

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2013)05-0265-08

栽培生理

# 马铃薯皮中黄酮类物质测定及含量

张薇<sup>1\*</sup>, 赵杰<sup>1</sup>, 郭家骏<sup>2</sup>, 文志勇<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学理学院, 湖南 长沙 410128; 2. 东方科技学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 以马铃薯皮为试验材料, 研究了黄酮类化合物提取方法, 获得了提取马铃薯皮中黄酮类化合物的最佳条件, 测量了马铃薯皮中体现抗氧化性的黄酮类化合物的含量。试验中, 对马铃薯皮中黄酮类化合物进行了提取、分离, 以 1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2, 2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl)hydrazyl, DPPH) 的清除率作为马铃薯皮中提取的黄酮类化合物含量及抗氧化活性的评价指标。通过单因素试验, 确定提取溶剂、温度、时间、料液比等对提取结果的影响程度。并在单因素试验的基础上设计 4 因素 3 水平的正交试验, 从而确定马铃薯皮中黄酮类化合物的最佳提取条件。结果表明, 马铃薯皮中黄酮类抗氧化物的提取最佳条件为 50℃ 的温度下用 80% 丙酮溶液按照料液比 1:10 的比例提取, 提取时间为 3 h。在此条件下测得 DPPH 的清除率为 84.62%。在最佳提取条件下提取马铃薯皮中黄酮类化合物, 并测得每克烘干后的马铃薯皮中含有约 10.95 mg 的黄酮类物质, 与其它类果实现果皮中具有相似的抗氧化活性的黄酮类物质的含量相比明显较高。

**关键词:** 马铃薯皮; DPPH; 黄酮类; 提取方法; 抗氧化物质

## Determination and Content of Flavonoids in Potato Peel

ZHANG Wei<sup>1\*</sup>, ZHAO Jie<sup>1</sup>, GUO Jiajun<sup>2</sup>, WEN Zhiyong<sup>1</sup>(1. College of Science, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;  
2. Oriental Institute of Science and Technology, Changsha, Hunan 410128, China)

**Abstract:** The procedure for flavonoid extraction from potato peel was studied and optimal conditions determined using potato as experimental material. In the experiment, flavonoids in potato peel was extracted, separated, and evaluated by clearance of 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2, 2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl) hydrazyl (DPPH). Through single factor experiments, extraction efficiency was studied under different extraction solvents, temperatures, times, as well as the ratios of solid to liquid. An orthogonal experiment was designed based on changes in 4 factors and 3 levels to determine the best conditions for flavonoid extraction in potato peel. The experiment showed that extracted flavonoids in potato peel in 80% acetone solution with the ratio of 1:10 of solid to liquid at 50°C for 3 h could get the ideal result. Under these conditions, the DPPH clearance rate was 84.62% and the content of flavonoids in dried potato peel was 10.95 mg/g DW. Potato peel contained higher flavonoids than other fruit peels which has a similar antioxidant activity.

**Key Words:** potato peel; DPPH; flavonoid; extraction approach; antioxidant

马铃薯皮中含有丰富的抗氧化物质。其中抗氧化物质主要为黄酮类、多酚类和原花青素等, 其中主要的抗氧化物质为黄酮类抗氧化物质, 它是一种天然的抗氧化剂, 对人体具有抗肿瘤、延缓衰老、增强心血管功能, 能治疗慢性前列腺炎, 增强免疫

力, 调解内分泌系统, 并有护肝、抗炎、抗过敏、抑菌、抗病毒等重要的生理保健功效<sup>[1-4]</sup>。是广泛用于生物制药工业的廉价天然抗氧化剂, 可取代部分目前常用的合成抗氧化剂。若是将皮中的黄酮类物质加以开发和利用, 不但可以减少资源的浪费, 还

