

华艳宏, 庞春花, 张永清, 等. 藜麦种子不同溶剂提取物及其抗氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(20): 225–228.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.20.057

藜麦种子不同溶剂提取物及其抗氧化活性

华艳宏¹, 庞春花^{1,2}, 张永清¹, 贺笑¹, 杨世芳¹, 薛蓉²

(1. 山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041004; 2. 山西师范大学现代文理学院生物系, 山西临汾 041000)

摘要:以一号藜麦种子为研究对象, 分别采用蒸馏水、70% 甲醇、70% 乙醇、70% 丙酮、甲醇、乙醇、丙酮为溶剂, 通过超声波浸提方法, 比较不同溶剂提取藜麦种子提取物中活性物质含量及其抗氧化活性差异。结果表明, 不同溶剂提取的藜麦种子总多酚、总黄酮含量存在一定差异, 提取液中总多酚含量为 1.14~3.28 mg/g, 其中以 70% 乙醇为溶剂时含量最高; 总黄酮含量为 1.34~1.98 mg/g, 以 70% 乙醇、蒸馏水为溶剂时含量较高, 且二者之间无显著差异; 不同溶剂藜麦种子提取液均具有一定的 DPPH、羟基自由基清除能力和铁还原能力。同时相关性分析表明, 不同溶剂提取物中总多酚含量与其抗氧化活性间的相关性显著, 总黄酮含量与其抗氧化活性间的相关性较小。70% 乙醇是藜麦种子中总多酚、总黄酮提取及其抗氧化活性研究的最好溶剂。本研究可为藜麦种子提取物的开发利用提供参考。

关键词:藜麦; 不同溶剂; 提取物; 总多酚; 总黄酮; 抗氧化活性

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)20-0225-04

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 别称南美藜, 是藜科 (*Chenopodiaceae*) 藜属 (*Chenopodium*) 的 1 年生草本植物, 原产于南美洲的安地斯山脉, 是当地的一种农作物, 有几千年的种植历史^[1]。目前在我国西藏、山西及西北地区都有种植。

收稿日期: 2017-06-11

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31571604); 山西师范大学科技开发与应用基金 (编号: YK1402); 山西师范大学现代文理学院大学生创新创业训练项目 (编号: 2017CXJY-01)。

作者简介: 华艳宏 (1993—), 女, 山西忻州人, 硕士研究生, 主要从事植物生理生态学研究。E-mail: 1925769459@qq.com。

通信作者: 庞春花, 硕士, 副教授, 主要从事植物生理生态学研究。E-mail: pangch6269@126.com。

21 世纪以来, 藜麦在全球范围开始引种和试种, 成为食品领域的研究热点。因其食品的安全性、全营养性, 联合国将 2013 年定义为国际藜麦年^[2]。许多研究表明, 藜麦蛋白质含量高, 氨基酸分配均衡, 且脂肪酸多为不饱和脂肪酸, 矿物质、抗氧化物质含量丰富, 是一种高蛋白、低热量、活性物质丰富的营养食物, 可充分满足人类生命活动的基本要求, 不仅是健康食品, 更是安全食品^[3], 是具有腹腔疾病及过敏体质人群的优良食材^[4]。多酚、黄酮是广泛存在于植物中的活性物质, 因其具有抗氧化、抗衰老、预防心血管疾病并且能够有效增强自身免疫力等特点而被广泛应用于医药行业。研究已证实藜麦中含有丰富的多酚、黄酮类化合物, 其中大部分是香草酚酸、阿魏酸及其衍生物、槲皮素、山奈酚^[5-6], 表现出高抗氧

[3] 张福华. 芥子碱的抗肿瘤血管生成作用及其机制探讨[D]. 福州: 福建师范大学, 2012.

[4] 吴国欣, 林跃鑫, 欧敏锐, 等. 芥子碱的抗雄激素作用[J]. 中国医药学报, 2003, 18(3): 142–144.

