

藜麦叶片黄酮类物质的提取及基因型差异

陆敏佳¹, 蒋玉蓉¹, 陈国林¹, 毛 前², 陆国权¹

(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: 为了优化藜麦 *Chenopodium quinoa* 叶片黄酮的乙醇提取工艺和分析基因型间的差异, 为藜麦黄酮的开发和高黄酮的品种筛选提供理论依据, 采用 3 因子 3 水平正交试验设计, 探讨了乙醇体积分数、料液比和浸提时间等因素对藜麦叶片黄酮提取率的影响; 并采用最佳提取条件, 对 10 个不同基因型品种藜麦的叶片黄酮得率进行了比较分析。结果表明: 藜麦叶片黄酮最佳提取条件为体积分数 70% 乙醇, 1:40 料液比, 80 °C 水浴下回流浸提 0.5 h。在优化条件下, 1 次提取工艺得率达 85% 以上。各因素对叶片黄酮提取率的影响程度依次为: 浸提时间 > 乙醇体积分数 > 料液比。比较结果发现: 藜麦叶片黄酮得率存在明显基因型差异, 其中品种 PI814932 的叶片黄酮类物质得率最高, 达 0.933%。所测藜麦品种的叶片黄酮平均得率为 0.619%, 变异系数为 34.44%。研究表明: 乙醇回流法适于提取藜麦总黄酮类化合物。表 4 参 29

关键词: 植物学; 藜麦; 黄酮; 提取条件; 基因型差异

中图分类号: S519 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2014)04-0534-07

Flavonoid extraction and flavonoid content with genotypic variation from *Chenopodium quinoa* leaves

LU Minjia¹, JIANG Yurong¹, CHEN Guolin¹, MAO Qian², LU Guoquan¹

(1. School of Agricultural and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Department of Hydraulic Engineering, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: The suitable technology of extracting flavonoids from *Chenopodium quinoa* leaves using the ethanol reflux extraction method, as well as the analysis of flavonoid content with genotypic variation, were studied in the paper. The research aims to provide theoretical basis for flavonoids exploitation from *C. quinoa* and high-flavonoid variety screening. The effect of each factor such as ethanol concentration, extracting time and ratio of sample with ethanol solution on flavonoid extraction from *C. quinoa* was investigated using the orthogonal design $L_9(3^3)$ test. Moreover, flavonoids from *C. quinoa* leaves of ten different genotypes were extracted by the optimum extraction method and were subsequently analyzed for averages and coefficient of variation (CV). Results showed that optimum extracting conditions consisted of an extracting reagent of 70% ethanol, an extracting temperature of water-based heating of 80 °C, a ratio of the leaf power to reagent of 1:40, and an extraction time of 0.5 h. For the extraction rate of flavonoids from *C. quinoa* leaves extracting time > ethanol concentration > ratio of sample to the ethanol solution. In one extraction cycle with optimum extracting conditions, the flavonoid extraction rate reached more than 85%. Additionally, extraction yields of flavonoids from different

收稿日期: 2013-10-13; 修回日期: 2013-11-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31301372); 浙江省重大科技专项计划项目(2011C12030); 浙江农林大学科研发展基金资助项目(2012FK001)

作者简介: 陆敏佳, 从事种子科学研究。E-mail: 1035660826@qq.com。通信作者: 蒋玉蓉, 博士, 从事植物分子育种和种质创新研究。E-mail: yurongjiang746@126.com

genotypes different with cultivar 'PI814932' having the highest flavonoid extraction rate (0.933%). The average extraction rate of flavonoids from leaves of the ten tested varieties was 0.619%, and the CV was up to 34.44%. Hence, the ethanol reflux extraction method was suitable for flavonoid extraction from *C. quinoa* leaves. [Ch, 4 tab. 29 ref.]

