

孙雪婷,袁俊杰,蒋玉蓉,等. 藜麦种子总黄酮提取及其抗氧化性[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):355-358.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.115

藜麦种子总黄酮提取及其抗氧化性

孙雪婷¹,袁俊杰¹,蒋玉蓉¹,陆国权¹,毛 前²

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院,浙江临安 311300;2. 浙江水利水电学院水利工程系,浙江杭州 310018)

摘要:为研究藜麦种子总黄酮的最佳提取工艺以及体外抗氧化活性,采用 4 因素 3 水平的正交试验法,探讨乙醇体积分数、料液比、浸提温度和时间等因素对藜麦种子总黄酮的热回流提取的影响。结果表明,藜麦种子总黄酮最佳提取条件为:体积分数 80% 乙醇,料液比 1 g : 30 mL,60 ℃ 水浴条件下浸提 60 min,其黄酮得率为 2.64 mg/g。各因素对总黄酮提取率的影响程度从大到小依次为物料比 > 浸提时间 > 乙醇体积分数 > 浸提温度。抗氧化活性试验结果表明,藜麦种子中提取的总黄酮对 DPPH ·、·OH 的清除率分别达 90.89%、44.90%,其 IC₅₀ (半抑制浓度) 分别为 9.996、56.639 μg/mL。

关键词:藜麦;种子;总黄酮;提取工艺;正交试验;抗氧化活性

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0355-04

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.) 别称南美藜、奎藜、藜谷、奎奴亚藜等,是一年生的藜科(Chenopodiaceae)草本作物,原产于南美洲安第斯山区,至今已有 5 000 ~ 7 000 多年的利用和种植历史,被印加人称为“谷物之母”和“安第山的真金”^[1-2]。藜麦蛋白质含量高达 13% ~ 23%,富含人体无法生产和必需的 9 种氨基酸且比例平衡^[3-4];钙、铁、锌、铜、锰、镁、钾、硒等矿物质营养成分的含量均较高^[2,5];藜麦种子中

的油脂富含不饱和脂肪酸、类黄酮、B 族维生素和维生素 E 等多种有益化合物。联合国粮农组织认为,藜麦是唯一的单一植株即可满足人体基本营养需求的食物,是最适合人类的全营养食品^[6]。美国国家航空航天局(NASA)更是将藜麦列为人类未来移民外太空空间的理想的“太空粮食”^[7]。

总黄酮是植物中重要的次生代谢产物之一,是一种生理活性活泼的物质,具有抗病毒、抗炎、抗癌防癌、防止动脉粥样硬化、降血压、降血脂及胆固醇、抗氧化、抗衰老等药理作用^[8]。研究者已用不同方法在甘薯(*Ipomoea batatas*)^[9]、荞麦(*Fagopyrum esculentum*)^[10]、银杏(*Ginkgo biloba*)^[11]、枸杞(*Lycium chinense* Miller)^[12]、菊花(*Dendranthema morifolium*)^[13]、柑橘(*Citrus reticulata* Banco)皮^[14]、花生(*Arachis hypogaea*)壳^[15]以及豆科(Leguminosae)植物^[16]等进行总黄酮的提取及其含量测定。然而,有关藜麦总黄酮含量的研究国内外报道甚少^[17]。本研究挑选已本土化栽培 3 年、农艺性

收稿日期:2014-09-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:31301372);浙江省重大科技专项(编号:2011C12030);青海省海西州科技项目(编号:2012-Y01)。