[5] 丁韵, 卢轩, 王惠国, 等. 芥子碱氯化盐的制备及其对自发性高血压大鼠的降压作用[J]. 沈阳药科大学学报, 2013(5): 379–382.

[6] 王群, 孙忠迪, 刘梅, 等. 炒莱菔子中芥子碱对高血脂大鼠血脂水平的影响[J]. 医学研究杂志, 2013, 42(5): 60–62.

[7] 黄德娟, 徐巍越, 黄德超. 花椰菜芥子碱对果蝇辐射的保护作用[J]. 营养学报, 2009, 31(6): 588–590.

[8] 李群, 郭房庆, 顾瑞琦. 果蝇伴性隐性致死突变试验中芥子碱的辐射保护作用[J]. 实验生物学报, 1993, 26(3): 269–274.

[9] 宋贵军, 林璐璐, 李昱, 等. 芥子碱对 Al_{25-35} 诱导的认知功能障碍小鼠海马神经元再生的影响[J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(6): 785–788.

[10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 149.

[11] 刘丽芳, 王宇新, 张新勇, 等. 莱菔子中芥子碱的含量测定[J]. 中成药, 2002, 24(1): 54–56.

[12] 邢军, 苑艳霞, 冯宝民. 五种十字花科植物中芥子碱的有效提取和高效液相色谱定量分析[J]. 分析科学学报, 2012, 28(4): 523–526.

[13] 蔡梅超. 高效毛细管电泳法测定莱菔子中芥子碱含量[J]. 辽宁中医药大学学报, 2011(9): 45–46.

[14] 张青山, 王卓, 孔铭, 等. 芥子中芥子碱类和硫代葡萄糖苷类成分化学稳定性和质量评价研究进展[J]. 中草药, 2015, 46(1): 148–156.

[15] 林燕妮, 陈密玉, 吴国欣, 等. 芥子碱含量测定方法探讨[J]. 药物分析杂志, 2007, 27(2): 260–263.

[16] 杨雪萍, 王惠国, 冯宝民, 等. 芥子中总芥子碱类成分的含量测定[J]. 大连大学学报, 2009(6): 53–55.

[17] 童林荟. 环糊精化学: 基础与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[18] Zhang Q F, Jiang Z T, Guo Y X, et al. Complexation study of brilliant cresyl blue with beta-cyclodextrin and its derivatives by UV-vis and fluorospectrometry[J]. Spectrochimica Acta Part A (Molecular and Biomolecular Spectroscopy), 2008, 69(1): 65–70.

[19] 孟祥红, 苏永汶, 孙忠迪, 等. 炒莱菔子中含芥子碱部位醇提工艺优选及市售样品含测分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(21): 5–8.

化活性,是一种潜在的功能性食品。

目前,国内外对藜麦种子和叶片中提取物的提取工艺和抗氧化活性的研究已有不少报道。陆敏佳等以藜麦叶片为原料,用乙醇作提取溶剂,研究藜麦叶片多酚、黄酮的最佳提取工艺及其抗氧化活性^[7-8]。阙森琳等以藜麦种子为原料,用乙醇作为提取溶剂,研究藜麦种子多酚的提取工艺及其品种差异^[9]。董晶等以藜麦种子为原料,用乙醇作为提取溶剂,用超声波法探讨藜麦种子黄酮提取的最佳工艺并测定其抗氧化活性^[10]。相启森等以产自山西的白色藜麦为对象,研究其乙醇提取物的体外自由基清除能力、铁离子还原能力及对自由基引发脂质过氧化和蛋白质氧化降解的抑制作用^[11]。Tang 等以甲醇为提取溶剂,确定了 3 种不同基因型(红色、白色、黑色)藜麦中不同形式的酚类物质,并且测定了其抗氧化活性^[6]。上述研究主要以甲醇、乙醇等单一溶剂为提取溶剂对藜麦黄酮、多酚进行提取,并未全面反映藜麦种子不同溶剂提取物的抗氧化活性。研究结果表明,由于提取溶剂的不同会导致研究结果存在一定差异^[12]。本试验以藜麦种子为研究材料,利用超声波提取方法,探究以蒸馏水、甲醇、70% 甲醇、乙醇、70% 乙醇、丙酮、70% 丙酮为提取溶剂对藜麦种子提取物的含量及其抗氧化活性的影响,旨在选出藜麦种子提取物超声波提取时的最好溶剂,对优化藜麦种子提取物的提取技术作进一步研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 供试品种为一号藜麦种子,购自山西忻州亿隆藜麦开发有限公司。

