

雪莲果叶总黄酮超声波辅助酶法提取工艺 优化及抗氧化活性研究

Ultrasonic enzymatic extraction of total flavonoids from *Saussurea involucrata* leaves and its antioxidant capacity analysis

戢得蓉¹ 刘松奇² 熊坤艳¹ 李 梦¹ 胡明虎¹

Ji De-rong¹ LIU Song-qi² XIONG Kun-yan¹ LI Meng¹ HU Ming-hu¹

(1. 四川旅游学院食品学院, 四川 成都 610100; 2. 湖北民族大学生物科学与技术学院, 湖北 恩施 445000)

(1. College of Food and Technology, Sichuan Tourism College, Chengdu, Sichuan 610100, China;

2. College of Biological Science and Technology, Hubei Minzu University, Enshi, Hubei 445000, China)

摘要:以雪莲果叶为原料,设计单因素及响应面试验,优化超声波辅助酶法提取雪莲果叶中总黄酮的最佳工艺;以 DPPH 自由基的清除率及总还原力为指标,评估雪莲果叶总黄酮提取物的抗氧化能力。结果表明:利用超声波辅助酶法提取雪莲果叶总黄酮的最佳工艺为乙醇体积分数 30%、料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)1 : 60 (g/mL)、超声温度 50 ℃、超声处理 12 min、酶解 pH 4.8、纤维素酶质量浓度 0.40 mg/mL、酶解时间 66 min,此工艺下总黄酮提取率为 6.317%。所提取雪莲果叶总黄酮具有抗氧化能力,与浓度呈正相关;在质量浓度为 0.6 mg/mL 时, DPPH 自由基清除率达到 71.09%,具有接近维生素 C 的总还原力。利用超声波辅助酶法提取的雪莲果叶中总黄酮提取物具有较好的抗氧化能力。

关键词:雪莲果叶;总黄酮;纤维素酶;超声波;抗氧化

Abstract: Optimization of ultrasonic enzymatic extraction of total flavonoids from *Saussurea involucrata* leaves was studied by single factor and response surface experiments. The antioxidant capacity of the total flavonoids extracted from the leaves of *S. involucrata* was evaluated using the scavenging rate and total reducing power of DPPH ·. The results showed that the best technology of total flavonoids from *S. involucrata* leaves by ultrasonic enzyme method was: adding the crushed leaves of *S. involucrata* to 30% ethanol solution, with the material liquid ratio 1 : 60 (g/mL) and the ultrasonic treatment at 50 ℃, for

12 min. After adjusting the pH to 4.8, with the enzymatic hydrolysis for 66 min under the condition of cellulase concentration 0.40 mg/mL, the yield of total flavonoids was 6.317% under the technology. The total flavonoids extracted from the leaves of *S. involucrata* had antioxidant capacity, which was positively correlated with the concentration. DPPH · clearance rate reached 71.09% at 0.6 mg/mL, and the total reduction force closed to V_C . In conclusion, the extraction of total flavonoids from the *S. involucrata* leaves by ultrasonic wave enzyme method was feasible and effective, and the extraction rate was high. The total flavonoids extract had better antioxidant capacity.

Keywords: *Saussurea involucrata* leaves; flavonoids; cellulase; ultrasonic method; antioxidant activity

雪莲果(*Saussurea involucrata*),菊薯的别称,为菊科向日葵属双子叶草本植物^[1],其叶为对生,宽心脏形,表面粗糙,稍厚,一般在采摘雪莲果后废弃处理。研究发现,雪莲果叶中含多糖、黄酮、酚酸等多种活性成分^[2],其提取物具有抑菌^[3]、抗氧化^[4]及降血糖^[5]等作用,其中黄酮类物质与降血糖功能有明显关系。黄酮类物质的提取和抗氧化能力是目前的研究热点^[6-7],常见的提取方法有溶剂提取法、超临界流体萃取法、酶法、超声波辅助法等^[6,8],超声波辅助酶法集合了超声波提取法和酶法两种提取方法的优点^[9-10],超声波振动可以破坏细胞壁使得细胞壁软化,引起细胞内物质的移动^[11],同时酶的加入使得总黄酮的提取具有高效性,两者结合可以得到高效稳定的产物^[12-13]。陈红慧等^[14-15]利用溶剂提取法对雪莲果叶中的总黄酮物质进行了提取和纯化研究,总黄酮提取率为 53.41 mg/mL。目前未见其他关于雪莲果叶总黄酮物质提取方法的相关报道。

基金项目:烹饪科学四川省高等学校重点实验室资助项目(编号:PRKX201902);四川旅游学院科研创新团队基金(编号:2018SCTUTD05);四川省教育厅大学生创新训练项目(编号:S202011552003)

