPH 自由基清除能力差异 DPPH 法常用于抗氧

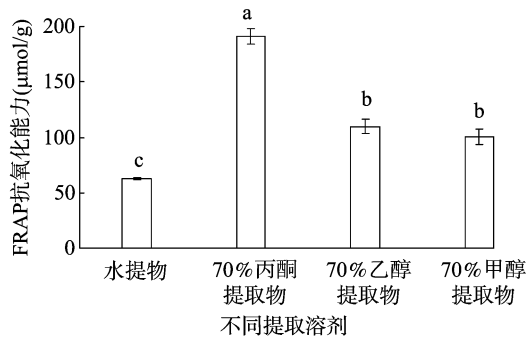


图1 不同溶剂提取澳洲坚果果皮提取物总抗氧化能力

剂清除自由基能力的评价。本研究中,以标准抗氧化剂 Trolox 为等效物来衡量澳洲坚果果皮 4 种溶剂提取物的 DPPH 自由基清除能力,结果如图 2 所示。图 2 表明,不同溶剂提取液对 DPPH 自由基清除能力不同,其对 DPPH 自由基清除能力顺序为 70% 甲醇提取溶剂 [(104. 67 ± 2. 54) μmol/g, FW] > 70% 丙酮提取溶剂 [(51. 30 ± 1. 99) μmol/g, FW] > 70% 乙醇提取溶剂 [(35. 61 ± 5. 85) μmol/g, FW] > 水 [(34. 19 ± 0. 40) μmol/g, FW]。4 种溶剂中体积分数 70% 甲醇提取溶剂的 DPPH 自由基清除能力显著高于其他 3 种,而 70% 丙酮、70% 乙醇和水 3 种溶剂的 DPPH 自由基清除能力差异不显著,说明 70% 甲醇是澳洲坚果 DPPH 自由基清除能力的最佳提取溶剂。

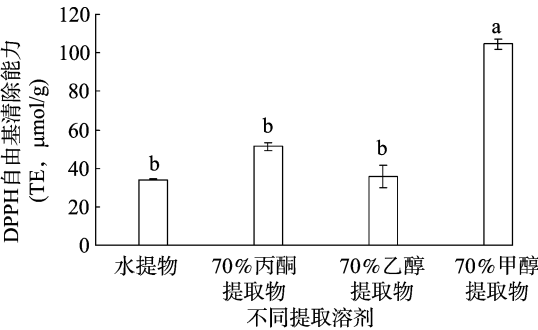


图2 澳洲坚果果皮不同提取溶剂对 DPPH 自由基清除能力

2.2.3 ABTS 自由基清除作用 与 DPPH 自由基类似, ABTS + 与抗氧化剂反应后溶液发生褪色,溶液褪色越明显,则表明所检测物质的抗氧化能力越强。本研究以 Trolox 为标准计算澳洲坚果果皮 4 种溶剂提取物的 ABTS 自由基清除能力,结果见图 3。由图 3 可知,不同溶剂提取液对 ABTS 自由基的清除能力不同,其对 ABTS 自由基清除能力的强弱顺序依次为 70% 丙酮 [(136. 31 ± 6. 09) μmol/g, FW] > 70% 甲醇 [(100. 79 ± 0. 93) μmol/g, FW] > 70% 乙醇 [(81. 13 ± 3. 35) μmol/g, FW] > 水 [(60. 35 ± 0. 67) μmol/g, FW]。4 种溶剂中,体积分数 70% 丙酮提取溶剂的 ABTS 自由基清除能力显著高于其他 3 种,70% 甲醇、70% 乙醇提取溶剂 ABTS 自由基清除能力差异不显著,说明 70% 丙酮是澳洲坚果 ABTS 自由基清除能力的最佳提取溶剂。

2.3 澳洲坚果果皮总酚含量与抗氧化能力的相关性分析

相关性分析(表 2)表明,总酚含量与单宁含量呈极显著正相关($r=0.901$),与总黄酮含量不相关,由此说明单宁类化合物是澳洲坚果果皮酚类物质的主要组成部分。此外,总酚

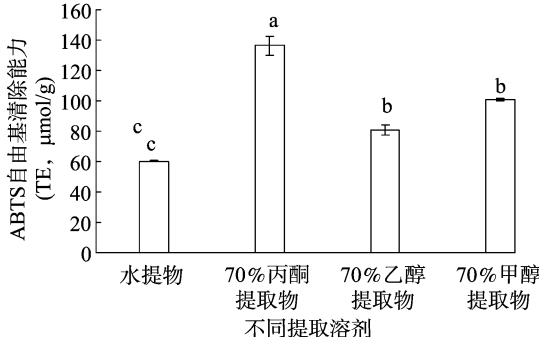


图3 澳洲坚果果皮不同提取溶剂对 ABTS 自由基清除能力

表 2 澳洲坚果果皮总酚、黄酮与抗氧化活性的相关性分析

指标	相关系数					
	总酚含量	总黄酮含量	单宁含量	DPPH 清除率	ABTS 清除率	FRAP 清除率
总酚含量	1.000					
总黄酮含量	0.018	1.000				
单宁含量	0.901 **	0.100	1.000			
DPPH 清除率	0.901 **	0.130	0.972 **	1.000		
ABTS 清除率	0.978 **	0.110	0.919 **	0.949 **	1.000	
FRAP 清除率	0.921 **	0.084	0.998 **	0.972 **	0.934 **	1.000