作者简介:孙雪婷(1993—),女,浙江嘉兴人,主要从事作物育种研究。E-mail:1362651480@qq.com。

通信作者:蒋玉蓉,博士,主要从事植物分子育种和种质创新研究。E-mail:yurongjiang746@126.com。

强到弱依次为食盐浓度、煮制时间、泡制时间、CaCl₂ 浓度。制得的产品具有辣味、脆嫩、味鲜、卫生、咸味适中、风味独特、食后回味悠长等特点,而且绿色保健。本试验改变了传统的包装方法,长期以往包装泡制菜多用玻璃容器,这种包装笨重易破损,给运输、储存、销售、食用带来不便,而本试验采用复合塑料软包装克服了上述缺陷,并在腌制过程中添加少量 CaCl₂ 对保护色泽和促进变脆起到了明显的作用,采用真空包装对保持金针菜维生素 C 含量、延长保质期十分有效。总之,即食风味金针菜新工艺符合当前食品工业发展的新潮流,工艺简单易掌握,投资小,效益高,大小工厂均可进行加工生产。

参考文献:

- [1] 黄兰荪,陈 昌,郑贤育,等. 萱草根素的结构[J]. 科学通报,1974(2):93-94.
- [2] 李登绡,李东波,胥国斌,等. 不同杀青方法对黄花菜外观品质及干制率的影响研究[J]. 陇东学院学报,2012,23(5):32-34.
- [3] 中国植物物种中国植物物种信息数据库. 金针菜[EB/OL]

[2014-08-05]. http://db.kib.ac.cn/eflora/View/Search/Chs_contents.aspx?L_name=Hemerocallis%20citrina%20Baroni.

[4] 金针菜[EB/OL]. [2014-08-05]. <http://baike.baidu.com/view/47129.htm>.

[5] 戴桂芝. 低盐软包装酱腌菜新工艺[J]. 食品科技,2003(10):46-48.

[6] 陈祖明,辛松林,熊 军. 泡椒凤爪加工工艺研究[J]. 四川烹饪高等专科学校学报,2009(1):13-14.

[7] 智召丽,武永福. 速食酱腌金针菜的研制[D]. 甘肃庆阳:陇东学院,2009:7.

[8] 凌天庭,王亦云,唐述朝. 食品添加剂手册:上[M]. 北京:化学工业出版社,1989:389-390.

[9] 郡司笃孝. 食品添加剂手册[M]. 刘纯洁,张娟婷,译. 北京:中国展望出版社,1988:100.

[10] 中华人民共和国农业部. NY/T392—2000 绿色食品-食品添加剂使用准则[S].

[11] 谭兴和,夏延斌,李映武. 即食金针菜加工工艺研究[J]. 食品与机械,2003:35.

状较好的藜麦品种 Vanilla 为材料,采用正交试验法对藜麦种子总黄酮的乙醇浸提法进行优化,同时测定其抗氧化活性,为优质高总黄酮得率藜麦品种的选育和利用等相关领域的深入研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为农艺性状较好的藜麦品种 Vanilla,由浙江农林大学农学院提供,大田种植于该校官塘农场,于 2014 年 4 月移栽种植,8 月下旬收获种子。种子干燥后充分碾碎,过 60 目筛筛选,装入干燥器皿中备用。

1.2 主要试剂和仪器

试验试剂: DPPH (1,1 - diphenyl - 2 - picrylhydrazyl radical) 购自东京化成工业株式会社;芸香苷对照购自国药集团化学试剂有限公司;无水乙醇、硫酸亚铁、硝酸铝、过氧化氢、氢氧化钠、水杨酸、亚硝酸钠等试剂(均为国产分析纯)购自生工生物工程(上海)股份有限公司。

主要仪器:DHG9123A 电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏试验设备有限公司)、TP-214 电子天平(丹佛仪器有限公司)、XMTD-6000 恒温水浴锅(上海申胜生物技术有限公司)、SHZ-DⅢ予华牌循环水真空泵(河南省巩义市予华仪器有限责任公司)、752PC 紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 藜麦种子总黄酮的提取 参考许钢等提取黄酮的方法^[18-20],设计藜麦黄酮提取的工艺流程:称取 0.5 g 干燥粉末→浸提剂浸泡→热回流提取→冷却→过滤→浓缩→定容棕色容量瓶→避光保存备用。