作者简介:戢得蓉(1989—),女,四川旅游学院讲师,硕士。

E-mail: 240765570@qq.com

收稿日期:2020-08-24

黄酮类物质为天然抗氧化剂,其结构中的酚羟基可与自由基结合,终止氧化反应,以此发挥抗氧化作用,其抗氧化能力与自身结构有一定关系^[16]。植物中的黄酮类物质可从叶、茎及根中提取,不同来源、不同部位黄酮类物质的组成及所具有的抗氧化能力不同^[17]。对于总黄酮或者黄酮粗提取物的潜在的抗氧化能力的常见手段有测定 2,2-联苯基-1-苦基肼基自由基(DPPH·)清除率、总还原力、羟基自由基清除率等^[18-20]。对雪莲果叶总黄酮提取物的抗氧化能力的研究目前未见报道。

试验拟以雪莲果叶为原料,利用超声波辅助纤维素酶提取雪莲果叶中总黄酮,优化提取工艺条件,并探讨总黄酮提取物对 DPPH·清除能力和总还原力,以期雪莲果叶的开发利用提供参

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

雪莲果叶:采摘于成都市龙泉驿区;

芦丁标准品、维生素 C 标准品:成都金山化学试剂;

亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、无水乙醇、盐酸、三氯化铁、三氯乙酸、铁氰化钾、四硼酸钠、混合磷酸盐、邻苯二甲酸氢钾、2,2-联苯基-1-苦基肼基:分析纯,成都市科龙试剂有限公司;

纤维素酶、果胶酶: 2×10^4 U/g,河南庆飞食品配料有限公司;

木瓜蛋白酶: 1×10^5 U/g,河南庆飞食品配料有限公司;

酸性蛋白酶: 8×10^5 U/g,河南庆飞食品配料有限公司;

碱性蛋白酶: 2×10^5 U/g,河南庆飞食品配料有限公司;

中性蛋白酶: 5×10^4 U/g,河南庆飞食品配料有限公司。

1.1.2 主要仪器

电热鼓风干燥箱:101-0 型,北京中兴伟业仪器有限公司;

高速连续式超微粉碎机:YJ2-2 型,济南亿健医疗设备有限公司;

分析天平:FALL044 型,常州市衡正电子仪器有限公司;

超声波清洗器:KQ5200E 型,昆山市超声仪器有限公司;

电热恒温水浴锅:XMTD-4000 型,北京市永光明医疗器械有限公司;

真空泵:SHZ-III 型,上海亚荣生化仪器厂;

紫外分光光度计:UV Bluestar A 型,北京莱伯泰科仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 雪莲果叶总黄酮的提取 选取新鲜的成熟期雪莲果叶,清洗干净,用鼓风干燥箱在 45℃干燥 15 h,超微粉碎后过 60 目筛,干燥至恒重备用。称取 1.00 g 雪莲果叶于 150 mL 锥形瓶内,加入乙醇溶液,搅拌均匀,200 W 超声波辅助一定时间,调节 pH 值,加入酶后放入恒温水浴锅中反应一定时间后取出,进行真空抽滤。抽滤 2~3 次将滤液合并倒入 100 mL 容量瓶,定容至刻度线,测定总黄酮提取率。

1.2.2 总黄酮的测定 采用亚硝酸钠—硝酸铝显色法^[21],得到标准曲线回归方程为 $A_{420\text{ nm}} = 1.343\ 9C - 0.005$ ($A_{420\text{ nm}}$ 为吸光度; C 为芦丁标样浓度,mg/mL),相关系数 $R^2 = 0.999\ 2$ 。按式(1)计算总黄酮提取率。

$$X = \frac{M_1 \times V_1}{M_2 \times V_2 \times 1\ 000} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

X ——总黄酮提取率,%;

M_1 ——测定时样液中黄酮的质量,mg;

V_1 ——样液的体积,mL;

M_2 ——样品的质量,g;

V_2 ——测定时取样液的体积,mL。

1.2.3 试验设计

(1) 不同方法的比较:分别称取 1.00 g 雪莲果叶粉于 3 个锥形瓶中,加入 50 mL 乙醇溶液,标号 1、2、3、4。按照 1.2.2 进行试验:1 号瓶中未做超声波及酶处理,2 号瓶中加 1 mg/mL 纤维素酶不做超声波处理,3 号瓶用超声波在 50℃下辅助 10 min 且不进行酶处理,4 号瓶用超声波在 50℃下辅助 10 min 后加入 1.0 mg/mL 纤维素酶,分别测定总黄酮提取率。