Key words: botany; *Chenopodium quinoa*; flavonoid; extraction conditions; genotype variation

藜麦 *Chenopodium quinoa* 又称南美藜、藜谷、奎奴亚藜等, 是 1 年生的藜科 Chenopodiaceae 草本作物, 在安第斯山脉种植已有 5 000 多年的历史, 被印加人称为“谷物之母”和“安第斯山的真金”^[1-2]。藜麦蛋白质含量高, 具有近乎完美的氨基酸组成, 富含不饱和脂肪酸、类黄酮、维生素 E 等多种有益化合物, 是联合国粮农组织认定的唯一的完美营养食品, 被誉为“未来的超级谷物”“营养黄金”“有机谷类之王”等^[3-4]。长期食用藜麦, 对心脏病、高血压、高血糖、高血脂等有很好的防治作用。藜麦喜热带、亚热带干湿气候, 生长温度为 2.0~35.0 ℃, 生长适温 14.0~18.0 ℃, 在营养生长阶段可耐轻度霜冻(-1.0~0 ℃), 在种子结实之后可耐-6.0 ℃低温, 对盐碱、干旱、霜冻、病虫害等的抗性能力都很强, 植株在自然肥力低的情况下仍能生长良好^[5]。由于藜麦的营养价值在提供粮食和营养安全等方面的突出作用, 联合国大会宣布 2013 为“国际藜麦年”^[6]。黄酮类化合物是一种生理活性活泼的物质, 具有降低血管脆性及异常的通透性、降血压、降血脂及胆固醇、抗病毒、抗炎、抗癌防癌、抗氧化等药理作用, 尤以对心脑血管疾病的治疗作用而备受重视^[7-8]。研究者已用不同方法在银杏 *Ginkgo biloba*^[9], 甘薯 *Ipomoea batatas*^[8], 花生 *Arachis hypogaea*^[10], 大蒜 *Allium sativum*^[11], 荞麦 *Fagopyrum esculentum*^[12], 小白菜 *Brassica rapa chinensis*^[13], 金银花 *Lonicera japonica*^[14] 以及豆科 Leguminosae 植物^[15-16] 中等进行了黄酮提取和含量测定。藜麦谷粒中比较丰富的类黄酮物质异黄酮和维生素 E 组合可明显促进糖、脂代谢和胰岛素分泌, 对糖尿病的治疗作用明显^[17-19]。然而, 有关藜麦黄酮类化合物的研究国内外报道甚少^[20]。本研究着重讨论藜麦叶片黄酮类物质的提取和测定方法, 进而分析基因型间的差异, 为藜麦叶片黄酮类物质的开发利用和高黄酮高氧化性资源的筛选提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

藜麦盆栽 40 d 后, 摘取新鲜叶片, 于阴凉通风处晾干后, 置于 80 ℃ 鼓风烘箱中干燥 12 h, 取出后用粉碎机充分粉碎, 过 0.5 mm 孔筛筛选, 装入干燥器皿中备用。

1.2 试剂及仪器

主要试剂: 芦丁对照品购自国药集团化学试剂有限公司; 亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、乙醇等试剂均为国产分析纯。

主要仪器: DHG 9123A 电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司)、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)、TDL-40B 台式离心机(上海安亭科学仪器厂)、752PC 紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司)。

1.3 藜麦类黄酮的提取

以藜麦品种 PI814932 为材料, 精确称取其全粉 1.00 g, 置于圆底烧瓶中。采用水浴回流加热法进行提取试验。选择影响藜麦叶片黄酮得率的主要因素如乙醇体积分数、料液比、浸提时间等 3 个因素为考察因子, 按照 $L_9(3^3)$ 正交表安排不同提取条件试验(表 1), 以确定最佳提取条件。

1.4 藜麦总黄酮量的测定

鉴于目前以芦丁为标样的比色法是测定黄酮得率最常用的方法^[21], 本研究仍沿用该法来测定藜麦总黄酮得率。准确称取芦丁标准试剂 5.000 mg, 用体积分数为 60% 乙醇完全溶解后定容至 50.0 mL, 摇匀的质量浓度为 0.1 g·L⁻¹ 的芦丁标准溶液。分别吸取芦丁标准溶液 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mL 于 6 只 10.0 mL 刻度试管中, 用体积分数为 60% 乙醇补至 5.0 mL, 加入质量分数为 5% 的亚硝酸钠溶液 0.3 mL, 摇匀, 放置 6 min 后加入质量分数为 10% 的硝酸铝溶液 0.3 mL, 放置 6 min, 再加入 1.0 mol·L⁻¹ 氢氧化钠溶液 4.0 mL, 混匀, 再加体积分数为 60% 的乙醇 0.4 mL, 室温放置 15 min 后于波长 501 nm 处