1.1.2 试剂 芸香苷标准品购自国药集团化学试剂有限公司;DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯基)、Folin-酚试剂、没食子酸购自上海源叶生物科技有限公司;碳酸钠、丙酮、甲醇、乙醇、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、硫酸亚铁、过氧化氢水杨酸、铁氰化钾、三氯乙酸、三氯化铁均为国产分析纯。

1.1.3 仪器与设备 电子分析天平购自北京赛多利斯仪器系统有限公司;FW100 型高速万能粉碎机购自天津市泰斯特仪器有限公司;KH-300B 型超声波清洗器购自昆山禾创超声仪器有限公司;UV-75 紫外可见分光光度计购自上海欣茂仪器有限公司;高速离心机购自北京普析通用仪器有限责任公司;HH-6 数显恒温水浴锅购自江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;RE-200A 旋转蒸发器购自上海亚荣生化仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 样品制备 对藜麦种子进行除杂,挑选颗粒饱满的种子进行备用。准确称取 100 g 藜麦种子,用高速万能粉碎机进行粉碎,过 60 目筛子,冷藏备用。称取藜麦粉末 2 g 置于烧杯中,分别加入 50 mL 蒸馏水、甲醇、70% 甲醇、乙醇、70% 乙醇、丙酮、70% 丙酮进行超声提取。设定超声温度为 50 ℃、超声频率为 50 Hz、超声时间为 30 min 和料液比(藜麦粉末质量与浸提液的体积比,g/mL)为 1:25,超声提取完毕冷却,4 000 r/min 离心 10 min,滤渣用同样的方法再次提取,合并 2 次提取液,40 ℃ 真空旋转蒸发至干,然后用 25 mL 提取溶剂复溶得到待测样液,低温保存用于样品分析测定。

1.2.2 总黄酮含量测定 移取 5.0 mL 提取液,加入质量分

数为 5% 的亚硝酸钠溶液 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;然后加入 1.0 mol/L 氢氧化钠溶液 4.0 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 后于波长为 510 nm 处测定其吸光度^[13],重复测定 3 次。以蒸馏水为空白,采用芸香苷标准品绘制标准曲线,以芸香苷标准溶液浓度(C)为纵坐标,吸光度(D)为横坐标,绘制标准曲线图,得到曲线回归方程 $C=0.1374D+0.0009$,相关系数 $r^2=0.9992$ 。不同提取物中总黄酮含量以 1 g 干燥样品中所含的相当于芸香苷的含量进行计算。

$$\text{总黄酮含量} = \frac{C \times V}{m}$$

式中: C 为根据标准曲线得到的浓度,mg/mL; V 为提取液体积,mL; m 为样品质量,g。

1.2.3 总多酚含量测定 多酚含量测定采用 Folin-Ciocalteu 比色法,参考 Payet 等的方法^[14]并稍作修改。准确移取藜麦提取液 0.5 mL 于 10 mL 的具塞比色试管中,分别加入 2.5 mL 蒸馏水,混合后加入 0.5 mL 1.0 mol/L Folin-Ciocalteu 试剂,混合,静置 8 min 后,加入 1.5 mL 7.5% 碳酸钠溶液,用水定容至刻度线。密封室温下避光放置 2 h 后,在波长为 765 nm 处测定吸光度 $D_{765\text{ nm}}$,重复测试 3 次,以溶剂代替样品提取液为空白,调零,以没食子酸为标准物绘制标准曲线,从标准曲线计算相应的总酚浓度和总酚含量。

