

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2019.01.013

文章编号:2095-6002(2019)01-0084-06

引用格式:姬妍茹,许博超,杨庆丽,等.黑菊芋多酚提取及抗氧化活性分析[J].食品科学技术学报,2019,37(1):84-89.



JI Yanru, XU Bochao, YANG Qingli, et al. Extraction and antioxidant activities of polyphenols in black Jerusalem artichoke[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019,37(1):84-89.

黑菊芋多酚提取及抗氧化活性分析

姬妍茹¹, 许博超², 杨庆丽¹, 魏连会¹, 石杰¹, 董艳¹, 刘宇峰¹

(1. 黑龙江省科学院大庆分院, 黑龙江大庆 163319;

2. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江大庆 163319)

摘要:采用超声辅助法提取黑菊芋中多酚化合物,选择乙醇体积分数、提取温度、提取时间及料液比4个因素进行单因素实验,并采用正交试验优化提取工艺,确定了黑菊芋总多酚超声提取的较优条件为乙醇体积分数55%、料液比(g/mL)1:35、温度85℃、时间45min,此条件下的提取率为6.26 mg/g。利用此工艺条件提取菊芋多酚,检测结果以干基计算,鲜菊芋的菊芋多酚质量比为1.13 mg/g,黑菊芋的为6.41 mg/g,是鲜菊芋的5.67倍。体外抗氧化实验结果表明,黑菊芋各抗氧化指标均与多酚含量具有较好的相关性,其中还原力相关性最高为0.9946。不同作用量时,黑菊芋对DPPH自由基、羟自由基的清除率和铁离子还原力均显著高于鲜菊芋,分别为同质量鲜菊芋(干重计)的1.08~1.54倍,1.02~1.28倍和2.56~3.98倍。

关键词:菊芋;黑菊芋;多酚;超声辅助提取;体外抗氧化**中图分类号:**TS201.1**文献标志码:**A

菊芋(Jerusalem artichoke)又名洋姜、鬼子姜,块茎含有碳水化合物、氨基酸、维生素等^[1],碳水化合物主要包括菊糖、淀粉、多聚戊糖等,其中菊糖含量最高,占块茎干重的50%~75%^[2],具有降血脂,双向调控血糖,改善肠道,防治便秘等功能^[3]。

随着菊芋产量逐年增大,如何深度加工增加其经济附加值,成为制约菊芋产业发展的关键因素。菊芋的传统加工方式主要是腌制酱菜,近年来新增了菊芋茶包^[4]、菊芋饮料^[5]、菊芋酒^[6]和菊粉等多种加工方式,最常见的是生产菊粉、果糖和低聚果糖^[7]。黑菊芋是以鲜菊芋为原料,利用独特的工艺加工而成,因其色泽黝黑,口感酸甜软弹,类似果脯,也称为“黑菊芋脯”^[8]。黑菊芋的研制成功为菊芋提供了新的加工方式,填补了国际空白,对菊芋产业的发展将产生良好的推动作用,现已明确其主要营养成分和风味物质构成^[9-10],但对活性成分还未开

展研究。

多酚是一类广泛存在于植物体内的多元酚类化合物,被称作“第七类营养素”^[11],具有很强的生物活性,例如抗氧化^[12]、抗菌^[13]、抗炎^[14]、抗癌^[15]等。鲜菊芋中的多酚含量较少,加工成黑菊芋后含量显著提高^[9],实验拟利用超声辅助法提取黑菊芋中多酚类物质,采用正交试验设计进行提取工艺的优化,并以多酚提取液进行DPPH自由基、羟自由基清除能力和铁离子还原力实验,验证其抗氧化功效,以期为成果推广提供理论依据,同时为黑菊芋中多酚类物质的深度开发应用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黑菊芋以江苏省沛县晨玉特种蔬菜有限公司的红果菊芋为原料,利用大庆分院机电研究所自制设