(2) 酶种类的确定:探究 6 种酶(最适 pH 值,最适温度)[纤维素酶(pH 4.8,50℃)、果胶酶(pH 3.5,50℃)、木瓜蛋白酶(pH 6.5,60℃)、酸性蛋白酶(pH 3.0,40℃)、碱性蛋白酶(pH 8.0,50℃)和中性蛋白酶(pH 6.9,48℃)]对雪莲果叶中总黄酮提取率的影响,以 1.00 g 雪莲果叶粉为底料,加入 50 mL 乙醇溶剂,搅拌均匀后超声波处理 10 min,加入酶且浓度为 0.4 mg/mL,在对应酶的最适 pH 值及最适温度下进行 40 min,分别测定总黄酮提取率。

(3) 单因素试验设计:确定基础试验方法为超声波辅助时间 20 min、超声波辅助温度 50℃、酶质量浓度 1 mg/mL、酶解时间 40 min、乙醇体积分数 60%、料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)1:50 (g/mL)的条件下,分别考察各因素对雪莲果叶总黄酮提取率的影响。各因素水平设计见表 1。

(4) 响应面试验设计:在单因素试验的基础上,选取影响较大的因素,以总黄酮提取率为响应值,设计响应面试验。

表 1 单因素试验因素水平表
Table 1 Single factor experimental factor level table

水平	超声波辅助 时间/min	超声波辅助 温度/℃	料液比 (g/mL)	乙醇体积 分数/%	酶质量浓度/ (mg · mL ⁻¹)	酶解时间/ min
1	4	20	1 : 30	10	0.10	20
2	8	30	1 : 40	20	0.20	40
3	12	40	1 : 50	30	0.40	60
4	16	50	1 : 60	40	0.60	80
5	20	60	1 : 70	50	0.80	120

1.2.4 抗氧化能力测定

(1) DPPH · 清除能力:参照文献[22],紫外分光光度计检测波长为 517 nm。

(2) 总还原力能力:参照文献[23],紫外分光光度计检测波长为 700 nm。

1.3 数据处理与分析

运用 Microsoft Excel 2010、SPSS 17.0 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同提取方法的比较

由图 1 可知,与仅溶剂提取相比较,在酶和超声波的辅助作用下雪莲果叶总黄酮提取率明显提高,两者同时使用结果最优。选择超声波辅助纤维素酶进行进一步试验。

2.2 酶种类的确定

由图 2 可知,酶的种类对雪莲果叶黄酮提取率的影响较大,其中纤维素酶处理所得雪莲果叶黄酮提取率最高为 5.26%,所以选取纤维素酶结合超声辅助进行进一步试验。

2.3 单因素试验

如图 3 所示,最佳超声波辅助时间为 12 min;最佳超声波辅助温度为 50 ℃;最佳酶质量浓度为 0.4 mg/mL;最佳料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)为 1 : 50 (g/mL);最佳乙醇体积分数为 20%;酶解时间为 60 min。

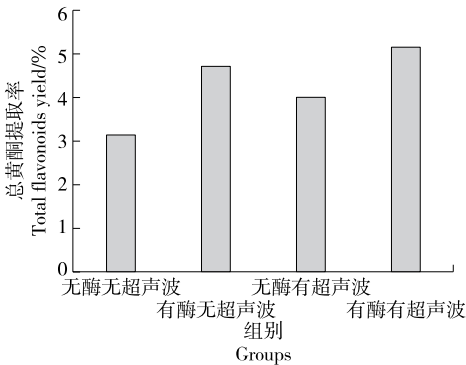


图 1 方法比较结果

Figure 1 Comparison results of methods

2.4 响应面优化试验

2.4.1 响应面试验设计及结果 基于单因素试验结果,超声波辅助时间 12 min 时提取率最高,随着提取过程的进行,雪莲果叶粉和提取溶剂间的浓度差逐渐减小,超声波时间继续增加可能会破坏黄酮类提取物^[22]。超声波辅助温度在 50 ℃时结果最好,与纤维素酶的最适温度一致,选取此温度进行下一步试验。在酶浓度为 0.4 mg/mL 时总黄酮得率最高,说明在此酶浓度下纤维素酶可能已经将雪莲果叶片细胞中的纤维素完全降解^[13]。所以固定超声波辅助时间 12 min、超声波辅助温度 50 ℃、酶质量浓度 0.4 mg/mL 条件下,选取料液比、酶解时间、乙醇体积分数 3 个因素,设计三因素三水平的响应面试验,试验因素及水平见表 2,响应面试验试验结果见表 3。