1.3.2 标准曲线的制备^[13] 准确称取芸香苷标准试剂 5.000 mg,用体积分数为 60% 的乙醇完全溶解后定容至 50 mL,摇匀,得质量浓度为 0.1 mg/mL 的芸香苷标准溶液;分别吸取芸香苷标准溶液 0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 于 6 支 10.0 mL 的试管中,用体积分数为 60% 的乙醇补至 0.5 mL,加入质量分数为 5% 的亚硝酸溶液 0.3 mL,摇匀,放置 6 min;再加入质量分数为 10% 的硝酸铝溶液 0.3 mL,放置 6 min;再加入 1.0 mol/L 氢氧化钠溶液 4 mL,混匀,再加入体积分数为 60% 的乙醇 0.4 mL,室温下放置 15 min 后于波长 510 nm 处测定其吸光度。取上述中加入溶剂配制的溶液作为空白,于 510 nm 处比色测定提取液的吸光度。用最小二乘法进行线性回归,得芸香苷标准溶液浓度(C)与吸光度(D)关系曲线的回归方程: $D=0.3563C-0.0096$; $r^2=0.9991$ 。

1.3.3 提取液中总黄酮得率的测定 分别取“1.2.1”节所得的待测总黄酮提取液代替芸香苷标准溶液,其他步骤与制作芸香苷标准方程相同。计算公式如下:

$$\text{总黄酮得率} = (C \times V_1 \times V_2 \times 10^{-3}) / (m / V_0) \times 100\%$$

其中: C 为测定样液的质量浓度, g/L; V_0 为测定吸光度所用样液的体积, mL; V_1 为测定时的稀释体积, mL; V_2 为样液定容后的体积, mL; m 为样品质量, g。

1.3.4 提取条件的选择

1.3.4.1 提取溶剂浓度对总黄酮得率的影响 取浓度分别为 50%、60%、70%、80%、90% 的乙醇溶液,料液比为

1 g : 30 mL,于 60 ℃ 下热水浴提取 60 min,进行总黄酮得率的测定。

1.3.4.2 料液比对总黄酮得率的影响 在提取溶剂浓度为 80% 时,料液比分别取 1 g : 10 mL、1 g : 20 mL、1 g : 30 mL、1 g : 40 mL、1 g : 50 mL,于 60 ℃ 下热水浴提取 60 min,测定总黄酮得率。

1.3.4.3 提取温度对总黄酮得率的影响 当提取溶剂浓度为 80%、料液比为 1 g : 30 mL 时,分别在 50、60、70、80、90 ℃ 热水浴中提取 60 min,进行总黄酮得率的测定。

1.3.4.4 提取时间对总黄酮得率的影响 在提取溶剂浓度为 80%、料液比为 1 g : 30 mL 的条件下分别提取 30、45、60、75、90 min,再于 60 ℃ 热水浴中提取 60 min,测定总黄酮得率。

1.3.5 正交试验^[21] 根据已有数据资料及实际情况,选择提取溶剂浓度、料液比、提取温度、提取时间为考察因素,以测得提取液中的总黄酮得率为考察指标,按照正交表 $L_9(3^4)$ 设计 4 因素 3 水平正交试验。

1.3.6 抗氧化性测定方法

1.3.6.1 DPPH · 的清除率^[22] 准确称取 DPPH · 标准品 10 mg,溶于无水乙醇中,超声 5 min,充分振荡,并定容于 100 mL 容量瓶中,配成 0.1 mg/mL DPPH · 储备液,置于冰箱中备用。取不同质量浓度的藜麦总黄酮提取液 2 mL,分别加入 0.1 mg/mL DPPH · 溶液 2 mL,摇匀,在黑暗中放置 30 min,以无水乙醇为空白在波长 517 nm 处测定其吸光度 $D_{\text{样品}}$,用无水乙醇代替 DPPH · 溶液按上述方法测定吸光度 $D_{\text{对照}}$,用无水乙醇代替藜麦种子总黄酮提取液按上述方法测定吸光度为 $D_{\text{空白}}$ 。以维生素 C 作为阳性对照,按下式计算 DPPH · 的清除率: $\text{DPPH} \cdot \text{清除率} = [1 - (D_{\text{样品}} - D_{\text{对照}}) / D_{\text{空白}}] \times 100\%$ 。