收稿日期:2018-06-11

基金项目:黑龙江省院所基本应用技术研究专项(ZNBZ2017DQ01)。

第一作者:姬妍茹,女,副研究员,主要从事食品生物技术方面的研究。

备生产;福林酚、乙醇、碳酸钠、没食子酸等试剂均为国产分析纯,实验用水均为超纯水。

1.2 仪器与设备

Master-D UF型实验室超纯水机,上海和泰仪器有限公司;HPX-9082MBE型恒温培养箱,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;R201型旋转蒸发器,上海申胜生物技术有限公司;HH-1型数显恒温水浴锅,金坛市盛蓝仪器制造有限公司;LDZX-40SCI型立式自动电热压力蒸汽灭菌器,上海申安医疗仪器厂;DHG-9070A型鼓风干燥箱,上海飞越实验仪器有限公司;ML204型电子分析天平,梅特勒托利多(上海)有限公司;BCD-215T BDZ型冰箱,青岛海尔股份有限公司;GT10-1型高速离心机,北京时代北利离心机有限公司;KQ3200型超声波清洗机,昆山市超声仪器有限公司;Epoch酶标仪,美国BioTek公司。

1.3 实验方法

1.3.1 黑菊芋的制作

将鲜菊芋块茎洗净吹干后,装入密封耐高温塑料袋,放入加工设备中,采用变温加热方式进行加工(在5 h内由室温逐渐升至93℃,历经83、78、60℃三次降温,每个温度保持一定时间,最后再降至室温),总加工时间为15 d,颜色变为黑褐色,再经烘干降低水分至30%左右,得到成品黑菊芋,4℃左右保存备用。

1.3.2 菊芋多酚提取

将黑菊芋切成薄片,用研钵磨成泥状。然后称取0.5 g左右(精确到0.000 1 g),以乙醇水溶液为溶剂进行超声提取。

1.3.3 实验设计

以乙醇体积分数(0、35%、55%、75%、95%),提取温度(25、40、55、70、85℃),料液比(g/mL)(1:5、1:15、1:25、1:35、1:45)、提取时间(15、30、45、60、75 min)为单因素进行实验,并以此为基础进行正交试验,确定黑菊芋多酚的最佳提取工艺。

1.3.4 总多酚含量检测

采用福林酚法,参照国标检测方法,略有改动^[16]。以没食子酸为标准品,准确称取(0.055 ± 0.001) g,用水溶解并用容量瓶定容至50 mL,得1.0 mg/mL标准没食子酸溶液。分别移取0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL,于50 mL容量瓶中制成没食子酸工作液。用移液器分别移取没食子酸工作液、水及测试液各1.0 mL于刻度试管内,加入5.0 mL

的10% Folin-Ciocalteu试剂,摇匀后加入7.5%碳酸钠溶液4.0 mL,加水定容至14.0 mL,摇匀,室温下放置1.0 h后分别测定765 nm处溶液的吸光度。然后以吸光度为纵坐标,对应标准品的含量为横坐标绘制标准曲线。回归方程及标准曲线见图1,总多酚提取率(mg/g)见式(1)。

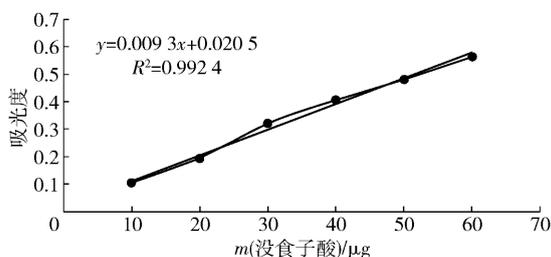


图1 没食子酸标准曲线

Fig. 1 Standard curve of gallic acid

$$\text{总多酚提取率} = \frac{\text{样品中没食子酸质量} \times \text{稀释倍数}}{\text{样品质量} \times 1000} \quad (1)$$

实验中吸取样品液1.0 mL,3次重复,按实验步骤测定其吸光度,以标准曲线计算总多酚含量。

1.3.5 DPPH自由基清除率测定

根据文献^[17],称取一定量的DPPH,用无水乙醇配制成0.2 mmol/L的DPPH溶液。吸取1.0 mL菊芋或黑菊芋多酚提取液,用无水乙醇补至2.0 mL,加入0.2 mmol/L DPPH溶液2.0 mL充分混匀,避光放置30 min,以等体积无水乙醇做空白对照,测定517 nm处的吸光度。清除率计算见式(2):

$$\text{清除率} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中: A_0 为对照组吸光度, A_1 为样品组吸光度。