运用 Design-Exert 10.0.4 软件对试验数据进行分析处理,得到回归方程为:

$$Y = 5.34 + 0.37A + 0.17B + 0.14C + 0.14AB + 0.071AC - 0.079BC + 0.15A^2 - 0.21B^2 + 0.20C^2. \quad (2)$$

对回归模型进行方差分析,结果见表 4,该模型极显著($P = 0.0006 < 0.05$),失拟项不显著($P = 0.3993 > 0.05$),说明该模型能较准确反映 3 个因素对雪莲果叶总黄酮提取率的影响,从 F 值得出各因素对雪莲果叶总黄酮提取率的影响从大到小依次为料液比 > 酶解时间 > 乙醇体积分数。校正系数 $R^2 = 0.9562$,说明 95.62% 以上的数据能用此方程解释,拟合度较好,可用于超声波酶法

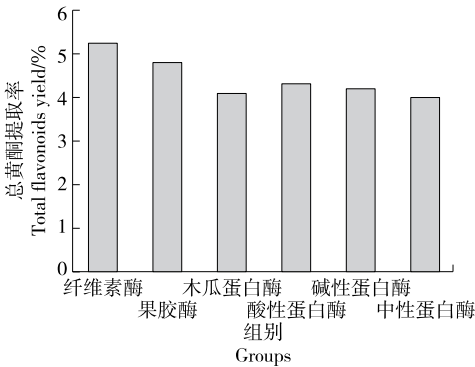


图 2 酶种类对比结果

Figure 2 Comparison results of enzyme types

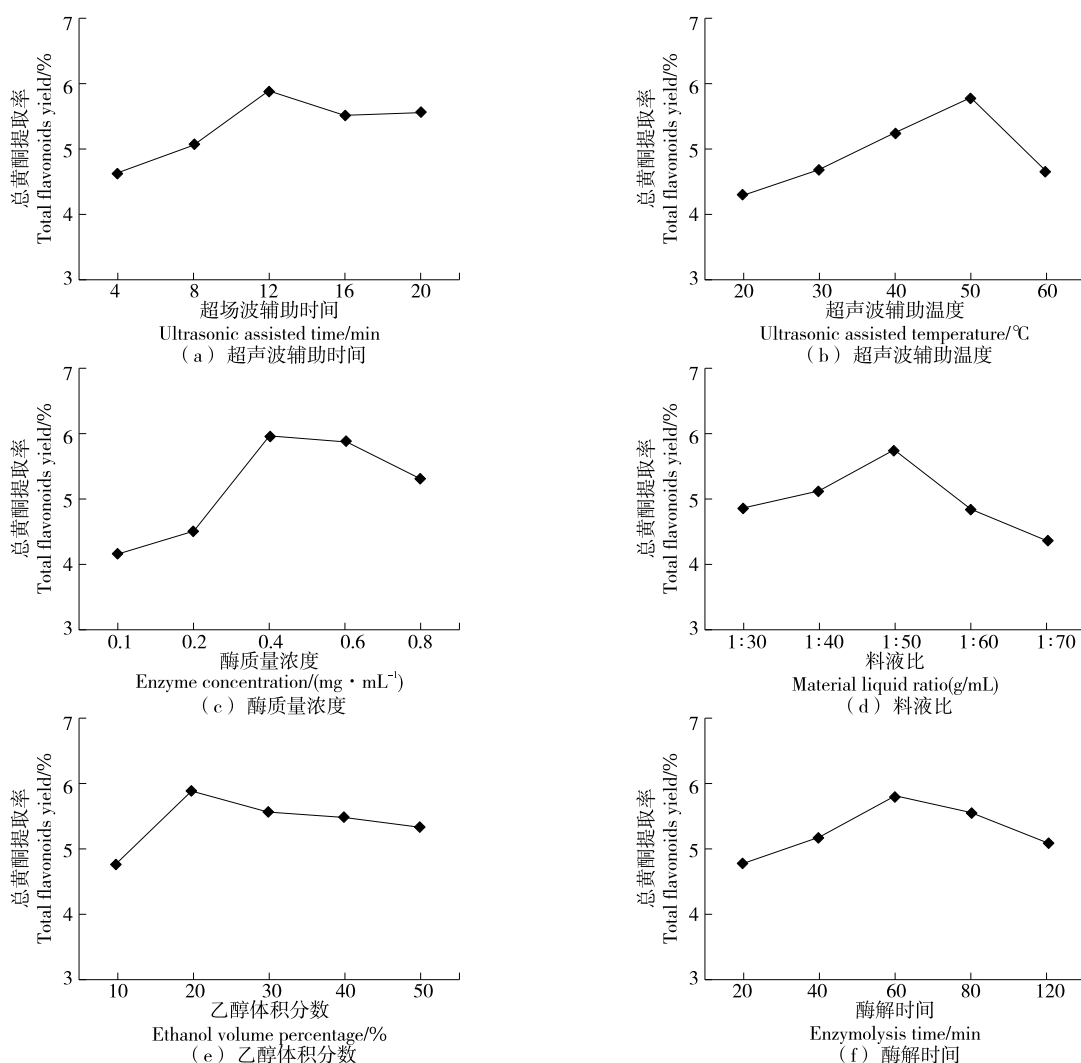


图 3 各因素对雪莲果叶总黄酮提取率的影响

Figure 3 Effects of various factors on the yield of total flavonoids

表 2 响应面正交试验因素及水平

Table 2 The response surface test factors and levels

水平	A 料液比(g/mL)	B 酶解时间/min	C 乙醇体积分数/%
-1	1:40	50	10
0	1:50	60	20
1	1:60	70	30

提取雪莲果叶中总黄酮工艺的试验预测及分析。

2.4.2 各因素交互作用分析 由图 4~6 可知:料液比与酶解时间的等高线较陡峭,说明二者的交互作用明显且料液比对总黄酮提取率的影响更大;料液比与乙醇体积分数交互作用的等高线的形状表现接近圆形,说明两个因素的相互影响效果不明显;酶解时间和乙醇体积分数的等高线形成的坡面的走势较为陡峭,说明酶解时间对雪莲果叶总黄酮提取率的影响比料液比的强,交互作用明显。

2.4.3 验证实验 利用 Design-Expert 10.0.4 软件优化试