$$C_{\text{总多酚}} = 6.5481D_{765\text{ nm}} - 0.0327(r^2 = 0.9991);$$

$$Y_2 = V \times C_{\text{总多酚}} / m \times 10^3。$$

式中: Y_2 为总多酚含量,mg/g; $C_{\text{总多酚}}$ 为根据标准曲线测得的样品中总多酚的质量浓度, $\mu\text{g/mL}$; V 为提取液体积,mL; m 为样品质量,g。

1.2.4 DPPH 清除能力测定 DPPH 清除能力测定根据 Locatelli 等的方法^[15]并稍作修改。准确称取 DPPH 3.4 mg 用无水乙醇溶解并定容于 50.0 mL 棕色容量瓶中得到 0.2 mmol/L 储备液,冷藏备用。取 2.0 mL 待测液及 2.0 mL 0.2 mmol/L DPPH 溶液加入同一具塞试管中,并加入 1.0 mL 无水乙醇使反应总体积达到 5.0 mL,摇匀,在避光处反应 30 min,在 517 nm 处测定其吸光度。

$$\text{DPPH 清除率} = (D_0 - D_1 + D_2) / D_0 \times 100\%。$$

式中: D_0 代表用无水乙醇代替藜麦种子提取液按上述方法测定的吸光度; D_1 代表加入待测液与 DPPH 溶液按上述方法测定的吸光度; D_2 代表用无水乙醇代替 DPPH 溶液按上述方法测定的吸光度。

1.2.5 羟基自由基清除能力的测定 采用水杨酸法^[16]测定羟基自由基清除能力。取 10 mL 试管,向其中分别加入 6 mmol/mL 硫酸亚铁溶液 2 mL、6 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液 2 mL,再加入待测提取液 1 mL(空白对照以蒸馏水代替提取液),最后加入 6 mmol/L 过氧化氢溶液 2 mL,摇匀,35 ℃ 水浴 30 min,于 510 nm 波长处测其吸光度,由于样液本身具有吸光度,测其本底值时用蒸馏水代替过氧化氢,根据公式计算其清除率。

$$\text{清除率} = (D_0 - D_1 + D_2) / D_0 \times 100\%。$$

式中: D_0 为空白对照吸光度; D_1 为加入样品溶液后的吸光度; D_2 为本底吸光度。

1.2.6 铁还原能力测定 铁还原能力测定采用 Oyaizu 的方法^[17]并稍作修改。移取 1.0 mL 提取液加入 10 mL 具塞带有刻度的试管中,再加入 2.5 mL 浓度为 0.2 mol/L、pH 值为 6.6 的磷酸缓冲液,1% 铁氰化钾溶液 2.5 mL,混匀,50 ℃ 水浴条件下反应 20 min,取出迅速冷却,立即加入 10% 三氯乙酸(TCA)溶液 2.5 mL 终止反应,3 000 r/min 离心 10 min,取离心后的上清液 2.5 mL,加入 2.5 mL 蒸馏水,0.1% FeCl₃ 溶液 0.5 mL 混匀,反应 10 min 后于波长为 700 nm 处测定吸光度。以吸光度来表示还原能力的大小,吸光度越大,说明还原能力越强。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 进行数据处理,SPSS 17.0 软件进行数据显著性分析,所有试验重复 3 次,结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 藜麦种子不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮含量