测定其吸光度,以体积分数为60%乙醇溶液为空白对照,建立测定标准曲线和线性回归方程。测定时,以不同的样品液代替芦丁标准溶液,其他步骤与制作芦丁标准方程相同。计算公式如下:总黄酮得率(%) = $(C \times V_1 \times V_2 \times 10^{-3}) / (W / V_0) \times 100$ 。其中: C 为测定样液的质量浓度($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); V_0 为测定吸光度所用样液的体积(mL); V_1 为测定时稀释体积(mL); V_2 为样液定容后体积(mL); W 为样品质量(g)。

表1 $L_9(3^3)$ 正交表和实验结果Table1 Orthogonal table $L_9(3^3)$ and experimental results

试验编号	乙醇体积分数(A)/%	时间(B)/h	料液比(C)	总黄酮得率/%
1	30	0.5	1:80	0.499
2	30	1.0	1:40	0.594
3	30	1.5	1:60	0.411
4	70	0.5	1:40	0.936
5	70	1.0	1:60	0.733
6	70	1.5	1:80	0.476
7	95	0.5	1:60	0.877
8	95	1.0	1:80	0.625
9	95	1.5	1:40	0.501
K1	1.504 0	2.312 0	2.031 0	
K2	2.145 0	1.952 0	2.021 0	
K3	2.003 0	1.388 0	1.600 0	
R_j	0.214 0	0.308 0	0.144 0	

说明: K 为第“ j ”列因素3水平所对应的试验指标和; R_j 为第“ j ”列因素的极差。

1.5 藜麦重复性试验及其加样回收率试验

精确称取藜麦品种‘TEMUCO Quinoa TRADITIONAL’共6份相同样品,按上述最佳提取和测定方法进行重复性试验,验证可靠性。选上述藜麦品种‘TEMUCO Quinoa TRADITIONAL’,设定不同加入量,6次重复,加入已知量芦丁样液,计算回收率,黄酮提取和测定方法同上。

1.6 藜麦黄酮得率的基因型差异

选择‘TEMUCO Quinoa TRADITIONAL’‘QuinoaB.Rain Sow’‘Temuco’‘1591 Quinoa Cherry’‘Tomico Quinoa’‘CQ-TEMVCC’‘PI814932’‘PI596293’‘Tumuco(7)hybrids’‘PsI596498’10个不同基因型藜麦品种,统一播种和管理,采用上述同样方法进行制样。然后采用确定的最优提取工艺,对所选藜麦品种进行提取,分析藜麦叶片黄酮得率的基因型差异。

2 结果与分析

2.1 芦丁标准曲线的确定

芦丁在0~50.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 质量浓度范围内,以吸光值(y)为纵坐标,芦丁标准品质量浓度(x)为横坐标,绘制标准曲线,得到回归方程: $y=13.771x-0.0136$ ($R^2=0.9980$)。该结果表明:芦丁在该质量浓度范围内吸光度值与质量浓度之间存在良好的线性关系。

2.2 最佳提取条件的确定

选用30%,70%和95%3个有代表性的乙醇体积分数作为提取液。因乙醇沸点在80℃左右,采用水浴热回流法(80~90℃)提取对它影响很小,因此,温度因素可不考虑在内。其他提取条件为提取时间和料液比。利用3因子3水平正交试验研究各因素对工艺的影响,同时为明确影响提取得率的显著性因子,对正交表中的黄酮得率作方差分析。结果分别见表1和表2。

由表2可知: $F_B > F_{0.1}$,因素B对黄酮提取量的影响显著, $F_{0.2} < F_A < F_{0.1}$,因素A对黄酮提取量有一定的影响,但不显著。由表1可知, $R_B > R_A > R_C$,据此,可确定各因素对黄酮提取量影响主次顺序为 $B > A > C$ 。