验结果,得最佳工艺条件为料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)1:60 (g/mL),酶解时间 65.55 min,乙醇体积分数 29.67%,此条件下总黄酮提取率理论可达 6.335%。考虑到实际的可操作性,将酶解时间调整为 66.00 min。实际验证实验的条件为:乙醇体积分数 30%、酶质量浓度 0.4 mg/mL、料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)1:60 (g/mL)、酶解 66 min、在 50 °C 下超声处理 12 min,实际提取率为 6.317%,与理论值相对误差为 0.28%,模型预测性较好且稳定,可用于雪莲果叶中总黄酮的提取。

2.5 雪莲果叶总黄酮抗氧化能力

由图 7 可知,在所选浓度范围内,雪莲果叶总黄酮粗提取物对于 DPPH·有明显的清除能力($IC_{50} = 0.25 \text{ mg/mL}$)。其清除能力略低于维生素 C,高于红景天、何首乌及石榴皮^[24]等,表明雪莲果叶总黄酮提取液具有较高的抗氧化活性。由图 8 可知,总还原力与浓度的

表 3 响应面试验结果

Table 3 The experimental results of response surface

试验号	A	B	C	总黄酮提取率/%
1	-1	-1	0	4.819
2	0	0	0	5.327
3	0	1	-1	5.355
4	0	-1	1	5.477
5	1	0	1	6.254
6	-1	0	1	5.359
7	-1	0	-1	5.277
8	0	0	0	5.358
9	1	1	0	6.024
10	-1	1	0	5.029
11	0	0	0	5.504
12	1	-1	0	5.269
13	0	1	1	5.520
14	0	0	0	5.206
15	0	-1	-1	4.996
16	0	0	0	5.292
17	1	0	-1	5.890

表 4 回归模型方差分析[†]

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	2.03	9	0.23	17.00	0.000 6	* *
A	1.09	1	1.09	82.28	<0.000 1	* *
B	0.23	1	0.23	17.63	0.004 0	*
C	0.15	1	0.15	11.25	0.012 2	*
AB	0.07	1	0.08	5.61	0.049 8	*
AC	0.02	1	0.02	1.50	0.260 2	
BC	0.03	1	0.03	1.88	0.212 2	
A ²	0.10	1	0.01	7.43	0.029 5	*
B ²	0.18	1	0.18	13.37	0.008 1	*
C ²	0.18	1	0.18	13.31	0.008 2	*
残差	0.09	7	0.01			
失拟项	0.05	3	0.02	1.26	0.399 3	
纯误差	0.05	4	0.01			
综合	2.12	16				