1.3.6.2 ·OH 的清除率^[23-24] 在试管中依次加入浓度为 6 mmol/L 的 FeSO_4 溶液 2 mL,不同质量浓度的藜麦种子总黄酮提取液 2 mL,6 mmol/L H_2O_2 溶液 2 mL,摇匀,静置 10 min,再加入 6 mmol/L 水杨酸溶液 2 mL,摇匀,静置 30 min,以蒸馏水为空白于波长 510 nm 处测定其吸光度 $D_{\text{样品}}$,用蒸馏水代替水杨酸按上述方法测定吸光度 $D_{\text{对照}}$,用蒸馏水代替总黄酮提取液按上述方法测定吸光度 $D_{\text{空白}}$ 。以维生素 C 作为阳性对照,按下式计算 ·OH 清除率: $\cdot\text{OH} \text{清除率} = [1 - (D_{\text{样品}} - D_{\text{对照}}) / D_{\text{空白}}] \times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 提取条件的选择

2.1.1 提取溶剂浓度对总黄酮得率的影响 从图 1 可以看出,总黄酮得率随乙醇浓度的增加呈先增加后降低的趋势,于乙醇浓度为 80% 时达到最大。因此,乙醇浓度以 70% ~ 90% 为宜。

2.1.2 料液比对总黄酮得率的影响 从图 2 可以看出,总黄酮得率随提取剂的增加呈先增加后降低的趋势,于料液比为 1 g : 30 mL 时达到最大。因此,料液比以 1 g : 30 ~ 50 mL 为宜。

2.1.3 提取温度对总黄酮得率的影响 从图 3 可以看出,总黄酮得率随提取温度的增加呈“增加—降低—增长”的趋势,

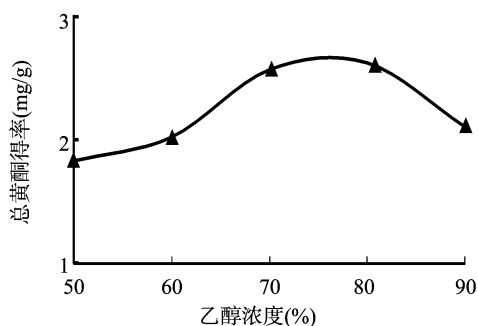


图1 提取剂浓度对总黄酮得率的影响

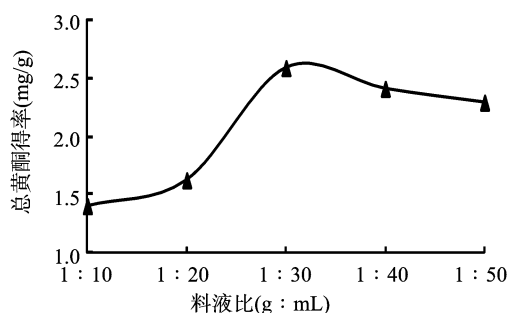


图2 料液比对总黄酮得率的影响

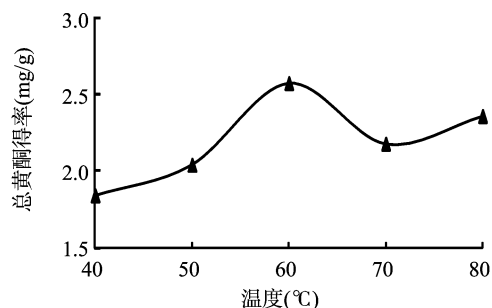


图3 提取温度对总黄酮得率的影响

于提取温度为 60 ℃ 时达到最大。因此,提取温度以 50 ~ 70 ℃ 为宜。

2.1.4 提取时间对总黄酮得率的影响 从图 4 可以看出,总黄酮得率随提取时间的延长呈先增加后降低的趋势,于提取 60 min 时达到最大。因此,提取时间以 30 ~ 60 min 为宜。