2.2.1 浸提时间的选择 由表1可知:提取时间为0.5h时黄酮得率最高,其后逐渐降低。因此,提取

时间以 0.5 h 为佳。延长浸提时间, 可能由于黄酮降解, 从而降低了提取量^[8]。

2 藜麦总黄酮得率的方差分析

Table 2 Variation analysis of extraction rate of flavonoids in quinoa

方差来源	平方和(S)	自由度(f)	均方(s/f)	F 值	临界值
乙醇体积分数(A)	0.075 5	2	0.037 8	6.51	$F_{0.05}(2,2)=19$
时间(B)	0.144 6	2	0.072 3	12.47	$F_{0.1}(2,2)=9$
料液比(C)	0.040 3	2	0.020 2	3.47	$F_{0.2}(2,2)=4$
误差	0.011 6	2	0.005 8		
总和	0.272 0	8			

2.2.2 乙醇体积分数的选择 由表2可知: 乙醇体积分数对指标具有一定的影响。根据表1和因素A的数据, 乙醇体积分数为30%~70%时, 黄酮得率剧增; 而乙醇体积分数为70%~95%时, 黄酮得率明显下降, 显现一个抛物线变化的趋势。因此, 确定乙醇最佳体积分数为70%。

2.2.3 料液比的选择 由表2可知: 料液比对指标影响不显著。当对不同料液比进行试验时, 发现料液比在1:40时, 黄酮-得率略高于料液比为1:60, 其后随着料液比的增加黄酮-得率逐渐降低。因此, 从节约材料与药品综合比较后, 确定最适料液比为1:40。

综上所述, 藜麦总黄酮得率的最优提取条件为: 乙醇体积分数70%, 浸泡时间0.5 h, 料液比1:40。

2.3 藜麦总黄酮得率的测定方法

根据已获得的芦丁标准曲线与线性回归方程, 计算出每毫升提取液中的总黄酮含量, 再根据公式计算总黄酮得率。为验证比色法测定黄酮得率的可靠性, 进行了6次重复性试验和回收率试验。实验结果显示: 在波长510 nm条件下, 各重复实验组的吸光度值分别为0.638, 0.637, 0.635, 0.637, 0.634, 0.639。结果证明了比色法测定的可靠性; 从回收率结果(表3)可以看出, 本测定方法各处理的回收率均接近100%, 重现性也较高。综合上述, 本法适用于测定藜麦黄酮类化合物的得率。

表3 藜麦黄酮分析的回收率实验结果

Table 3 Experimental results of recovery in extraction rate of flavonoids in quinoa

试验编号	样品中含量/mg	加入芦丁量/mg	测得量/mg	回收率/%	平均回收率/%	相对标准偏差/%
1	7.134	0.100	7.441	102.86	100.25	4.22
2	14.268	0.100	13.415	93.37		
3	7.039	0.100	7.441	104.23		
4	14.078	0.100	14.265	100.61		
5	7.998	0.100	8.368	103.33		
6	15.996	0.100	15.630	97.10		

2.4 藜麦黄酮得率的基因型差异分析

表4列出了10个藜麦品种的黄酮得率。由表4可知: 藜麦黄酮得率在基因型间存在很大差异, 变幅为0.215%~0.933%, 平均为0.619%, 变异系数达34.44%。其中, 以品种‘PI814932’的总黄酮得率最高, 达0.933%。其次为‘QuinoaB. Rain Sow’和‘Temuco’, 分别列第2位和3位, 但两者基因型黄酮得率差异不大。紧随其后的分别是品种‘1591 Quinoa Cherry’和‘TEMUCO Quinoa TRADITIONAL’。品种‘Tomico Quinoa’和‘CQ-TEMVCC’的基因型黄酮得率相近, 分别排列第8位和第9位。而叶片表面覆有紫色粉层的‘PI596498’品种的总黄酮得率最低, 为0.215%, 藜麦总黄酮得率可能与其叶片表面的紫色粉层有关。