收稿日期: 2013-10-16

基金项目: 湖南省科学技术厅科技计划项目(2012NK3083)。

作者简介: 张薇(1962-), 女, 教授, 主要从事应用化学研究。

\* 通信作者(Corresponding author): 张薇, E-mail: zhangwei6261@hotmail.com。

可以为马铃薯的加工业提供新的出路。

本研究主要进行马铃薯皮中黄酮类化合物提取、分离、测定及其抗氧化活性的测定。在单因素试验的基础上,以溶剂浓度、提取温度、料液比、提取时间为因素,通过正交试验确定马铃薯皮中黄酮类化合物提取的最佳条件,用丙酮溶液对马铃薯皮中的黄酮类化合物进行提取,用聚酰胺柱层析法对其进行分离和纯化,用紫外可见分光光度法进行定性定量分析,获得马铃薯皮中黄酮类化合物的含量。马铃薯皮中黄酮类化合物抗氧化测试,以 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2,2-Diphenyl-1-(2,4,6-trinitrophenyl)hydrazyl, DPPH)的清除率作为马铃薯中黄酮类化合物抗氧化活性的评价指标进行抗氧化活性测定。本研究为实现对马铃薯皮中黄酮类化合物深度开发和产业化研究打下基础,将产生巨大的经济效益。黄酮类化合物的研究还需要关注生物利用度、代谢动力学、体内的氧化损伤、长期服用产生的慢性后果等。本研究为开发出可靠的、令人信服的系统以精确评估其在人体内的代谢作用是十分必要的。因此,研究马铃薯皮中抗氧化物质具有重要的意义和广阔的发展前景。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

马铃薯块茎购自湖南省长沙市马王堆菜市场。

### 1.2 主要仪器与试剂

主要仪器:UV-2100 紫外分光光度计(德国莱伯泰科(北京)有限公司)。

主要试剂:芦丁(标样,AR,湖南省药品检验局)、DPPH(AR,美国 Sigma 公司)、无水乙醇(AR)、丙酮(AR)、甲醇(AR)、氢氧化钠(AR)、亚硝酸钠(AR)、九水硝酸铝(AR)、聚酰胺树脂等。

5%亚硝酸钠的制备:取 0.535 g 的 99%亚硝酸钠,加入 10 mL 蒸馏水制得。

10%硝酸铝的制备:取 2.175 g 的 99%九水硝酸铝,加入 10 mL 蒸馏水制得。

10%氢氧化钠的制备:取 11.554 g 的 96%氢氧化钠,加入 100 mL 蒸馏水制得。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 马铃薯皮黄酮类物质提取

取马铃薯块茎皮(厚 2 mm) 22 g,切块,破碎,

称取 10 g 于三角瓶中,然后用 80%丙酮溶液于 50℃下浸提黄酮类物质,提取 3 h,再于 50℃下超声波提取 30 min 后,过滤,滤液在旋转蒸发仪中浓缩至约 23 mL,用 200 mL 水溶解上聚酰胺柱,先用 5 倍柱体积的水洗脱,弃去,再用 60%的乙醇溶液 5 倍体积进行洗脱,收集并浓缩至干,得马铃薯皮总黄酮粗样品。

#### 1.3.2 抗氧化试验

DPPH 分子式  $C_{18}H_{12}N_5O_6$ ,分子量 394.32,是暗紫色大棱柱形晶体。DPPH 是一种稳定的自由基,在 517 nm 处有一强吸收,其乙醇溶液呈深紫色。当有自由基清除剂存在时,由于与其单电子配对而使其吸收逐渐消失,其褪色程度与其接受的电子数量成定量关系,因而可用分光光度法进行定量分析。以对 DPPH 的清除率作为马铃薯提取物抗氧化活性的评价指标。DPPH 清除率的计算:

$$\text{DPPH 清除率}(\%) = \left[ 1 - \frac{(\text{DPPH})_t}{(\text{DPPH})_0} \right] \times 100$$

式中  $(\text{DPPH})_t$ : t 时刻体系中 DPPH 的浓度;  
 $(\text{DPPH})_0$ : 0 时刻体系中 DPPH 的起始浓度。

DPPH 标准曲线的制作:准确称取 DPPH 0.0075 g 用甲醇定容至 10 mL 的容量瓶中,得浓度为 0.75 mg/mL 的 DPPH 溶液。分别移取 0.40, 0.80, 1.20, 1.60, 2.00 和 2.40 mL 浓度为 0.75 mg/mL 的 DPPH 溶液,用甲醇溶解定容至 100 mL,得浓度为 0.003(1号), 0.006(2号), 0.009(3号), 0.012(4号), 0.015(5号)和 0.018 mg/mL(6号)DPPH 溶液。在 517 nm 处分别测吸光度,以标准品浓度为横坐标,以吸光度 A 为纵坐标作标准曲线见图 1,得出其回归方程为  $y = 26.324x + 0.0076$ ,  $r^2 = 0.9998$ 。