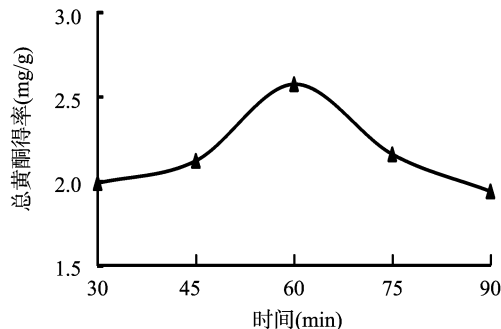


图4 提取时间对总黄酮得率的影响

2.2 正交试验结果

将“2.1”节得到的提取条件结果按照 $L_9(3^4)$ 正交试验设计因素水平表, $L_9(3^4)$ 正交试验设计及其结果见表 1 和表 2。

表 1 总黄酮提取工艺的 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

水平	A:提取剂浓度 (%)	B:料液比 (g : mL)	C:温度 (°C)	D:时间 (min)
1	70	1 : 30	50	30
2	80	1 : 40	60	45
3	90	1 : 50	70	60

表 2 $L_9(3^4)$ 的正交试验及结果

编号	A:提取剂浓度 (%)	B:料液比 (g : mL)	C:温度 (°C)	D:时间 (min)	总黄酮得率 (mg/g)
1	70(1)	1 : 30(1)	50(1)	30(1)	1.79
2	70(1)	1 : 40(2)	60(2)	45(2)	1.67
3	70(1)	1 : 50(3)	70(3)	60(3)	1.75
4	80(2)	1 : 30(1)	50(2)	30(3)	2.64
5	80(2)	1 : 40(2)	60(3)	45(1)	1.52
6	80(2)	1 : 50(3)	70(1)	60(2)	1.35
7	90(3)	1 : 30(1)	50(3)	30(2)	1.89
8	90(3)	1 : 40(2)	60(1)	45(3)	2.02
9	90(3)	1 : 50(3)	70(2)	60(1)	1.00
k_1	1.74	2.11	1.72	1.44	
k_2	1.84	1.74	1.77	1.64	
k_3	1.64	1.37	1.72	2.14	
R	0.20	0.74	0.05	0.70	

由表 2 可以看出,热回流法提取藜麦种子总黄酮的最佳提取工艺条件为 $A_2B_1C_2D_3$,即乙醇浓度为 80%,料液比为 1 g : 30 mL,在 60 ℃ 下提取 60 min 时的总黄酮含量最高,可达 2.64 mg/g。试验结果与 Yuko 等的研究结果^[25]基本保持一致,具有可靠性。极差值反映的因子影响顺序为 $B > D > A > C$,即料液比对提取率的影响最大。

2.3 抗氧化性试验结果

2.3.1 清除 DPPH· 效果的测定 DPPH· (二苯代苦味酰自由基)在有机溶剂中是一种稳定的自由基,深紫色,在 517 nm 处有强吸收。有自由基清除剂存在时,DPPH· 的单电子被配对,而使其颜色变浅,最大吸收波长处的吸光度变小,且这种颜色变浅的程度与配对电子数是成化学计量关系的。因此,用该波长处的吸光度可检测自由基的清除情况,从而评价试验样品的抗氧化能力。抗氧化剂对 DPPH· 的清除率越高,其抗氧化性越强。藜麦种子总黄酮对 DPPH· 的清除作用见图 5。