由表 1 可知,用不同溶剂提取藜麦种子中的总多酚、总黄酮物质,其含量均存在一定差异。不同溶剂提取液中总多酚含量为 1.14~3.28 mg/g,其中以 70% 甲醇、70% 乙醇为溶剂时提取物中的总多酚含量较高,分别为 2.61、3.28 mg/g;其次总多酚含量由高到低依次为以 70% 丙酮、蒸馏水、乙醇、丙酮为溶剂时,含量最低的提取溶剂为甲醇,其总多酚含量为 1.14 mg/g。藜麦种子不同溶剂提取物中总黄酮含量为 1.34~1.98 mg/g,其中以蒸馏水、70% 乙醇为溶剂时提取物中的总黄酮含量较高,分别为 1.98、1.94 mg/g;其次由高到低顺序为以 70% 丙酮、乙醇、丙酮、70% 甲醇为溶剂时,总黄酮含量最低的是以甲醇为溶剂时的提取物,其含量为 1.34 mg/g。

表 1 不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮含量

溶剂	含量(mg/g)	
	总多酚	总黄酮
蒸馏水	1.89±0.13c	1.98±0.02e
70% 甲醇	2.61±0.10e	1.66±0.03b
70% 乙醇	3.28±0.19f	1.94±0.02e
70% 丙酮	2.16±0.15d	1.87±0.02d
甲醇	1.14±0.07a	1.34±0.03a
乙醇	1.54±0.13b	1.85±0.02d
丙酮	1.27±0.07a	1.77±0.03c

注:同列数据后不同小写字母表示各处理间差异显著($P<0.05$)。表 2、表 3、表 4 同。

2.2 不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮对 DPPH 的清除能力

由表 2 可知,不同溶剂提取物中,总多酚对 DPPH 清除能力为 34.46%~90.25%,清除能力较高的是以 70% 甲醇、70% 乙醇为溶剂时,分别为 90.25%、90.13%,两者间差异不显著;较低的是以甲醇、乙醇、丙酮、蒸馏水为溶剂时,且它们之间差异不显著。不同溶剂提取物中,总黄酮对 DPPH 的清除能力为 75.36%~87.34%,清除能力较高的是以蒸馏水、70% 乙醇为溶剂时,分别为 87.34%、87.15%,且两者之间差异不显著;清除能力较低的是以甲醇、丙酮为溶剂时,且两者之间差异不显著。

2.3 不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮对羟基自由基的清除能力

由表 3 可知,不同溶剂提取物总多酚对羟基自由基清除能

表 2 不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮的 DPPH 清除能力

溶剂	DPPH 清除能力(%)	
	总多酚	总黄酮
蒸馏水	34.53±0.06a	87.34±0.36d
70% 甲醇	90.25±0.05c	78.98±0.29bc
70% 乙醇	90.13±0.14c	87.15±2.68d
70% 丙酮	83.46±0.19b	78.49±1.18b
甲醇	34.55±0.07a	76.21±0.93a
乙醇	34.57±0.03a	80.82±0.54c
丙酮	34.46±0.24a	75.36±0.89a

表 3 不同溶剂提取物总多酚、总黄酮对羟基自由基的清除能力

溶剂	羟基自由基清除率(%)	
	总多酚	总黄酮
蒸馏水	17.15±0.01a	50.09±0.16c
70% 甲醇	75.08±0.11d	52.13±0.03e
70% 乙醇	75.23±0.17d	55.26±0.17g
70% 丙酮	56.33±0.26c	51.48±0.24d
甲醇	19.78±0.12b	47.82±0.08a
乙醇	19.85±0.09b	52.73±0.21f
丙酮	19.71±0.03b	49.01±0.19b

力不同,清除能力较高的是以 70% 甲醇、70% 乙醇为溶剂时,清除能力分别为 75.08%、75.23%,且两者之间差异不显著;最低的是以蒸馏水为溶剂时,其清除能力为 17.15%。不同溶剂提取物总黄酮对羟基自由基的清除能力不同,不同溶剂间存在差异显著性,以 70% 乙醇为溶剂时,清除能力最高,为 55.26%;以甲醇为溶剂时,其羟基自由基清除能力最低,为 47.82%。