分别对不同提取溶剂、不同提取温度、不同提取时间、不同料液比和不同提取次数提取得到的抗氧化物质进行清除 DPPH 的活性测定。以对 DPPH 的清除率作为马铃薯提取物抗氧化活性的评价指标。

马铃薯皮中抗氧化物质提取正交试验在单因素试验的基础上,以溶剂浓度、提取温度、料液比、提取时间为因素,DPPH 的清除率为指标,正交试验确定马铃薯中抗氧化物质提取的最佳组合。

#### 1.3.3 黄酮类物质含量的测定

黄酮类化合物广泛存在于生物界,分子中含有

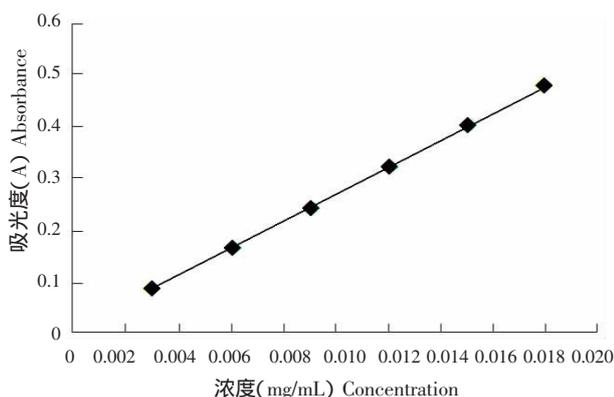


图1 DPPH 标准曲线

Figure 1 DPPH standard curve

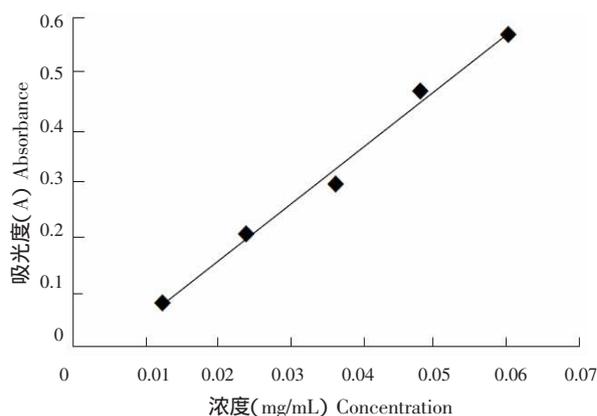


图2 芦丁的标准曲线

Figure 2 Rutin standard curve

酚羟基及吡喃酮环, 由于这些结构单元, 使得黄酮类化合物可以与铝盐、铅盐、镁盐、锆盐等试剂反应, 产生有色络合物, 可采用紫外可见分光光度法定性定量测定黄酮类化合物。本试验在最佳提取方案下提取马铃薯皮中黄酮类化合物, 以芦丁为标准样品, 用紫外可见分光光度法测出马铃薯皮中黄酮类物质的含量。

芦丁标准曲线的绘制: 准确称取芦丁标样 0.0120 g 用 95%乙醇溶液溶解后转移至 100 mL 容量瓶中, 定容, 摇匀, 得对照试液 B。准确吸取 0.00, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 和 5.00 mL, 分别置于 10 mL 的容量瓶中加入 5%亚硝酸钠溶液 0.3 mL, 混匀, 放置 6 min 加入 10%硝酸铝溶液 0.3 mL, 摇匀, 放置 6 min, 加入 10%氢氧化钠溶液 4 mL, 用蒸馏水定容至刻度(浓度分别为 0.000, 0.012, 0.024, 0.036, 0.048 和 0.060 mg/mL), 摇匀, 静置 15 min 后, 在波长 513 nm 处测吸光度, 以标准品浓度为横坐标, 以吸光度 A 为纵坐标做标准曲线见图2, 得出其回归方程为:  $y = 10.275x - 0.0471$ ,  $r^2 = 0.9931$