3 讨论与小结

黄酮类化合物因其独特的保健功能而越来越得到人们的重视^[8]。藜麦被认为是最适宜人类的完美“全营养食品”, 是最具潜力的农作物之一。藜麦种子及新芽中的花青素、总多酚有较高的抗氧化性, 可以作为传统食物的替代品, 具有很高的营养价值^[22]。藜麦的叶子可当蔬菜吃, 与菠菜 *Spinacia oleracea* 叶子相似, 既可用来凉拌生食, 又是新鲜蔬菜的色拉的理想原料。本研究首次对藜麦的不同基因型

品种的叶片黄酮得率进行了测定比较。参照国内外提取黄酮的多种方法^[23-24], 紫外可见分光光度法操作

表 4 藜麦黄酮得率的基因型差异

Table 4 Genotype variation of extraction yields of flavonoids in quinoa

品种	叶表情况	叶形状	总黄酮得率/%
TEMUCO Quinoa TRADITIONAL	绿色	提琴形锯齿状	0.635
QuinoaB.Rain Sow	绿色	提琴形锯齿状	0.818
Temuco	绿色	提琴形锯齿状	0.805
1591 Quinoa Cherry	绿色	提琴形锯齿状	0.751
Tomico Quinoa	绿色	提琴形锯齿状	0.472
CQ-TEMVCC	绿色	提琴形锯齿状	0.477
PI814932	绿色	提琴形锯齿状	0.933
PI596293	绿色	提琴形锯齿状	0.512
Tumuco(7)hybrids	绿色	提琴形锯齿状	0.572
PI596498	绿色(表面覆有紫色粉层)	卵形略有锯齿	0.215
平均值			0.619
变异系数/%			34.44

简单方便, 标准对照品易得, 结果可靠, 是黄酮类化合物的定量分子最常用的方法之一^[25]。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。本研究表明, 藜麦黄酮类化合物的提取率与乙醇体积分数、提取时间和料液比有关。经采用 3 因素 3 水平正交试验, 其最佳提取工艺是乙醇体积分数 70%, 提取时间 0.5 h, 料液比 1:40, 且一次提取即可使得率达 85% 以上, 这为藜麦黄酮类化合物的开发利用提供了理论依据和工艺参数。

黄酮得率的比色法测定比较简单可靠, 但易受脂类物质的干扰^[8]。从重复性试验和回收率试验中可看出, 比色法适于测定藜麦总黄酮得率, 且具有良好的重现性和稳定性。说明藜麦叶片中含脂量不足以影响藜麦黄酮的提取和测定。研究表明: ‘PI814932’ 品种的黄酮提取量最高, 达 0.933%, 该含量高于赧桐 *Clerodendrum japonicum* 根^[24], 鲜青蒿 *Artemisia carvifolia*^[26], 甜菜 *Beta vulgaris*^[27] 等的黄酮含量。不同品种间藜麦叶片黄酮得率差异系数达 34.44%, 说明通过适当的育种改良途径和方法, 可以筛选到高黄酮高抗氧化性藜麦品种。藜麦黄酮提取量还可能受叶片粉质层的成分、叶片中叶绿素、花青苷、类胡萝卜素含量^[28]以及内酯含量大小的遗传和环境因子^[29]等因素影响。本项目将对不同生长发育时期的藜麦叶片黄酮含量变化, 以及叶片和种子黄酮含量的相关性作进一步研究, 更好地促进藜麦作为一种保健的多功能多方面可利用的食物源的大力开发。

参考文献:

- [1] 朱剑宏. 南美藜的化学组成和营养价值[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2002, 21(2): 24 - 28.
ZHU Jianhong. The chemical composition and nutrition of quinoa [J]. *J Chengdu Univ Nat Sci*, 2002, 21(2): 24 - 28.
- [2] VEGA-GÁLVEZ A, MIRANDA M, VERGARA J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review [J]. *J Sci Food Agric*, 2010, 90(15): 2541 - 2547.
- [3] OSHODI A A, OGUNGBENLE H N, OLADIMEJI M O. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamun radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 1999, 50(5): 325 - 331.
- [4] 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 Chem*, 2007, 100(4): 1350 - 1355.
- [5] JACOBSEN S E, MUJICA A, JENSEN C R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors [J]. *Food Rev Int*, 2003, 19(1/2): 99 - 109.
- [6] 王晨静, 赵习武, 陆国权, 等. 多功能藜麦的研究进展[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 296 - 301.
WANG Chenjing, ZHAO Xiwu, LU Guoquan, et al. A review of characteristics and utilization of *Chenopodium quinoa* [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2014, 31(2): 296 - 301.