1.3.6 羟自由基清除率测定

参照文献^[18],吸取1.0 mL的菊芋和黑菊芋多酚提取液于刻度试管中,用超纯水补至2.0 mL,加入10 mmol/L $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 溶液1.0 mL,再加入10 mmol/L水杨酸乙醇溶液1.0 mL,最后加入8.8 mmol/L H_2O_2 溶液1.0 mL启动反应,37℃反应30 min,对照组用超纯水替代菊芋多酚提取液。测定510 nm处的吸光度。清除率计算见式(3):

$$\text{清除率} = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中: A_0 为不加色素的吸光度, A_1 为测定液的吸光度, A_2 为色素本底的吸光度。

1.3.7 铁离子还原力测定

吸取 1.0 mL 的菊芋和黑菊芋多酚提取液于具塞刻度试管中,用超纯水补至 2.0 mL,加入 0.2 mol/L pH 值 6.6 的磷酸盐缓冲溶液和 1% 铁氰化钾溶液各 2.5 mL,混匀后 50 °C 恒温 20 min,立即冷却,加入三氯化铁溶液 2.5 mL,混合后 3 000 r/min 离心 10 min (如无沉淀可不离心),取上清 2.5 mL,加入 2.5 mL 去离子水及 0.5 mL 三氯化铁溶液,迅速混匀,测定 700 nm 处的吸光度,以超纯水作为零参比。

1.3.8 数据处理

采用 SPSS 统计学软件处理分析,组间比较采用 *t* 检验方法, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著,有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 不同提取条件对黑菊芋总多酚提取效果的影响

2.1.1 提取温度与黑菊芋总多酚提取效果的关系

当其他条件一定时,随着超声温度的升高,黑菊芋中总多酚的提取率逐渐上升,当温度为 70 °C 时,总多酚的提取率达到最大值 6.25 mg/g,之后开始缓慢下降,见图 2。因此温度因素选择 55、70、85 °C 3 个水平进行正交试验。

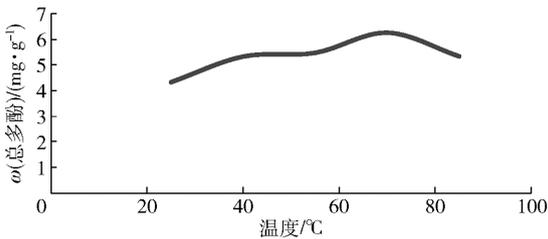


图2 提取温度对黑菊芋总多酚提取效果的影响

Fig. 2 Effects of temperature on extraction yield of polyphenols from black Jerusalem artichoke

2.1.2 乙醇体积分数与黑菊芋总多酚提取效果的关系

当其他条件一定时,随着乙醇体积分数的提高,黑菊芋中总多酚的提取率呈先上升后下降的趋势,乙醇体积分数为 55% 时,提取率最高为 4.98 mg/g,之后逐渐下降,见图 3。因此乙醇体积分数因素选择 35%、55%、75% 3 个水平进行正交试验。

2.1.3 料液比与黑菊芋总多酚提取效果的关系

当其他条件一定时,在乙醇溶液体积达到 25 mL 以前,多酚物质的提取率明显升高,之后随着乙醇体积的增加,提取率变化趋缓,并且有下降的趋

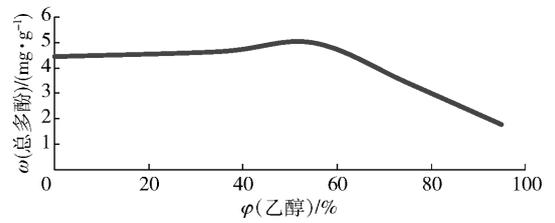


图3 乙醇体积分数对黑菊芋总多酚提取效果的影响
Fig. 3 Effect of ethanol concentrations on extraction yield of polyphenols from black Jerusalem artichoke

