

洋甘菊各萃取相抗氧化活性 及其有效成分分析

楚秉泉, 方若思, 李 玲, 肖功年, 袁海娜, 龚金炎*

(浙江科技学院生物与化学工程学院, 浙江省农产品化学与生物加工技术重点实验室,
浙江省农业生物资源生化制造协同创新中心, 浙江杭州 310023)

摘 要:目的:筛选洋甘菊醇提物抗氧化活性最强的萃取组分,并对该组分抗氧化活性的有效成分进行研究。方法:采用 DPPH $\cdot$ 、ABTS $^{+\cdot}$ 、O $_2^{\cdot-}$ 自由基清除能力和 FRAP 抗氧化功能测试方法,对比研究了洋甘菊醇提物不同极性萃取组分的抗氧化活性,并运用 HPLC 等方法对抗氧化能力最强萃取组分进行有效成分分析。结果:洋甘菊乙酸乙酯萃取组分的抗氧化能力最强,对 DPPH $\cdot$ 、ABTS $^{+\cdot}$ 和 O $_2^{\cdot-}$ 的 IC $_{50}$ 分别为 25.6、30.6 和 83.3 mg/mL,总抗氧化能力(以 trolox 计)为 16.7 mg/mL。成分分析表明,乙酸乙酯萃取相中总酚和总黄酮含量分别为 25.84% 和 14.93%,在检测到的 10 种多酚或黄酮类化合物中,木犀草素、蒙花苷和木犀草素-7-葡萄糖含量较丰富。结论:洋甘菊醇提物的乙酸乙酯萃取组分具有良好的抗氧化能力可能与其富含的多酚和黄酮成分有关。

关键词:洋甘菊, 乙酸乙酯, 萃取相, 抗氧化活性, 多酚, 黄酮

Antioxidant Activities and Analysis of Active Components in Different Extract Phases of Chamomile

CHU Bing-quan, FANG Ruo-si, LI Ling, XIAO Gong-nian, YUAN Hai-na, GONG Jin-yan*

(School of Biological and Chemical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Chemical and Biological Processing Technology of Farm Products, Zhejiang Provincial Collaborative Innovation Center of Agricultural Biological Resources Biochemical Manufacturing, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Objective: The purpose was to obtain the extraction fraction with the strongest antioxidant activity of the chamomile alcohol extracts, and thereby to explore its active components. Methods: The methods such as DPPH $\cdot$, ABTS $^{+\cdot}$, O $_2^{\cdot-}$ and FRAP were used to compare the antioxidant activities of different polar fractions of chamomile alcohol extracts. And then, the compositions of the strongest antioxidant fraction were analyzed by HPLC. Results: The ethyl acetate fraction of chamomile alcohol extracts had the strongest antioxidant capacity. The IC $_{50}$ of ethyl acetate fraction for DPPH $\cdot$, ABTS $^{+\cdot}$ and O $_2^{\cdot-}$ were 25.6, 30.6 and 83.3 mg/mL respectively, and the total antioxidant capacity (presented as trolox) was 16.7 mg/mL. The composition analysis showed that the contents of total phenol and total flavonoid in the ethyl acetate fraction were 25.84% and 14.93%, respectively. And the contents of luteolin, glucoside and luteolin-7-glucose were the highest among the 10 polyphenols or flavonoids in the ethyl acetate phase. Conclusion: The good antioxidant activity of acetate extracts of the extract of chamomile alcohol might be related to its rich polyphenols and flavonoids.

Key words: chamomile; acetic ether; extract phases; antioxidant activity; polyphenol; flavonoid

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)08-0001-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.08.001

引文格式: 楚秉泉, 方若思, 李玲, 等. 洋甘菊各萃取相抗氧化活性及其有效成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 1-6.

自由基如氧自由基(ROS)导致的蛋白质变性、DNA 损伤和脂质过氧化是诱发疾病、加速衰老的重要原因^[1-2]。正常情况下,代谢产生的过量自由基可被机体内多种抗氧化防御系统清除,进而预防氧化

应激损伤的发生^[3]。而当机体处于不良环境或受到如辐射、缺氧、药物、香烟烟雾和光化学空气污染物等作用时,均可能造成大量自由基的产生,威胁人类健康^[4]。因此,适当补充抗氧化剂,清除体内过量的

收稿日期: 2018-07-30

作者简介: 楚秉泉(1986-),男,博士,讲师,研究方向:天然产物与功能食品, E-mail: bqchu@zust.edu.cn。

* 通讯作者: 龚金炎(1982-),男,博士,副教授,研究方向:天然产物与功能食品, E-mail: gongjinyan1982@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31871763);浙江省自然科学基金项目(LQ13C200006)。