## 2 结果与分析

### 2.1 样品抗氧化活性测定

称取 0.0060 g DPPH 用甲醇溶解定容至 250 mL 的容量瓶中的, 得浓度为 0.024 mg/mL 的溶液。取样品 0.0097 g 用甲醇溶解, 过滤, 将滤液用甲醇定容至 10 mL。取样品的甲醇溶液 0.2 mL, 加入 7.8 mL 浓度为 0.024 mg/mL DPPH 甲醇溶液, 立即混匀, 用分光光度计于 517 nm 处测定吸光度, 分别测定

表1 在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度

Table 1 Concentration and absorbance of DPPH measured at different times

时间 (min) Time	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
0	0.024	0.637	0
5	0.024	0.630	0
20	0.024	0.627	0
35	0.023	0.590	4.17
50	0.022	0.554	8.33
65	0.022	0.539	8.33

0 min 和 5 min 时的吸光度, 其后每隔 15 min 测一次吸光度直到读数稳定为止(表 1)。

测定结果表明, 在 0~20 min 测定较好。

### 2.2 提取液的选择

按表 2、表 3 进行提取液的选择试验。

测定结果表明, 用不同的提取液 DPPH 清除率不同, 用 80%丙酮提取时 DPPH 清除率最大。

### 2.3 温度的选择

按表 4、表 5 进行提取温度的选择试验。

测定结果表明, 随着温度变化 DPPH 清除率在变化, 温度 60~80 °C 时 DPPH 清除率达最大。

### 2.4 时间的选择

按表 6、表 7 进行提取时间的选择试验。

测定结果表明, 用不同的提取时间 DPPH 清除率不同, 用 80%丙酮提取 2 h DPPH 清除率最大。

### 2.5 料液比的选择

按表 8、表 9 进行提取料液比的选择试验。

表2 提取液的选择  
Table 2 Extract selection

温度(°C) Temperature	样品质量(g) Sample mass	提取液(mL) Extract	时间(h) Time	料液比(质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	提取次数 Extraction times
常温 Room teperature	0.5186	8.25 水	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5673	8.07 60% 乙醇	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5894	8.18 70% 乙醇	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5276	8.08 80% 乙醇	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5653	8.17 60% 丙酮	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5536	8.15 70% 丙酮	2	1 : 15	1
常温 Room teperature	0.5675	8.38 80% 丙酮	2	1 : 15	1

表3 不同提取液在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度  
Table 3 Concentration and absorbance of DPPH for different extracts measured at different times

提取液 Extract	时间(min) Time	浓度(mg/mL) Concentration	吸光度(A) Absorbance	DPPH 清除率(%) DPPH removal rate
水 Water	0	0.024	0.655	0
水 Water	5	0.024	0.645	0
水 Water	10	0.024	0.635	0
60%乙醇 60% Ethanol	0	0.018	0.469	25.0
60%乙醇 60% Ethanol	5	0.018	0.476	25.0
60%乙醇 60% Ethanol	10	0.018	0.478	25.0
70%乙醇 70% Ethanol	0	0.017	0.464	30.0
70%乙醇 70% Ethanol	5	0.017	0.466	30.0
70%乙醇 70% Ethanol	10	0.017	0.467	30.0
80%乙醇 80% Ethanol	0	0.016	0.422	33.3
80%乙醇 80% Ethanol	5	0.016	0.425	33.3
80%乙醇 80% Ethanol	10	0.016	0.425	33.3
60%丙酮 60% Acetone	0	0.017	0.464	30.2
60%丙酮 60% Acetone	5	0.017	0.468	30.2
60%丙酮 60% Acetone	10	0.017	0.467	30.2
70%丙酮 70% Acetone	0	0.014	0.363	41.7
70%丙酮 70% Acetone	5	0.014	0.366	41.7
70%丙酮 70% Acetone	10	0.014	0.366	41.7
80%丙酮 80% Acetone	0	0.011	0.284	54.3
80%丙酮 80% Acetone	5	0.011	0.286	54.2
80%丙酮 80% Acetone	10	0.011	0.285	54.2