势,见图 4。因此料液比因素选择 1:25、1:35、1:45 这 3 个水平进行正交试验。

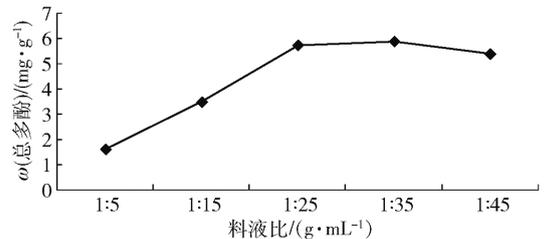


图4 料液比对黑菊芋总多酚提取效果的影响

Fig. 4 Effect of solid-to-liquid ratios on extraction yield of polyphenols from black Jerusalem artichoke

2.1.4 提取时间与黑菊芋总多酚提取效果的关系

当其他条件一定时,随着超声时间的延长,黑菊芋中总多酚的提取率逐渐上升,当时间为 60 min 时,总多酚的提取率达到最大值 5.35 mg/g,之后开始急剧下降,见图 5。因此时间因素选择 45、60、75 min 这 3 个水平进行正交试验。

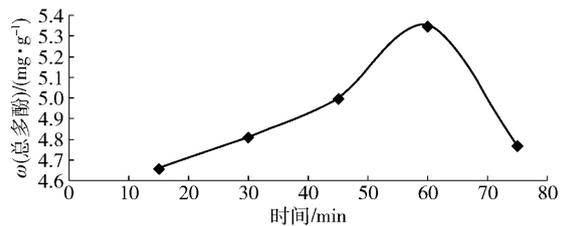


图5 提取时间对黑菊芋总多酚提取效果的影响

Fig. 5 Effects of ultrasonic time on extraction yield of polyphenols from black Jerusalem artichoke

2.2 正交试验结果

在单因素实验结果的基础上,进行四因素三水平正交试验,对超声辅助黑菊芋多酚提取工艺进行正交试验优化,结果见表 1。

从表 1 极差分析结果可以看出,4 个因素对黑菊芋多酚提取率的影响由大到小依次为提取温度 (C)、乙醇体积分数 (A)、提取时间 (B)、料液比 (D)。在正交试验设计范围内,得到超声提取黑菊芋多酚的优化条件为 $A_2B_2C_3D_1$,即乙醇体积分数为

55%, 料液比(g/mL)为1:35, 提取温度为85℃, 提取时间为45 min。

表1 正交试验设计及结果分析

Tab.1 Design and results of orthogonal experiment

处理 序号	A φ (乙醇)/ %	B 料液比/ (g·mL ⁻¹)	C 提取 温度/℃	D 提取时 间/min	多酚 提取率/ (mg·g ⁻¹)
1	35	1:25	55	45	5.06
2	35	1:35	70	60	5.65
3	35	1:45	85	75	5.92
4	55	1:25	70	75	5.97
5	55	1:35	85	45	6.26
6	55	1:45	55	60	5.21
7	75	1:25	85	60	5.84
8	75	1:35	55	75	5.24
9	75	1:45	70	45	6.04
k_1	2.542	2.624	2.169	2.755	
k_2	2.779	2.729	2.885	2.564	
k_3	2.703	2.720	2.971	2.707	
R	0.237	0.096	0.802	0.191	

2.3 黑菊芋体外抗氧化活性分析

2.3.1 菊芋总多酚提取及含量测定结果

采用超声辅助的方法提取鲜菊芋和黑菊芋多酚, 工艺参数依据正交试验的优化水平组合, 超声提取2次, 合并滤液, 先用旋转蒸发器挥发乙醇, 然后用电磁炉80℃浓缩, 最后定容至100 mL, 所得溶液称为原液。鲜菊芋原液质量浓度为0.1149 g/mL, 黑菊芋为0.1232 g/mL。鲜菊芋样品含水量为71.00%, 黑菊芋含水量为36.24%。按照1.3.4节中的方法测定, 以干基计算, 鲜菊芋的多酚质量比为1.13 mg/g, 黑菊芋的多酚质量比为6.41 mg/g, 是鲜菊芋的5.67倍。由于本研究未对菊芋和黑菊芋多酚进行分离纯化, 因此以下实验中采用多酚粗提液进行抗氧化分析, 为方便加工前后样品之间的比较, 实验以样品质量作为横坐标进行对比分析。