2.4 不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮的铁还原能力

由表 4 可知,不同溶剂提取物中总多酚对铁还原能力最高的是以 70% 甲醇为溶剂时,最低的是以丙酮为溶剂时,其中以甲醇、丙酮和蒸馏水为溶剂时,提取物中总多酚对铁还原能力差异不显著。不同溶剂提取物中总黄酮对铁还原能力最高的是以 70% 丙酮为溶剂时,其次是以丙酮、70% 乙醇为溶剂时,对铁还原能力最低的是以蒸馏水为溶剂时,不同溶剂间总黄酮对铁还原能力存在显著差异。

表 4 不同溶剂提取物中总多酚、黄酮铁还原能力测定

溶剂	铁还原能力($D_{700\text{ nm}}$)	
	总多酚	总黄酮
蒸馏水	0.133±0.012a	0.056±0.003a
70% 甲醇	0.819±0.010e	0.102±0.003c
70% 乙醇	0.758±0.030d	0.279±0.008e
70% 丙酮	0.552±0.027c	0.308±0.002g
甲醇	0.158±0.021a	0.086±0.005b
乙醇	0.460±0.018b	0.261±0.003d
丙酮	0.129±0.022a	0.295±0.007f

2.5 不同溶剂提取物总多酚、总黄酮含量与抗氧化活性的相关性分析

由表 5 可知,相关系数的大小可反映不同溶剂提取物中总多酚、总黄酮含量与抗氧化活性之间的相关性,系数越大,相关性越强。不同溶剂提取物中总多酚含量与其 DPPH 清除能力、羟基自由基清除能力、铁还原能力间存在显著相关性,而总黄酮含量与其 DPPH 清除能力、羟基自由基清除能力、铁还原能力间没有显著相关性。

表 5 不同溶剂提取物总多酚、总黄酮含量与抗氧化活性的相关性

抗氧化活性	相关系数	
	总多酚含量	总黄酮含量
DPPH 清除能力	0.876 **	0.690
羟基自由基清除能力	0.899 **	0.600
铁还原力	0.842 *	0.403

注：*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平显著相关。

3 讨论

目前,有机溶剂萃取法是国内外提取总多酚、总黄酮使用最广泛的方法,常用的有机溶剂有甲醇、乙醇、丙酮及它们的水溶液^[18-19],本试验选取的溶剂与其相符。溶剂提取法的依据是相似相溶原理,由于不同溶剂其极性、分散性等性质的差异导致其对藜麦种子中的多酚、黄酮类物质的提取具有选择性。目前对于藜麦总多酚、总黄酮类物质的研究均使用的是单一溶剂,本试验通过超声波浸提方法,利用不同有机溶剂提取藜麦种子中总多酚、总黄酮类物质并对其抗氧化活性进行研究。试验结果表明,不同有机溶剂提取的总多酚、总黄酮类物质的含量不同,这一结果与不同有机溶剂提取高粱米中的提取物结果^[20]一致。不同有机溶剂提取出的总多酚、总黄酮类物质对 DPPH、羟基自由基均具有一定的清除能力,且具有一定的铁还原能力,这一结果与前人研究结果^[11,21]一致,不同有机溶剂提取出的总多酚、总黄酮类物质其抗氧化活性间存在一定差异。相关性分析表明,总多酚含量与抗氧化活性具有显著的相关性,而总黄酮类物质的含量与抗氧化活性间的相关性较低,这是由于不同溶剂提取出的黄酮种类和物质的含量不同,导致其本身性质不同,不同种类的抗氧化活性不同,所以其含量与抗氧化活性间的相关性较低。根据本试验比较 7 种不同溶剂提取总多酚、总黄酮类物质的含量及其抗氧化活性结果表明,70% 乙醇适合作藜麦种子提取物及其抗氧化活性研究的溶剂。藜麦作为最适宜人类的全营养食品,其抗氧化活性成分还须进一步分离鉴定,抗氧化活性作用及抗氧化机理还须进一步探讨。