- [7] 刘步东, 李登昌, 丁宁. 勿忘我花中总黄酮含量测定[J]. 中兽医医药杂志, 2013(1): 41 - 42.
LIU Budong, LI Dengchang, DING Ning. Content determination of total flavonoid in *Myosotis sylvatica* flower [J]. *J Trad Chin Vet Med*, 2013(1): 41 - 42.
- [8] 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.
LU Guoquan, REN Yun, TANG Zhonghou, *et al.* Flavonoid extraction and flavonoid content genotypic variation in sweetpotato storage roots [J]. *J Zhejiang Univ Agric & Life Sci*, 2005, 31(5): 541 - 544.
- [9] 林建原, 季丽红. 响应面优化银杏叶中黄酮的提取工艺[J]. 中国食品学报, 2013, 13(2): 83 - 90.
LIN Jianyuan, JI Lihong. Optimization of flavonoids from *Ginkgo biloba* using response surface analysis [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2013, 13(2): 83 - 90.
- [10] 张斌, 孙兰萍, 马龙, 等. 大孔树脂分离纯化花生壳总黄酮的研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(2): 126 - 130.
ZHANG Bin, SUN Lanping, MA Long, *et al.* Separation and purification of flavonoids from peanut hull by macroporous resins [J]. *J Chin Cereals Oils Assoc*, 2010, 25(2): 126 - 130.
- [11] 高淑云, 徐婷婷. 响应面优选大蒜中黄酮提取工艺研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(3): 44 - 49.
GAO Shuyun, XU Tingting. Optimization of extraction technique of flavonoids from garlic by response surface methodology [J]. *China Condiment*, 2013, 38(3): 44 - 49.
- [12] 王静霞, 黄艳菲, 赵小燕, 等. 荞麦和商品苦荞茶中总黄酮的含量测定[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 58 - 60.
WANG Jingxia, HUANG Yanfei, ZHAO Xiaoyan, *et al.* Determination of total flavonoids in buckwheat and buckwheat goods [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(2): 58 - 60.
- [13] 李长新, 张鲁刚, 孙希禄, 等. 紫色小白菜花青素的提取工艺优化[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(9): 200 - 206.
LI Changxin, ZHANG Lugang, SUN Xilu, *et al.* Optimization of extracting process of anthocyanidin in purple pak-choi [J]. *J Northwest A & F Univ Nat Sci Ed*, 2011, 39(9): 200 - 206.
- [14] 贾霖, 黄国清, 肖军霞. 金银花中黄酮类化合物的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(9): 41 - 43.
JIA Lin, HUANG Guoqing, XIAO Junxia. Study on extraction of flavonoids from honeysuckle [J]. *Food Res Develop*, 2013, 34(9): 41 - 43.
- [15] 李琼. 超声波辅助法提取芸豆种子黄酮类化合物研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(2): 40 - 42.
LI Qiong. Study on the extraction of bioflavonoid compound from seeds of kidney beans by the super-sonic wave auxiliary method [J]. *Food Res Develop*, 2012, 33(2): 40 - 42.
- [16] 任顺成, 王鹏, 王国良, 等. 常用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.
REN Shuncheng, WANG Peng, WANG Guoliang, *et al.* Determination of flavonoid contents in common edible legumes [J]. *J Chin Oils Assoc*, 2009, 24(7): 132 - 137.
- [17] de SIMONE F, DINI A, PIZZA C, *et al.* Two flavonol glycosides from *Chenopodium quinoa* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(11): 3690 - 3692.
- [18] OGUNGBENLE H N. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2003, 54(2): 153 - 158.
- [19] HILAL M, PARRADO M F, ROSA M, *et al.* Epidermal lignin deposition in quinoa cotyledons in response to UV-B radiations [J]. *Photochem Photobiol*, 2004, 79(2): 205 - 210.
- [20] JAMES A, LILIAN E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties [J]. *Adv Food Nutr Res*, 2009, 58: 1 - 31.
- [21] 杨美华, 卢充伟, 匡岩巍, 等. 柱色谱-紫外分光光度法测定广金钱草中总黄酮的含量[J]. 中草药, 2004, 35(6): 688 - 690.
YANG Meihua, LU Yanwei, KUANG Yanwei, *et al.* Quantitative determination of total flavonoids in *Desmodium styracifolium* by Column chromatogram-UV spectrophotometry [J]. *Chin Trad Herb Drug*, 2004, 35(6): 688 - 690.
- [22] PAŠKO P, BARTOŇ H, ZAGRODZKI P, *et al.* Antocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth [J]. *Food Chem*, 2009, 115(3): 994 - 998.