2.3.2 DPPH 自由基清除能力测定结果

DPPH 是一种有机自由基, 被广泛应用于定量检测食品的抗氧化能力^[19]。本实验利用 DPPH 体系对菊芋总多酚粗提液清除自由基进行研究, 结果如图6。当质量均为1.0 mg时, 黑菊芋与鲜菊芋对DPPH 自由基清除率差异显著($P < 0.05$), 随着质量增加黑菊芋对DPPH 自由基的清除能力明显增强

($P < 0.01$), 清除率分别为同质量鲜菊芋的1.08 ~ 1.54倍。菊芋对DPPH 自由基的清除能力与其多酚含量具有一定相关性, 黑菊芋和鲜菊芋的相关系数分别为0.8582和0.9536。

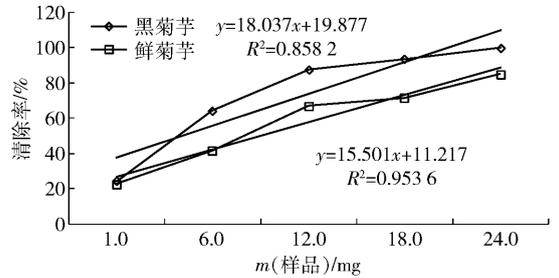


图6 菊芋和黑菊芋对DPPH 自由基的清除效果

Fig.6 DPPH· scavenging activity of fresh and black Jerusalem artichoke

2.3.3 羟自由基清除能力测定结果

羟自由基是一种活性氧, 能杀死红细胞, 降解DNA、细胞膜和多糖化合物, 也是引起衰老和某些疾病的重要原因之一, 从食物提取物中寻找羟自由基清除剂, 对于缓解上述损伤, 延缓衰老具有重要意义^[20]。鲜菊芋和黑菊芋总多酚粗提液对羟自由基的清除率随含量增加而增强(见图7)。当质量为10.0 mg时, 黑菊芋与鲜菊芋对羟自由基的清除率差异显著($P < 0.05$), 随着质量增加黑菊芋对羟自由基的清除能力明显增强($P < 0.01$), 黑菊芋对羟自由基的清除率分别为同质量鲜菊芋的1.02 ~ 1.28倍。清除能力与多酚含量具有较好的相关性, 黑菊芋和鲜菊芋的相关系数分别为0.9293和0.9658。

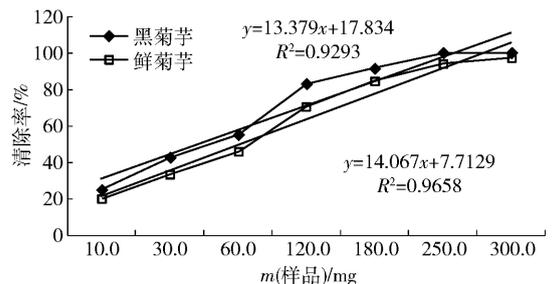


图7 菊芋和黑菊芋对羟自由基的清除效果

Fig.7 Hydroxyl free radicals scavenging activity of fresh and black Jerusalem artichoke

2.3.4 铁离子还原力测定结果

一般而言, 样品的还原力与抗氧化活性有着明显的相关性, 吸光度越大说明对应样品的还原力越强。黑菊芋和鲜菊芋总多酚粗提液对铁离子的还原能力随质量的增加而增强, 见图8。在测试的样品

质量范围内,与同质量鲜菊芋相比,黑菊芋对铁离子还原力分别为同质量鲜菊芋的2.56~3.98倍,差异极显著($P < 0.01$)。而且其还原力大小与多酚含量具有良好的相关性,黑菊芋和鲜菊芋的相关系数分别为0.9946和0.9851。