注: **表示在 0.01 水平极显著相关; *表示在 0.05 水平显著相关。

与 DPPH、ABTS、FRAP 清除率呈极显著正相关,相关系数分别为 0.901、0.978、0.921;单宁含量和 DPPH、ABTS、FRAP 清除率呈极显著正相关,相关系数分别为 0.972、0.919、0.998;而总黄酮含量与 DPPH、ABTS、FRAP 清除率不相关,说明酚类物质在澳洲坚果果皮抗氧化能力方面发挥着重要作用。总酚含量和抗氧化活性测定的 3 个指标均有显著相关性,表明 DPPH、ABTS、FRAP 清除率均适用于澳洲坚果进行抗氧化能力的分析。

3 结论与讨论

澳洲坚果果皮是澳洲坚果初加工后遗留的副产物,在整个果实中占较大比重。目前,国内外澳洲坚果加工企业对其回收利用率还不够重视,造成资源浪费,而且对环境还有一定的污染。对山核桃^[21-22]、柑橘^[23]、荔枝^[24]等研究表明,果皮含有很多天然抗氧化成分,具有抗氧化、抗致突变、抗衰老、抗炎和抑菌等活性。植物多酚类物质是天然的抗氧化剂,可有效地协助维持体内自由基代谢的平衡,减少或防止相关疾病的发生^[25]。虽然张明楷等报道了澳洲坚果果皮富含单宁物质^[14],但对果皮的抗氧化活性尚未有研究。本研究结果表明,澳洲坚果果皮提取物含有较丰富的酚类与黄酮类化合物,对 DPPH 与 ABTS 自由基具有较强的清除能力,且具有较高的总抗氧化能力,表明澳洲坚果果皮提取物具有较好的抗氧化活性,可在抗衰老、抗炎症等方面发挥作用。然而,对于澳洲坚果果皮提取物中的活性成分及其作用机理,还有待于进一步研究。

不同溶剂制备的提取物中多酚类含量及其抗氧化活性显著不同,这可能与提取剂的极性有关^[26]。以水、甲醇、乙醇、丙酮为提取溶剂,提取石榴皮^[27]、紫苏草^[28]、板栗^[29]、高粱^[30]、枣果渣^[31]的抗氧化活性物质并对其抗氧化能力

的分析发现,丙酮溶剂提取物的抗氧化活性显著高于其他 3 种溶剂,其次是甲醇和乙醇,水最低。而菠萝^[32]、红薯叶^[33]和翠云草^[34]的抗氧化研究中发现,甲醇提取溶剂的抗氧化效果最好。本研究中利用不同极性的溶剂提取澳洲坚果果皮中抗氧化物质,所获提取物中的总酚、总黄酮与单宁含量也显著不同,以致不同溶剂提取物清除 DPPH 和 ABTS 自由基能力以及总抗氧化能力存在显著差异。其中,丙酮溶剂提取物的抗氧化能力显著高于水、甲醇和乙醇。综合分析 4 种提取溶剂抗氧化物的 FRAP、ABTS 和 DPPH 自由基清除能力可知,4 种溶剂提取物均具有一定抗氧化能力,其中丙酮溶剂提取物抗氧化能力最高,其次是甲醇和乙醇,水提取物的抗氧化能力最低。综上所述,体积分数 70% 丙酮溶剂为提取澳洲坚果果皮中的抗氧化物质最佳溶剂。

通过 DPPH、ABTS 和 FRAP 等方法对澳洲坚果果皮抗氧化活性测定发现,总酚含量与 3 种测定指标均具有显著相关性,该结果也客观反映了 3 种方法测定澳洲坚果果皮抗氧化活性的准确性。

参考文献:

- [1] 中国热带农业科学院. 中国热带作物产业可持续发展研究[M]. 北京:科学出版社,2014:147-152.
- [2] Maguire L S, O'connor T P, O'brien N M, et al. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut[J]. *Journal of Food Science and Nutrition*, 2004, 55(3):171-178.
- [3] Venkatachalam M, Sathe S K. Chemical composition of selected edible nut seeds[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(13):4705-4714.
- [4] 杜丽清, 邹明宏, 曾辉, 等. 澳洲坚果果仁营养成分分析[J]. *营养学报*, 2010, 32(1):95-96.
- [5] 杨为海, 张明楷, 邹明宏, 等. 澳洲坚果不同种质果仁粗脂肪及脂肪酸成分的研究[J]. *热带作物学报*, 2012, 33(7):1297-1302.
- [6] Curb J D, Wergowske G, Dobbs J C, et al. Serum lipid effects of high-monounsaturated fat diet based on macadamia nuts[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2000, 160(8):1154-1158.
- [7] Garg M L, Blake R J, Wills R B. Macadamia nut consumption lowers plasma total and LDL cholesterol levels in hypercholesterolemic men[J]. *Journal of Nutrition*, 2003, 133(4):1060-1063.
- [8] 石柳, 王金华, 熊智, 等. 澳洲坚果壳中纤维素和木质素成分分析[J]. *湖北农业科学*, 2009, 48(11):2846-2848.
- [9] 杨为海, 张明楷, 曾辉, 等. 澳洲坚果种壳矿质元素含量研究[J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(23):4958-4961.
- [10] 芦燕玲, 李亮星, 魏杰, 等. 气质联用法分析澳洲坚果壳的挥发性成分[J]. *化学研究与应用*, 2012, 24(3):433-436.
- [11] 宁平, 杨月红, 彭金辉, 等. 澳洲坚果壳活性炭制备的热解特性研究[J]. *林产化学与工业*, 2006, 26(4):61-64.
- [12] 陈玲, 孙浩, 缪福俊, 等. 澳洲坚果壳滤料的制备与过滤性能的研究[J]. *吉林农业*, 2011(5):134-135, 137.
- [13] 刘晓芳, 刘满红, 张晓梅, 等. 澳洲坚果壳活性炭对 Cr(VI) 的吸附性能[J]. *云南民族大学学报(自然科学版)*, 2012, 21(3):178-181.
- [14] 张明楷, 杨为海, 曾辉, 等. 澳洲坚果果皮中主要功能性成分分析[J]. *热带农业科学*, 2011, 31(5):73-75.
- [15] 张汉周, 张明楷, 刘遂飞, 等. 澳洲坚果不同种质果皮内含物含量的研究[J]. *热带作物学报*, 2015, 36(3):541-545.
- [16] Singleton V L, Orthofer R, Lamuela-Raventós R M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent[M]//Packer L. *Methods in enzymology, oxidant and antioxidants (Part A)*. San Diego: Academic Press, 1999:152-178.
- [17] Benamar H, Rached W, Derdour A, et al. Screening of algerian medicinal plants for acetylcholinesterase inhibitory activity[J]. *Journal of Biological Sciences*, 2010, 10(1):1-9.
- [18] Kunradi V F G, Campelo B G D, Copetti C, et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of the Apple flesh and peel of eleven cultivars grown in Brazil[J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 128(3):261-266.
- [19] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, 26(9/10):1231-1237.
- [20] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay[J]. *Journal of Analytical Biochemistry*, 1996, 239(1):70-76.
- [21] 杨琼霞, 殷舒, 申屠垠, 等. 山核桃外果皮提取液对小鼠的辐射防护作用[J]. *浙江林学院学报*, 2006, 23(6):604-607.
- [22] 马良进, 吴美卿, 苏秀, 等. 山核桃外果皮提取物活体抑菌活性[J]. *浙江林学院学报*, 2009, 26(5):620-624.
- [23] 严赞开, 胡春菊. 橙皮甙的抑菌效果研究[J]. *西北农业学报*, 2004, 13(2):87-89.
- [24] Wang H C, Hu Z Q, Wang Y, et al. Phenolic compounds and the antioxidant activities in litchi pericarp: difference among cultivars[J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129(4):784-789.
- [25] 房显含, 魏玉西, 赵爱云, 等. 无花果果提取物抗氧化活性的研究[J]. *中国生化药物杂志*, 2008, 29(6):366-368, 373.
- [26] Turkmen N, Sari F, Velioglu Y S. Effect of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods[J]. *Food Chemistry*, 2006, 99(4):838-841.
- [27] 张茜, 贾冬英, 姚开, 等. 石榴皮提取物的抗氧化作用研究[J]. *中国油脂*, 2006, 31(8):51-54.
- [28] Do Q D, Angkawijaya A E, Tran-Nguyen P L, et al. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica* [J]. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2014, 22(3):296-302.
- [29] 綦菁华, 王芳, 庞美霞, 等. 板栗酚类活性成分提取及其抗氧化活性研究[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(9):141-143, 168.
- [30] 刘禹, 段江莲, 李为琴, 等. 高粱米不同溶剂提取物的抗氧化活性研究[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(6):36-39.
- [31] 王存堂, 姜微波, 曹建康. 枣果渣不同溶剂提取物的抗氧化成分及性能研究[J]. *食品工业*, 2015, 36(1):210-213.
- [32] Hossain M A, Rahman S. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple[J]. *Food Research International*, 2011, 44(3):672-676.
- [33] 涂宗财, 傅志丰, 王辉, 等. 红薯叶不同溶剂提取物抗氧化活性及活性成分鉴定[J]. *食品科学*, 2015, 36(17):1-6.
- [34] 赖红芳, 潘立卫. 翠云草不同溶剂提取物的抗氧化性[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(5):307-309.