自由基,维持机体氧化还原平衡,对疾病防护和人体健康具有很大的益处。

洋甘菊(*Matricaria recutita* L.)又称母菊,为菊科甘菊属一年生或多年生草本植物,在德国、东欧、比利时、北美、英国等地区广泛分布,在我国北方和南方也有种植^[5],是一种重要的药用植物和香料原料^[6],多以其花序或全草入药。洋甘菊甘香味微苦,含有丰富的生物活性物质。从洋甘菊花序中提炼的精油,主要成分为萜类化合物、没药醇、母菊兰烯等,具有消炎、抗过敏、解痉、抑菌、清热、治疗溃疡等功效^[7-9];洋甘菊醇提取液富含的酚酸、香豆素类和黄酮类化合物,具有抗氧化、保肝护肝、抗血管增生、消炎、抗变应性和抗病毒等功效^[10-11]。但目前研究多集中于洋甘菊水提物或醇提物的功能评价^[12-13],少有涉及洋甘菊提取物不同部位的抗氧化活性以及相关化学成分的分析研究。

因此,本研究以 DPPH·、ATBS⁺·、O₂⁻·清除实验及 FRAP 法测定的总还原力为指针,对比分析洋甘菊醇提物不同极性组分的抗氧化功效,对筛选出最佳抗氧化活性组分进行总酚和总黄酮测定,并运用高效液相色谱仪(HPLC)进行多酚成分分析,以期对洋甘菊抗氧化功能成分的深入研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

洋甘菊 杭州艺福堂茶业有限公司;新绿原酸、绿原酸、1,3-二咖啡酰奎宁酸、木犀草素-7-葡萄糖、异绿原酸 B、异绿原酸 C、蒙花苷、木犀草素和芹菜素标准品(纯度均大于 98%) 上海永恒生物科技有限公司;乙腈(色谱纯) 德国 Merck 公司;DPPH·、ABTS⁺·、TPTZ、Trolox、NBT、PMS、NADH 等 上海阿拉丁生化科技股份有限公司;无水乙醇、石油醚(60~90℃)、乙酸乙酯、正丁醇、氯化铁、过硫酸钾等 分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

BSA124s 精密分析天平 赛多利斯(Sartorius)科学仪器(北京)有限公司;KQ-500E 型超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;Waterse2695 高效液相色谱仪(含自动进样器、柱温箱、2998 光电二极管阵列检测器) 美国 Waters 公司;Eon 型酶标仪 美国伯腾(BioTek)仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 洋甘菊有效成分的提取 洋甘菊 50℃烘干后粉碎,过 60 目筛。准确称取 200.0 g 洋甘菊粉,用无水乙醇(料液比=1:10 g/mL)浸泡 24 h 后,120 W 超声提取 30 min,抽滤。滤渣用无水乙醇重复超声提取 1 次。合并滤液,40℃减压浓缩至浸膏(无醇味),回收乙醇。浸膏用纯净水重新分散溶解,依次用体积比为 1:1 的石油醚、乙酸乙酯、正丁醇各萃取 4 次,即得石油醚相、乙酸乙酯相、正丁醇相和剩余水相。分别 40℃减压浓缩至干后,-40℃冷冻干燥 36 h。各冻干物用甲醇配制成相应浓度的待测样本,4℃保存备用。

1.2.2 各提取组分的抗氧化活性

1.2.2.1 DPPH·清除实验 用甲醇配制 0.10 mmol/L

的 DPPH·溶液,现配现用。取 0.1 mL 不同质量浓度的待测样本与 3.9 mL DPPH·溶液混匀;待测样空白对照组为相应质量浓度待测样本 0.1 mL 加入 3.9 mL 甲醇;DPPH·空白对照组为 3.9 mL DPPH·加入 0.1 mL 甲醇。室温下避光反应 30 min 后,在 517 nm 波长下测定吸光度值。另以不同质量浓度的 V_C 溶液作为阳性对照^[14]。按下列公式计算各样本的 DPPH·清除率,并计算各待测样本的半抑制浓度(IC₅₀)。实验重复 3 次。

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除率}(\%) = [1 - (A_{\text{待测样}} - A_{\text{待测样空白对照}}) / A_{\text{DPPH} \cdot \text{空白对照}}] \times 100$$

1.2.2.2 ABTS⁺·清除实验 用纯水配制 2.45 mmol/L 过硫酸钾和 7 mmol/L ABTS⁺·混合溶液。室温下避光静置 16 h,制成 ABTS⁺·储备液。临用前用纯水稀释至吸光值为 0.700 ± 0.02 (734 nm) 的 ABTS⁺·工作液。分别取 0.1 mL 不同质量浓度的待测样本加入 3.9 mL 的 ABTS⁺·工作液;待测样空白对照组为相应质量浓度待测样本 0.1 mL 加入 3.9 mL 的纯水;ABTS⁺·空白对照组为 3.9 mL ABTS⁺·工作液加入 0.1 mL 甲醇。混匀后室温下反应 6 min,在 734 nm 波长下测定吸光值。另以不同质量浓度的 V_C 溶液作为阳性对照。按下列公式计算各样本的 ABTS⁺·清除率,并计算各待测样本的半抑制浓度(IC₅₀)^[14]。实验重复 3 次。

$$\text{ABTS}^+ \cdot \text{清除率}(\%) = [1 - (A_{\text{待测样}} - A_{\text{待测样空白对照}}) / A_{\text{ABTS}^+ \cdot \text{空白对照}}] \times 100$$