测定结果表明,用不同的料液比提取 DPPH 清除率不同,用 80 %丙酮料液比为 1 : 20 或 1 : 25 提取时间 2 h DPPH 清除率最大。

2.6 提取次数的选择

按表 10、表 11 进行提取次数的选择试验。

测定结果表明,不同的提取次数DPPH 清除率变化不大。

2.7 正交试验

在考查了各单因素对马铃薯皮提取物抗氧化性影响的基础上,为了找出各工艺参数的最佳组合,设计了四因素三水平的正交试验(表 12)。

根据正交试验确定最佳提取条件为A3B2C1D3,即用 80 %丙酮、温度 50 °C、料液比 1 : 10 下提取 3 h(表 13)。

表 4 温度的选择

Table 4 Temperature selection

温度 (°C) Temperature	样品质量 (g) Sample mass	80%丙酮 (mL) 80% Acetone	时间 (h) Time	料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	提取次数 Extraction times
20	0.500	7.8	1	1:15	1
30	0.501	8.2	1	1:15	1
40	0.507	7.7	1	1:15	1
50	0.501	7.6	1	1:15	1
60	0.501	7.5	1	1:15	1
70	0.501	7.5	1	1:15	1
80	0.501	7.5	1	1:15	1

表 5 不同温度在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度

Table 5 Concentration and absorbance of the DPPH for different temperatures measured at different times

温度 (°C) Temperature	时间 (min) Time	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
20°C	0	0.007	0.190	70.8
20°C	5	0.006	0.162	75.0
20°C	10	0.006	0.160	75.0
30°C	0	0.007	0.183	70.8
30°C	5	0.006	0.171	75.0
30°C	10	0.006	0.170	75.0
40°C	0	0.006	0.155	75.0
40°C	5	0.005	0.143	79.2
40°C	10	0.005	0.142	79.2
50°C	0	0.004	0.124	83.3
50°C	5	0.004	0.117	83.3
50°C	10	0.004	0.115	83.3
60°C	0	0.003	0.101	87.5
60°C	5	0.003	0.100	87.5
60°C	10	0.003	0.092	87.5
60°C	15	0.003	0.090	87.5
70°C	5	0.003	0.092	87.5
70°C	10	0.003	0.091	87.5
70°C	15	0.003	0.092	87.5
80°C	5	0.003	0.090	87.5
80°C	10	0.003	0.091	87.5
80°C	15	0.003	0.092	87.5

表 6 时间的选择

Table 6 Time selection

温度 (°C) Temperature	样品质量 (g) Sample mass	80%丙酮 (mL) 80% Acetone	时间 (h) Time	料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	提取次数 Extraction times
60	0.500	7.7	1	1:15	1
60	0.501	7.8	2	1:15	1
60	0.498	8.0	3	1:15	1
60	0.505	7.5	4	1:15	1
60	0.501	7.6	5	1:15	1

表7 不同提取时间在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度

Table 7 Concentration and absorbance of the DPPH for different extraction times measured at different times

提取时间 (h) Extraction time	测定时间 (min) Time measured	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
1	0	0.008	0.210	66.70
1	5	0.007	0.202	70.80
1	10	0.007	0.194	70.80
1	15	0.007	0.193	70.80
2	0	0.006	0.177	75.00
2	5	0.006	0.169	75.00
2	10	0.006	0.167	75.00
3	0	0.007	0.192	70.80
3	5	0.007	0.188	70.80
3	10	0.007	0.186	70.80
4	0	0.007	0.201	70.80
4	5	0.007	0.196	70.80
4	10	0.007	0.187	70.80
4	15	0.007	0.185	70.80
5	0	0.008	0.228	68.75
5	5	0.008	0.216	68.75
5	10	0.008	0.204	68.75
5	15	0.007	0.194	70.80
5	20	0.007	0.188	70.80
5	25	0.007	0.186	70.80
5	30	0.007	0.185	70.80

表8 料液比的选择

Table 8 Solid-liquid ratio selection

温度 (°C) Temperature	样品质量 (g) Sample mass	80%丙酮 (mL) 80% Acetone	时间 (h) Time	料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	提取次数 Extraction times
60	0.500	2.4	2	1 : 5	1
60	0.505	5.4	2	1 : 10	1
60	0.496	7.7	2	1 : 15	1
60	0.497	9.6	2	1 : 20	1
60	0.507	12.4	2	1 : 25	1