4 结论

试验结果表明,利用不同溶剂提取的藜麦种子提取物中总多酚、总黄酮含量与其抗氧化活性间存在一定差异。70% 甲醇、70% 乙醇作溶剂时,总多酚含量较高,分别为 2.61、3.28 mg/g,其抗氧化活性较高,相关性研究表明,总多酚含量与抗氧化活性相关性较高;不同溶剂提取物中,总黄酮含量较高的是以蒸馏水、70% 乙醇为溶剂时,分别为羟基自由基清除能力、铁还原能力比 70% 乙醇提取物差 1.98、1.94 mg/g,且两者之间无显著差异,但在蒸馏水提取物中,总黄酮的抗氧化性较差,考虑食品安全,甲醇是有毒物质,因此 70% 乙醇是最适宜藜麦种子中总多酚、总黄酮类物质提取的溶剂。

参考文献:

[1]王黎明,马 宁,李 颂,等. 藜麦的营养价值及其应用前景[J]. 食品工业科技,2014,35(1):381-384,389.
[2]Nascimento A C,Mota C,Coelho I,et al. Characterisation of nutrient

profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: proximates, minerals and trace elements [J]. Food Chemistry,2014,148:420-426.
[3]Navruz - Varli S,Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Journal of Cereal Science, 2016,69:371-376.
[4]Berti C,Riso P,Brusamolino A,et al. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products [J]. British Journal of Nutrition,2005,94(5):850-858.
[5]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.
[6]Tang Y,Li X H,Zhang B,et al. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes[J]. Food Chemistry,2015,166:380-388.
[7]陆敏佳,蒋玉蓉,袁俊杰,等. 藜麦叶片多酚最佳提取工艺及其抗氧化性研究[J]. 中国粮油学报,2016,31(1):101-106.
[8]陆敏佳,蒋玉蓉,陈国林,等. 藜麦叶片黄酮类物质的提取及基因型差异[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(4):534-540.
[9]阙森琳,蒋玉蓉,曹美丽,等. 响应面试验优化藜麦种子多酚提取工艺及其品种差异[J]. 食品科学,2016,37(4):7-12.
[10]董 晶,张 焱,曹赵茹,等. 藜麦总黄酮的超声波法提取及抗氧化活性[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):267-269.
[11]相启森,张丽华,姜亭亭,等. 藜麦提取物体外抗氧化活性研究 [J]. 食品工业科技,2016,37(2):78-81.
[12]Li W D,Wei C L,White P J,et al. High - amylose corn exhibits better antioxidant activity than typical and waxy genotypes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2007,55(2):291-298.
[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]Payet B,Shum C S A,Smadja J. Comparison of the concentrations of phenolic constituents in cane sugar manufacturing products with their antioxidant activities [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(19):7270-7276.
[15]Locatelli M,Gindro R,Travaglia F,et al. Study of the DPPH · - scavenging activity: development of a free software for the correct interpretation of data[J]. Food Chemistry,2009,114(3):889-897.
[16]田 成. 桂花果实多酚的超声波提取及抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2011,32(24):106-110.
[17]Oyaizu M. Studies on products of browning reaction. Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine [J]. The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics,1986,44(6):307-315.
[18]吕雨晴,许海丹,鲍 洁. 不同方法提取苦丁茶黄酮及其抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵科技,2016,52(4):37-40.
[19]宋 莉,倪世峰,李亚君,等. 夏枯草不同溶剂提取物抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发,2016,37(17):32-35.
[20]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.
[21]徐洪宇,朱丽蓉,董娟娥,等. 楸树种子油中活性成分及其粕中黄酮类成分研究[J]. 中国粮油学报,2016,31(2):64-69.