[†] * * 差异极显著(P<0.01), * 差异显著(P<0.05)。

关系与 DPPH · 清除能力测定结果相似,抗氧化能力大小与浓度线性正相关,呈剂量依赖关系。说明雪莲果叶中总黄酮粗提取物具有明显的抗氧化效果。

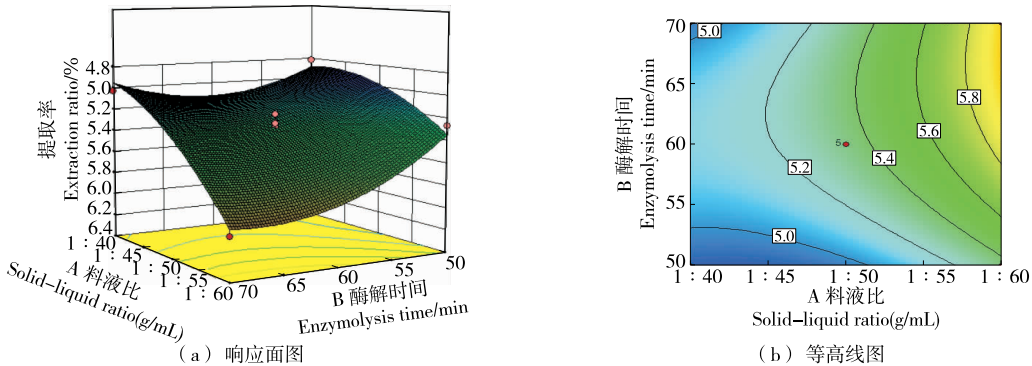


图 4 料液比和酶解时间对总黄酮提取率的影响

Figure 4 The effects of solid-liquid ratio and enzymolysis time on extraction rate of total flavonoids

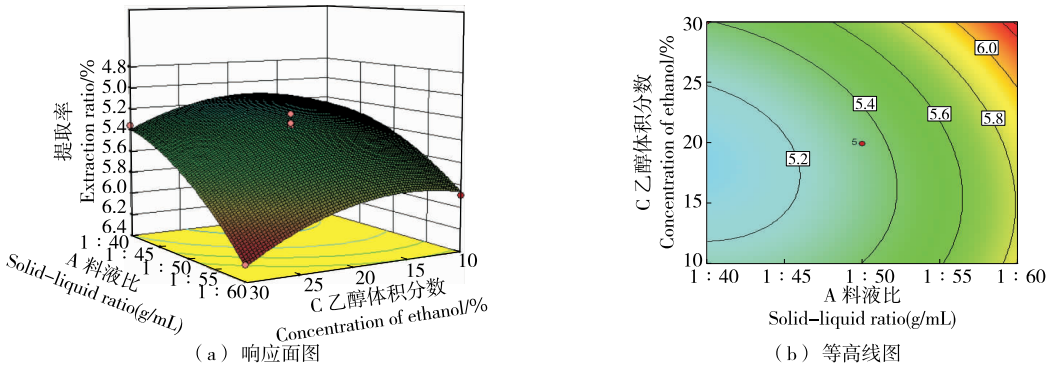


图 5 料液比和乙醇体积分数对总黄酮提取率的影响

Figure 5 The effects of solid-liquid ratio ethanol volume fraction on extraction rate of total flavonoids

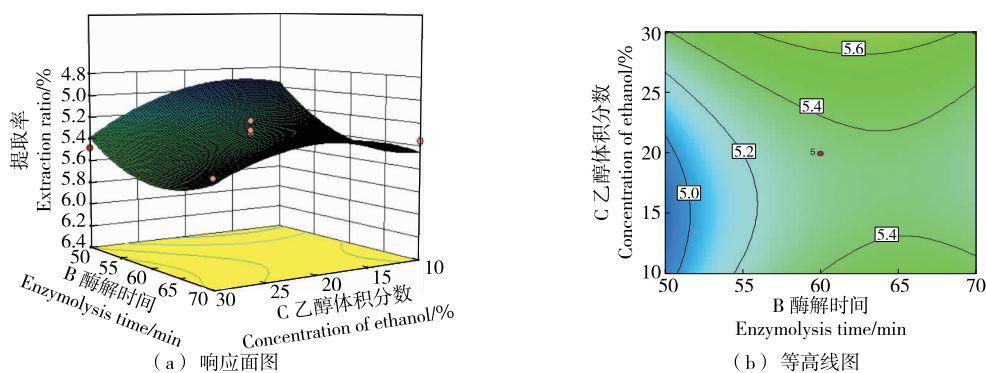


图 6 酶解时间和乙醇体积分数对总黄酮提取率的影响

Figure 6 The effects of enzymolysis time and ethanol volume fraction on extraction rate of total flavonoids