表9 不同料液比在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度

Table 9 Concentration and absorbance of DPPH for different solid-liquid ratios measured at different times

料液比 (质量比) Solid-liquid ratio	测定时间 (min) Time measured	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
1 : 5	0	0.004	0.124	83.3
1 : 5	5	0.004	0.114	83.3
1 : 5	10	0.004	0.113	83.3
1 : 5	15	0.004	0.113	83.3
1 : 10	0	0.004	0.112	83.3
1 : 10	5	0.004	0.110	83.3
1 : 10	10	0.004	0.110	83.3

续表 9:

料液比 (质量比) Solid-liquid ratio	测定时间 (min) Time measured	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
1:15	0	0.004	0.106	83.3
1:15	5	0.004	0.106	83.3
1:20	0	0.003	0.096	87.5
1:20	5	0.003	0.094	87.5
1:20	10	0.003	0.092	87.5
1:25	0	0.003	0.087	87.5
1:25	5	0.003	0.086	87.5
1:25	10	0.003	0.087	87.5

表 10 提取次数的选择

Table 10 Extraction times selection

温度 (°C) Temperature	样品质量 (g) Sample mass	80%丙酮 (mL) 80%Acetone	时间 (h) Time	料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	提取次数 Extraction times
60	0.500	7.6	2	1:20	1
60	0.500	7.7	2	1:20	2
60	0.506	7.7	2	1:20	3
60	0.512	8.0	2	1:20	4

表 11 不同提取次数在不同时间段测得 DPPH 的浓度和吸光度

Table 11 Concentration and absorbance of DPPH for different extraction times measured at different times

提取次数 Extraction times	时间 (h) Time	浓度 (mg/mL) Concentration	吸光度 (A) Absorbance	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
1次	0	0.003	0.083	87.5
1次	5	0.003	0.080	87.5
1次	10	0.003	0.080	87.5
2次	0	0.003	0.099	87.5
2次	5	0.003	0.093	87.5
2次	10	0.003	0.090	87.5
3次	0	0.003	0.100	87.5
3次	5	0.003	0.095	87.5
3次	10	0.003	0.095	87.5
4次	0	0.003	0.084	87.5
4次	5	0.003	0.083	87.5
4次	10	0.003	0.080	87.5

## 2.8 马铃薯皮中黄酮类物质含量的测定

### 2.8.1 马铃薯皮中黄酮类物质的提取

取烘干后的马铃薯皮 10.058 g, 用 100.037 mL

的 80% 丙酮, 在温度 50 °C 的条件下超声提取 3 h 后过滤。将滤液放入旋转蒸发器中旋干后, 再用 95% 的乙醇溶液定容到 250 mL 的容量瓶中。得备用液 A。

### 2.8.2 总黄酮含量的测定

准确吸取 3.00 mL 马铃薯提取液 A 于 10 mL 容量瓶, 加蒸馏水至刻度线。分别精确量取 2.00 mL, 于 3 个 10 mL 容量瓶中, 分别再加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.3 mL, 混匀, 放置 6 min 加入 10% 硝酸铝溶液 0.3 mL, 摇匀, 放置 6 min, 加入 10% 氢氧化钠溶液 4 mL, 用蒸馏水定容至刻度, 摇匀, 静置 15 min, 在 513 nm 处测定吸光度。测得 1 号浓度为 0.018 mg/mL, 吸光度为 0.134; 2 号浓度为 0.017 mg/mL, 吸光度为 0.132; 3 号浓度为 0.019 mg/mL, 吸光度为 0.147。平均浓度为 0.018 mg/mL。每克烘干后的马铃薯皮中含有 10.95 mg 的黄酮类物质。

## 3 讨论

本试验通过单因素试验和正交试验, 确定了马铃薯皮中抗氧化物提取的最佳工艺。最佳工艺为在 50 °C 下用 80% 丙酮溶液按照料液比 1:10 的比例提取时间 3 h, 并在此条件下测得 DPPH 的清除率为 84.62%。在最佳提取条件下提取马铃薯皮中的黄酮类物质, 测得每克烘干后的马铃薯皮中