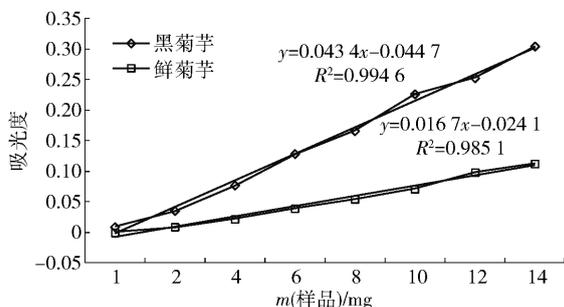


图8 菊芋和黑菊芋对铁离子的还原力

Fig. 8 Ferric reducing antioxidant power of fresh and black Jerusalem artichoke

3 结论

目前,还没有关于菊芋中多酚组成的相关报道,多酚提取和含量测定也没有标准的方法。巩慧玲等^[21]借鉴了牡丹花中多酚的测定方法,以邻苯二酚为标准品,测得几种菊芋的多酚质量比在0.66~1.55 mg/g。本研究参考GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中Folin-Ciocalteu法对菊芋提取液进行多酚含量检测,以没食子酸为标准品,测得红果菊芋的多酚质量比为1.13 mg/g。同时开展了超声辅助提取黑菊芋多酚的研究,并在单因素实验的基础上通过正交试验对黑菊芋的多酚提取工艺进行优化,确定优化提取工艺条件为乙醇体积分数55%,料液比(g/mL)1:35,提取温度85℃,提取时间45 min,此时的提取率为6.26 mg/g。

经变温加热工艺处理后,黑菊芋中的多酚含量显著高于鲜菊芋,对DPPH自由基、羟自由基的清除能力和铁离子还原力均显著高于鲜菊芋,各抗氧化指标均与多酚含量具有较好的相关性,相关系数分别为0.8532、0.9293和0.9946。本研究为黑菊芋新产品的推广提供了基础数据。

参考文献:

[1] 李璇聪. 菊芋中不同聚合度天然菊糖的分离纯化及活性研究[D]. 烟台:中国科学院大学烟台海岸带研究所,2015.

- [2] 史雪洁. 菊芋中菊糖的制备及其在阿胶产品中的应用[D]. 烟台:中国科学院大学烟台海岸带研究所,2017.
- [3] 韩丽,张金梅,卢新雄,等. 菊芋耐性胁迫及种质保存研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(5):999-1005.
- HAN L, ZHANG J M, LÜ X X, et al. Research progress on stress response and conservation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) germplasm[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(5):999-1005.
- [4] 郑立红,王青华,高海生,等. 菊芋饮料主要工艺参数的研究[J]. 中国食品学报,2008,8(4):91-95.
- ZHENG L H, WANG Q H, GAO H S, et al. Studies on main processing parameters of Jerusalem artichoke beverage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2008, 8(4):91-95.
- [5] 郭衍银,朱艳红,陈忠升. 菊芋浓缩汁制作工艺研究[J]. 食品工业科技,2008,29(4):234-235, 242.
- GUO Y Y, ZHU Y H, CHEN Z S. Study on processing technology of Jerusalem artichoke concentration juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(4):234-235, 242.
- [6] 王圣开. 菊芋酒的加工工艺研究[D]. 重庆:西南大学,2009.
- [7] DAN A, GHOSH S, MOULIK S P. Physicochemistry of the interaction between inulin and alkyltrimethylammonium bromides in aqueous medium and the formed coacervates[J]. Journal of Physical Chemistry B, 2009, 113(25):8505-8513.
- [8] 姬妍茹,孙宇峰,董艳,等. 一种黑菊芋脯的制作方法[P]. 中国专利:2016 10124756.6, 2016-03-30.
- [9] 杨庆丽,张旭,魏连会,等. 黑菊芋加工过程中成分变化研究[J]. 食品工业科技,2018,39(2):70-74.
- YANG Q L, ZHANG X, WEI L H, et al. Changes of main components in the production process of black Jerusalem artichoke[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(2):70-74.
- [10] 姬妍茹,魏连会,杨贺晴,等. 黑菊芋中挥发性物质的GC-MS分析[J]. 中国调味品,2017,42(11):117-122.
- JI Y R, WEI L H, YANG H Q, et al. Identification of volatile compounds in black Jerusalem artichoke by GC-MS[J]. China Condiment, 2017, 42(11):117-122.
- [11] 杨贺晴,刘宇峰,韩秋菊,等. 黑蒜多酚粗提物体内抗氧化功能研究[J]. 食品科学技术学报,2016,34(6):41-45.
- YANG H Q, LIU Y F, HAN Q J, et al. Study on antioxi-