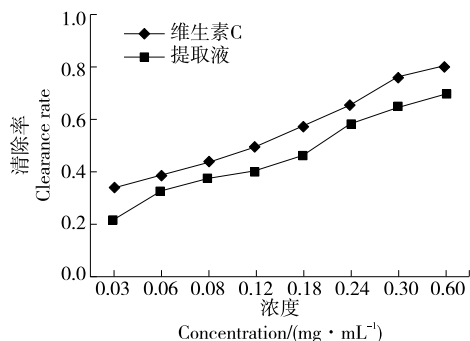


图 7 雪莲果叶中总黄酮提取液和维生素 C 对 DPPH · 清除能力的比较

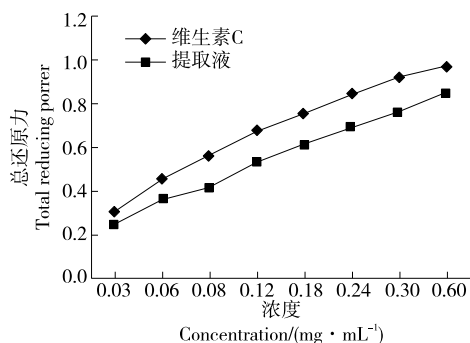
Figure 7 The comparison of DPPH · scavenging activity of total flavonoids extract and V_C from *Saussurea involucrata* leaves

图 8 雪莲果叶中总黄酮提取液和维生素 C 总还原能力的比较

Figure 8 The comparison of total flavonoid extract and total reducing capacity of V_C in *Saussurea involucrata* leaves

3 结论

超声波辅助酶法提取雪莲果叶总黄酮的最佳工艺条件为:乙醇体积分数 30%、酶质量浓度 0.4 mg/mL、料液比($m_{\text{雪莲果叶}} : V_{\text{乙醇}}$)1 : 50 (g/mL)、酶解时间 62 min、超声温度 50 ℃、超声时间 12 min,该最佳工艺下雪莲果叶中总黄酮提取率可达 6.317%,高于陈红惠等^[25]报道的

53.41 mg/g。体外抗氧化活性表明,在测试浓度范围内,雪莲果叶提取液对 DPPH 自由基具有较好的清除能力及较好的总还原力。试验仅对雪莲果叶总黄酮的抗氧化活性进行了初步探究,尚未对抗氧化成分进行定量分离,后续可对雪莲果叶黄酮类成分进行定量分析及化学成分分析。

参考文献

- [1] LLR P, SMIDERLE F R, SANTANA-FILHO A P, et al. Yacon fructans (*Smallanthus sonchifolius*) extraction, characterization and activation of macrophages to phagocyte yeast cells[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 108: 1 074-1 081.
- [2] MAURYA A K, VINAYAK M. Improved synergistic anticancer efficacy of quercetin in combination with PI-103, rottlerin, and G0 6983 against MCF-7 and RAW 264.7 cells[J]. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal, 2018, 55(1): 36-44.
- [3] JOUNG H, KWON D Y, CHOI J G, et al. Antibacterial and synergistic effects of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* under light intensity[J]. Nat Med, 2010, 64: 212-215.
- [4] VALENTOVÁ K, SERSEN F, ULRICOVÁ J. Radical scavenging and anti-liperoxidative activities of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 5 577-5 582.
- [5] CAROLINA S B, WILFEDO M C, STELLA M H, et al. Safety assessment of aqueous extract from leaf *Smallanthus sonchifolius* and its main active lactone, enhydrin[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012, 144: 362-370.
- [6] 杜丽娟, 苏秀芳, 黄成银. 余甘子叶总黄酮的超声波法提取工艺优化及其抗氧化能力研究[J]. 食品与机械, 2020, 36 (3): 185-189, 193.
- [7] DOWER J I, GELEIJNSE J M, GIJSBERS L, et al. Effects of the pure flavonoids epicatechin and quercetin on vascular function and cardiometabolic health: A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2015, 101(5): 914-921.
- [8] 刘慧, 张春岭, 刘杰超, 等. 超声—果胶酶协同提取山楂类