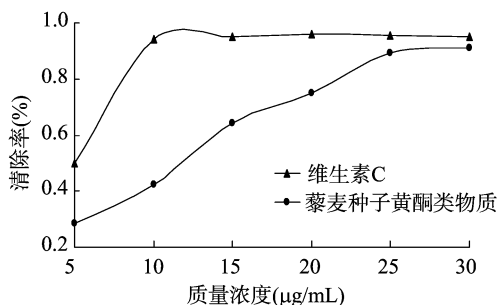


图5 维生素 C 和藜麦种子总黄酮对 DPPH· 的清除作用

由图 5 可知,藜麦种子总黄酮对 DPPH· 表现出很强的清除作用,且与浓度呈正相关,IC₅₀ 值为 9.996 μg/mL。试验

结果表明其清除能力高于小麦麸皮^[26]、生姜^[27]等。

2.3.2 清除 $\cdot\text{OH}$ 效果的测定 $\cdot\text{OH}$ 是最活泼的自由基,细胞内的 H_2O_2 能与 Fe^{2+} 或 Cu^{2+} 反应生成 $\cdot\text{OH}$ 。另外,紫外线也能使 H_2O_2 均裂生成 $\cdot\text{OH}$ 。同时, $\cdot\text{OH}$ 也是毒性最大的自由基,它可与活细胞中的任何分子发生反应而造成损害,且反应速度快^[28]。藜麦种子总黄酮对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用见图6。

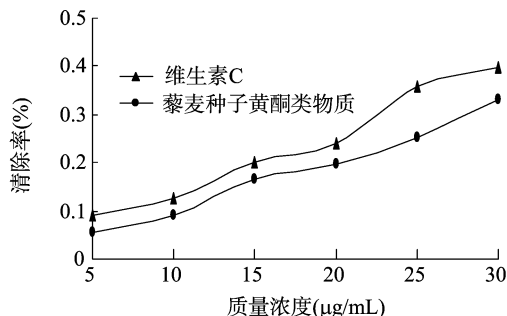


图6 维生素C和藜麦种子总黄酮对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用

由图6可知,藜麦种子总黄酮对 $\cdot\text{OH}$ 表现出较强的清除作用,且与浓度呈正相关,其 IC_{50} 值为 $56.639\ \mu\text{g/mL}$,可见其清除能力高于小麦麸皮^[26]、小驳骨^[29]等。

3 结论

本研究通过正交试验设计优化藜麦种子总黄酮的提取工艺条件,本着溶剂无毒性、易回收、对黄酮溶解力强和工艺简单的原则,确定乙醇为最佳提取剂。试验结果表明最佳工艺条件为:提取溶剂(乙醇)浓度为80%,料液比为1 g : 30 mL,在温度 $60\ ^\circ\text{C}$ 下提取60 min。在此条件下,藜麦种子总黄酮得率高达 $2.64\ \text{mg/g}$ 。藜麦种子总黄酮对DPPH \cdot 和 $\cdot\text{OH}$ 有较好的清除能力,且随着浓度的增加,清除能力增加,清除率分别可达90.89%、44.90%。其 IC_{50} 值分别为 9.996 、 $56.639\ \mu\text{g/mL}$ 。同时,本工艺在一定程度上节省原料,从而为其用于工业生产方面提供了一定的理论依据。

参考文献:

- [1] Jacobsen S E. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Food Reviews International, 2003, 19 (1/2): 167–177.
- [2] Bhargava A, Shukla S, Ohri D. *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective [J]. Industrial Crops and Products, 2006, 23 (1): 73–87.
- [3] Karyotis T, Iliadis C, Noulas C, et al. Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline–sodic soil [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2003, 189 (6): 402–408.
- [4] Abugoch L E, Romero N, Tapia C A, et al. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (12): 4745–4750.
- [5] Repo–Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) [J]. Food Reviews International, 2003, 19 (1/2): 179–189.