- dant activities of black garlic polyphenols[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34(6): 41–45.
- [12] COSTA P, GREVENSTUK T, COSTA A M R D, et al. Antioxidant and anti-cholinesterase activities of *Lavandula viridis* L'Her extracts after *in vitro* gastrointestinal digestion[J]. Industrial Crops and Products, 2014, 55: 83–89.
- [13] DAGLIA M. Polyphenols as antimicrobial agents[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2012, 23(2): 174–181.
- [14] DENG J J, LIU Q Q, ZHANG C, et al. Extraction optimization of polyphenols from waste kiwi fruit seeds (*Actinidiachinensis planch.*) and evaluation of its antioxidant and anti-inflammatory properties[J]. Molecules, 2016, 21(7): 832–845.
- [15] OUESLATI S, KSOURI R, FALLEH H, et al. Phenolic content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the edible halophyte *Suaeda fruticosa* Forssk [J]. Food Chemistry, 2012, 132(2): 943–947.
- [16] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [17] 朱振元, 刘瑶, 薛春茂. 蛹虫草色素提取及其抗氧化活性的研究[J]. 食品科技, 2016, 41(6): 236–240.
- ZHU Z Y, LIU Y, XUE C M. Extraction and anti-oxidative activity of pigment from *Cordyceps militaris* [J]. Food Science and Technology, 2016, 41(6): 236–240.
- [18] SMIRONFF N, CUMBES Q. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes[J]. Phytochemistry, 1989, 28: 1051–1560.
- [19] 姬妍茹, 杨庆丽, 刘宇峰, 等. 黑蒜蓝莓酒抗氧化能力及活性成分研究[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(2): 65–69, 88.
- JI Y R, YANG Q L, LIU Y F, et al. Study on antioxidant activity and active ingredients of black garlic blueberry wine[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(2): 65–69, 88.
- [20] JIANG L H. Effects of traditional Chinese medicine on protection of DNA damage [J]. Herald of Medicine, 2004, 23: 259–261.
- [21] 魏连会, 刘宇峰, 姬妍茹, 等. 荸荠与黑荸荠营养成分的比较分析[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(5): 68–73.
- WEI L H, LIU Y F, JI Y R, et al. Comparative analysis of nutrients in water chestnuts and black water chestnuts[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 36(5): 68–73.

Extraction and Antioxidant Activities of Polyphenols in Black Jerusalem Artichoke

JI Yanru¹, XU Bochao², YANG Qingli¹, WEI Lianhui¹, SHI Jie¹, DONG Yan¹, LIU Yufeng¹

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163319, China;

2. College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agriculture University, Daqing 163319, China)

Abstract: The orthogonal experiment was used to determine the optimization extraction condition of polyphenols from black and fresh Jerusalem artichoke. The optimal conditions were ethanol concentration 55%, the material solvent ratio 1: 35 g/mL, temperature 85 °C, and time 45 min. Under this condition, the polyphenols extraction yield of black Jerusalem artichoke was 6.41 mg/g while the extraction yield of fresh Jerusalem artichoke was 1.13 mg/g. The results also showed that the antioxidant activities had relevance with polyphenols contents and a positive correlation between polyphenols contents and ferric reducing antioxidant power was obtained ($R = 0.9946$). Polyphenols from black Jerusalem artichoke had higher DPPH scavenging ability, hydroxyl radical scavenging ability, and ferric reducing antioxidant power, which were 1.08 ~ 1.54 times, 1.02 ~ 1.28 times, and 2.56 ~ 3.98 times higher than fresh Jerusalem artichoke.

Keywords: Jerusalem artichoke; black Jerusalem artichoke; polyphenols; ultrasonic wave-assisted extraction; *in vitro* antioxidation

(责任编辑:张逸群)