表 12 正交试验因素水平

Table 12 Factors and levels in an orthogonal experiment

水平 Level	A 丙酮浓度 (%) Acetone concentration	B 温度 (°C) Temperature	C 料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	D 时间 (h) Time
1	60	40	1:10	1
2	70	50	1:15	2
3	80	60	1:20	3

表 13 正交试验结果和极差分析

Table 13 Results and range analysis of orthogonal experiment

试验号 Test number	A 丙酮浓度 (%) Acetone concentration	B 温度 (°C) Temperature	C 料液比 (质量比) Solid-liquid ratio (mass ratio)	D 时间 (h) Time	DPPH 清除率 (%) DPPH removal rate
1	1	1	1	1	53.84
2	1	2	2	2	61.54
3	1	3	3	3	53.84
4	2	1	2	3	76.92
5	2	2	3	1	76.92
6	2	3	1	2	76.92
7	3	1	3	2	76.92
8	3	2	1	3	84.62
9	3	3	2	1	69.23
K1	56.41	69.23	71.79	66.66	
K2	76.92	74.36	69.23	71.79	
K3	76.92	66.66	69.22	71.79	
R	20.51	7.70	2.57	5.13	

含有 10.95 mg 的黄酮类物质。较苹果皮中的黄酮类物质的含量 1.884 mg/g 要高很多，根据其抗氧化性，说明提取马铃薯中的黄酮类物质更有实用价值。而且较苹果皮中的抗氧化物质的抗氧化能力也要高很多<sup>[14]</sup>。

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 赵艳红, 李建科, 赵维, 等. 常见药食植物提取物体外抗氧化活性的评价 [J]. 食品科学. 2009, 30(3): 104-108.

[ 2 ] 王卓, 顾正彪, 洪雁. 马铃薯渣的开发与利用 [J]. 中国粮油学报, 2007, 22(2): 138-141.

[ 3 ] 金莹, 孙爱东. 苹果多酚清除 DPPH 自由基活性的研究 [J]. 中国酿造, 2006(5): 48-51.

[ 4 ] 李磊, 王岳飞, 梁燕, 等. 天然抗氧化物质的保健功能及抗氧化活性研究进展 [J]. 茶叶, 2008, 34(2): 70-74.

[ 5 ] 龙云飞, 龙丽群, 杨克迪. 山竹果皮提取物抗氧化活性的研究 [J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 127-128.

[ 6 ] 吴琼英, 贾俊强. 柚皮黄酮的超声辅助提取物及其抗氧化性研究 [J]. 食品科学, 2009, 30(2): 29-33.

[ 7 ] 王将, 郑亚军, 冯翠萍. 杏仁皮中黄酮类化合物抗氧化性的研究 [J]. 中国粮油学报, 2010, 25(1): 78-81.

[ 8 ] 塔娜, 李蜀眉, 田维甲, 等. 桔皮中黄酮类化合物抗氧化活性的研究 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2003, 24(2): 96-98.

[ 9 ] 吴琼英, 贾俊强. 柚皮黄酮的超声辅助提取物及其抗氧化性研究 [J]. 食品科学, 2009, 30(2): 29-33.

[ 10 ] 徐贵华, 胡玉霞, 叶兴乾, 等. 椴柑、温州蜜桔果皮中酚类物质组成及抗氧化能力研究 [J]. 食品科学, 2007, 28(11): 171-175.

[ 11 ] 龙云飞, 龙丽群, 杨克迪. 山竹果皮提取物抗氧化活性的研究 [J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 127-128.

[ 12 ] 张泽生, 赵璐, 牟浩, 等. 山竹果皮中抗氧化活性物质的提取分离 [J]. 食品研究与开发, 2009, 30(6): 11-15.

[ 13 ] 李建科, 李国秀, 赵艳红, 等. 石榴皮多酚组成分析及其抗氧化活性 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(11): 4035-4041.

[ 14 ] 王萍, 梁坤, 杨顶成. 苹果皮提取物中抗氧化物质的研究 [J]. 食品工业科技, 2007, 22(1): 27-29.