- 黄酮的工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 154-157.
- [9] FERRI M, RONDINI G, CALABRETTA M M, et al. White grape pomace extracts, obtained by a sequential enzymatic plus ethanol-based extraction, exert antioxidant, anti-tyrosinase and anti-inflammatory activities[J]. New Biotechnology, 2017, 39: 51-58.
- [10] 王英, 张玉刚, 戴洪义. 苹果果皮中类黄酮的超声波辅助提取及稳定性研究[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 178-181.
- [11] 李辉, 卜晓英, 陈功锡, 等. 超声辅助提取白背三七总黄酮[J]. 食品科学, 2011, 32(14): 144-146.
- [12] 李侠, 邹基豪, 王大为. 响应面试验优化超声波—酶法提取绿豆皮黄酮类化合物工艺[J]. 食品科学, 2017, 38(8): 214-220.
- [13] 李萌萌, 吕长鑫, 芦宇, 等. 纤维素酶辅助提取红树莓籽黄酮及其对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的抑制作用[J]. 中国食品学报, 2017, 17(11): 104-112.
- [14] 陈红惠, 刘芳, 沈清清. 雪莲果叶中黄酮的提取工艺优化[J]. 文山学院学报, 2014, 27(6): 6-9.
- [15] 陈红惠, 刘芳, 沈清清. 雪莲果叶黄酮的纯化工艺[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(21): 45-49.
- [16] 朱丽, 马玲龙, 李小爽, 等. 两种黄酮类铜(II)配合物的制备及体外抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 57-61, 67.
- [17] 任红, 郑少杰, 张小利, 等. 基于不同抗氧化机制的黄酮类化合物构效关系研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2): 384-388.
- [18] MONDAL S, PHADKE RR, BADIGANNAVAR A M. Genetic variability for total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of testaless seeds of a peanut recombinant inbred line population and identification of their controlling QTLs[J]. Euphytica, 2015, 204(2): 311-321.
- [19] LI Jing-en, FAN Song-tao, QIU Zeng-hui, et al. Total flavonoids content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1 022-1 027.
- [20] HE Yan-su, LIN Yong, LI Qing-sheng, et al. The contribution ratio of various characteristic tea compounds in antioxidant capacity by DPPH assay[J]. Journal of Food Biochemistry, 2020(3): 1-10.
- [21] 李婉仪, 吉文丽, 李蕊, 等. 响应面优化牡丹籽壳总黄酮超声波提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 121-125.
- [22] 秦生华, 李珊, 凌旭彬, 等. 百香果皮总黄酮的超声波辅助提取工艺优化及其性质研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(17): 153-160, 166.
- [23] 符群, 李卉, 王振宇, 等. 减压—超声辅助醇法提取薇菜黄酮及其对抗氧化活性的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 113-120.
- [24] 付晶晶, 肖海芳, 宋元达. 金银花等6种植物提取物总黄酮含量与抗氧化性相关性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 159-163.
- [25] 陈红惠, 彭光华. 雪莲果叶酚酸提取物抑菌活性研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(1): 1-4.

(上接第172页)

- [22] 陆绮, 赵晖, 穆阳. 复方当归提取物对皮肤抗氧化作用实验研究[J]. 中国美容医学, 2007, 16(11): 1 574-1 576.
- [23] 姜冬梅, 朱源, 余江南, 等. 芳樟醇药理作用及制剂研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(18): 3 530-3 533.
- [24] GUNASEELAN S, BALUPILLAI A, GOVINDASAMY K, et al. The preventive effect of linalool on acute and chronic UVB-mediated skin carcinogenesis in Swiss albino mice[J]. Photochem Photobiol Sci, 2016, 15(7): 851-860.
- [25] 倪庆纯, 郭健敏, 肖百全, 等. 两种中药组方对D-半乳糖诱导的衰老模型裸鼠皮肤的影响[J]. 中草药, 2012, 43(9): 1 808-1 813.
- [26] 王挥, 冯菲, 李忠海, 等. 湘西香醋体内抗氧化及其淡化黄褐斑作用的研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(3): 30-33.
- [27] 吴伟, 吴晓娟, 蔡勇建, 等. 过氧自由基氧化修饰对大米蛋白功能性质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 5-8.
- [28] 李晓娟, 孟君, 徐莹, 等. 荔枝玫瑰酒的营养成分分析与皮肤抗氧化功效研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(10): 96-102.
- [29] 熊国红, 林海, 何建国, 等. 樟树叶精油抗PM2.5致肺上皮细胞损伤的研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 169-172.
- [30] 吴千超. 芳樟醇通过激活Nrf-2信号通路抑制小鼠多发性巴氏杆菌肺炎[D]. 吉林: 吉林大学, 2015: 34-36.
- [31] DE LUCENA J D, GADELHA-FILHO C V J, DA COSTA R O, et al. L-linalool exerts a neuroprotective action on hemiparkinsonian rats[J]. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology, 2020, 393(5): 1 077-1 088.

信息窗

韩国发布《食品等的标示标准》部分修改单

2月5日,韩国食品药品安全部(MFDS)发布了第2021-7号告示,修改《食品等的标示标准》的部分内容:

(1) 针对产品的分装或再包装的情形,可以变更的原有的标示事项中增加容器、包装材质。

(2) 删除茶类的其他标示事项中水果茶产品的产品名称限制规定;新设定茶类产品可以标示“脱咖啡因

产品”的规定;食品添加剂及器具等的杀菌消毒剂不再标示生产年月日,但可标示保质期。

(3) 根据食品添加剂及器具等的杀菌消毒剂生产日期或保质期,修改标示标准的具体条款。

(来源: <http://news.foodmate.net>)