- [23] 陈君, 周光明, 杨远高, 等. 离子液体-超声辅助萃取/高效液相色谱法测定白花杜鹃叶中的黄酮[J]. 分析测试学报, 2013, **32**(3): 341 – 345.
CHEN Jun, ZHOU Guangming, YANG Yuangao, *et al.* Simultaneous determination of flavonoids in *Rhododendron mucronatum* leaves by ionic liquid-based ultrasonic-assisted extraction combined with high performance liquid chromatography [J]. *J Instrum Anal*, 2013, **32**(3): 341 – 345.
- [24] 秦祖杰, 梁洁, 孙正伊. 赧桐根中总黄酮的提取工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, **19**(5): 60 – 62.
QIN Zujie, LIANG Jie, SUN Zhengyi. Optimization of extraction technology of total flavones from roots of *Clerodendrum japonicum* [J]. *Chin J Exp Trad Med Form*, 2013, **19**(5): 60 – 62.
- [25] 刘璐, 付明哲, 王侠, 等. 5种棘豆总黄酮含量的测定比较[J]. 草叶科学, 2011, **28**(4): 683 – 686.
LIU Lu, FU Mingzhe, WANG Xia, *et al.* Determination of total flavonoids on 5 species of *Oxytropis* [J]. *Pratacul Sci*, 2011, **28**(4): 683 – 686.
- [26] 陈金娥, 赵金玲, 张海容. 青蒿中黄酮、多酚和V_C含量测定及抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发, 2013, **34**(4): 1 – 3.
CHEN Jin'e, ZHAO Jinling, ZHANG Hairong. Determination of flavonoids, polyphenol and vitamin C and its antioxidant properties of *Atemisia annual* L.[J]. *Food Res Dev*, 2013, **34**(4): 1 – 3.
- [27] 陈全斌, 谭冬明, 李佳, 等. 甜菜植株不同部位总黄酮含量的测定[J]. 林业科技, 2007, **32**(4): 68 – 70.
CHEN Quanbin, TANG Dongming, LI Jia, *et al.* Determination of total flavonoids in the different parts of *Rubus suavisissimus*[J]. *For Sci & Technol*, 2007, **32**(4): 68 – 70.
- [28] 程水源, 王燕, 李俊凯, 等. 银杏叶片色素含量与黄酮含量关系的研究[J]. 林业科学, 2001, **37**(5): 31 – 34.
CHEN Shuiyuan, WANG Yan, LI Junkai, *et al.* Study on the relationship between the flavonoids and pigments in *Ginkgo biloba* leaf [J]. *Sci Silv Sin*, 2001, **37**(5): 31 – 34.
- [29] 谢宝东, 王华田. 银杏不同家系和无性系叶片黄酮与内酯含量变异[J]. 林业科技开发, 2008, **22**(2): 33 – 37.
XIE Baodong, WANG Huatian. Genetic variation of flavonoid and terpene content in *Ginkgo biloba* leaves and growth among various families and clones [J]. *China For Sci Technol*, 2002, **22**(2): 33 – 37.