- [6] Comai S, Bertazzo A, Bailoni L, et al. The content of proteic and nonproteic (free and protein–bound) tryptophan in quinoa and cereal flours [J]. Food Chemistry, 2007, 100 (4): 1350–1355.
- [7] 肖正春, 张广伦. 藜麦及其资源开发利用 [J]. 中国野生植物资源, 2014, 33 (2): 62–66.
- [8] 王亚红, 祝波. 微波法提取狼把草总黄酮工艺研究 [J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (4): 235–237.
- [9] 陆国权, 任韵, 唐忠厚, 等. 甘薯黄酮类物质的提取及其基因型差异研究 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2005, 31 (5): 541–544.
- [10] 孙协军, 张文华, 李秀霞, 等. 甜荞麦粉总黄酮提取工艺优化 [J]. 江苏农业科学, 2010 (3): 372–373.
- [11] 张伟, 张焕新, 施洋, 等. 银杏叶中黄酮类物质提取及其抗氧化活性 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41 (3): 230–234.
- [12] 韩秋菊, 马宏飞, 李宁豫. 3种方法提取枸杞黄酮效果的比较 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41 (2): 271–273.
- [13] 尤静, 任晓芳, 刘春叶, 等. 菊花中总黄酮成分不同提取工艺的比较 [J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (5): 218–219.
- [14] 王万能, 全学军, 陆天健, 等. 超声波协助橘皮总黄酮的提取 [J]. 江苏农业学报, 2006, 22 (2): 168–170.
- [15] 王莹, 王华, 王姐姐, 等. 花生壳中总黄酮提取工艺的研究 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41 (2): 245–247.
- [16] 任顺成, 王鹏, 王国良, 等. 常见食用豆类中黄酮类化合物含量的测定 [J]. 中国粮油学报, 2009, 24 (7): 132–137.
- [17] Abuqoch J L E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties [J]. Advances in Food and Nutrition Research, 2009, 58: 1–31.
- [18] 许钢. 玉米不同部位提取物的抗氧化性能比较 [J]. 食品与发酵工业, 2004, 30 (4): 88–92.
- [19] Lin M C, Tsai M J, Wen K C. Supercritical fluid extraction of flavonoids from *Scutellariae Radix* [J]. Journal of Chromatography A, 1999, 830 (2): 387–395.
- [20] 许钢, 张虹, 胡剑. 竹叶中黄酮提取方法的研究 [J]. 分析化学, 2000, 28 (7): 857–859.
- [21] 赖红芳. 正交试验优化翠云草黄酮的提取工艺 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41 (9): 236–238.
- [22] 李南薇, 刘长海, 陆映帆. 狗肝菜功能性成分的抗氧化活性 [J]. 食品科学, 2011, 32 (13): 71–74.
- [23] 李南薇, 刘长海, 黄凯. 南瓜苗总黄酮的提取及清除自由基能力研究 [J]. 食品科学, 2011, 32 (8): 58–60.
- [24] 文良娟, 毛慧君, 张元春, 等. 西番莲果皮成分分析及其抗氧化活性的研究 [J]. 食品科学, 2008, 29 (11): 54–58.
- [25] Hirose Y, Fujita T, Ishii T, et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan [J]. Food Chemistry, 2010, 119 (4): 1300–1306.
- [26] 刘敏, 管福琴, 王海婷, 等. 小麦麸皮总黄酮的体外抗氧化活性研究 [J]. 食品研究与开发, 2012, 33 (4): 5–8.
- [27] 莫开菊, 柳圣, 程超. 生姜黄酮的抗氧化活性研究 [J]. 食品科学, 2006, 27 (9): 110–115.
- [28] 许钢, 张虹, 吴延年. 大麦叶提取物清除 O_2^- 和 $\cdot\text{OH}$ 的动态研究 [J]. 中国粮油学报, 2003, 18 (2): 36–39.
- [29] 陈霞薇, 陈康, 黎珊, 等. 小驳骨中总黄酮、总酚酸含量测定及其抗氧化活性研究 [J]. 江苏农业科学, 2014, 42 (4): 258–259.