1.2.2.3 O₂⁻·清除能力测定法 按照文献[14]方法,略有修改。取 0.75 mL 的不同质量浓度的待测样本分别依次加入 0.75 mL 300 μmol/L 的 NBT 磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH = 7.4)、0.75 mL 936 μmol/L 的 NADH 磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH = 7.4)和 0.75 mL 120 μmol/L 的 PMS 磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH = 7.4);以 0.75 mL 甲醇加入各反应试剂作为反应试剂空白对照;以 2.25 mL 纯水加入不同浓度待测样本 0.75 mL 为待测样空白对照。充分混匀后于室温下反应 5 min,在 560 nm 下测定吸光度值。另以不同质量浓度的 V_C 溶液作为阳性对照。根据下列公式计算各样本的 O₂⁻·的清除率,并计算各待测样本的半抑制浓度(IC₅₀)。实验重复 3 次。

$$\text{O}_2^- \cdot \text{清除率}(\%) = [1 - (A_{\text{待测样}} - A_{\text{待测样空白对照}}) / A_{\text{反应试剂空白对照}}] \times 100$$

1.2.2.4 FRAP 法测定还原能力 参考文献[15]方法,略有修改。配制 100 mmol/L 醋酸缓冲液(pH = 3.6)、10 mmol/L TPTZ 溶液(40 mmol/L 盐酸溶液配制)和 20 mmol/L 氯化铁溶液,按 10:1:1 的比例进行混匀后得 RFAP 工作液,现配现用。取 3.9 mL RFAP 工作液,加入 0.1 mL 0.5 mg/mL 的待测样本(浓度由预实验测得),混合均匀后,在 37℃的恒温水浴中反应 10 min 后于 593 nm 下测定吸光度值,以甲醇为空白对照。结果表达为每克干重相当于 Trolox 还原力的相当量(mg trolox equivalent antioxidant capacity/g dry weight, mg TEAC/g DW)。实验重复 3 次。

1.2.3 最佳抗氧化活性组分成分分析 将抗氧化活

性最佳的萃取相(乙酸乙酯萃取相)冷冻干燥后用甲醇配制 10 mg/mL 样本,4 ℃ 保存备用。

1.2.3.1 总黄酮和总酚的测定 参考文献[16]方法,以芦丁为标准品,亚硝酸钠-硝酸铝显色法(510 nm)建立标准曲线,测定乙酸乙酯萃取相中的总黄酮含量(%);以没食子酸为标准品,福林酚显色法(570 nm)建立标准曲线,测定乙酸乙酯萃取相中的总酚含量(%)。

1.2.3.2 多酚化合物组分分析 用甲醇配制新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、木犀草素-7-葡萄糖、异绿原酸 B、异绿原酸 C、1,3-二咖啡酰奎宁酸、蒙花苷、木犀草素和芹菜素标准品的混合溶液,4 ℃ 保存备用。

液相色谱条件及测定方法:色谱柱为 Luna-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);流动相 A:乙腈,流动相 B:0.1% 磷酸溶液。流速 0.8 mL/min,检测波长 330 nm,进样量 10 μL,柱温 35 ℃,梯度洗脱条件见表 1。标准曲线法定量待测样本中多酚成分组成。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据处理,结果以 $\bar{X} \pm SD$ 表示,用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行 T 检验和显著性分析, $p < 0.05$ 为数据具有统计学意义。

表 1 流动相梯度条件

Table 1 HPLC gradient elution conditions

时间(min)	流动相 A(%)	流动相 B(%)
0~11	10~18	90~82
11~32	18	82
32~55	18~40	82~60
55~60	40~70	60~30
60~70	70~10	30~90

2 结果与分析

2.1 洋甘菊醇提物各萃取相的抗氧化活性比较

洋甘菊醇提物不同极性组分对 DPPH·、ABTS⁺·和 O₂⁻·清除作用分别见图1、图2 和图 3,根据标准曲线方程计算各组分的半数抑制浓度(IC₅₀)(n=3)。采用 FRAP 法测定各组分的总还原能力,结果见表 2。

结果表明,乙酸乙酯组分对于清除 3 种自由基(DPPH·、ABTS⁺·和 O₂⁻·)的 IC₅₀ 值分别为 25.6、30.6 和 83.3 mg/mL,总还原能力测定值为 16.7 mg TEAC/g DW,是 4 个不同极性萃取相中抗氧化能力最强的组分,但抗氧化能力略低于阳性对照(V_c)组。其余 3 个组分在 4 种抗氧化评价体系中也均表现出相同的变化

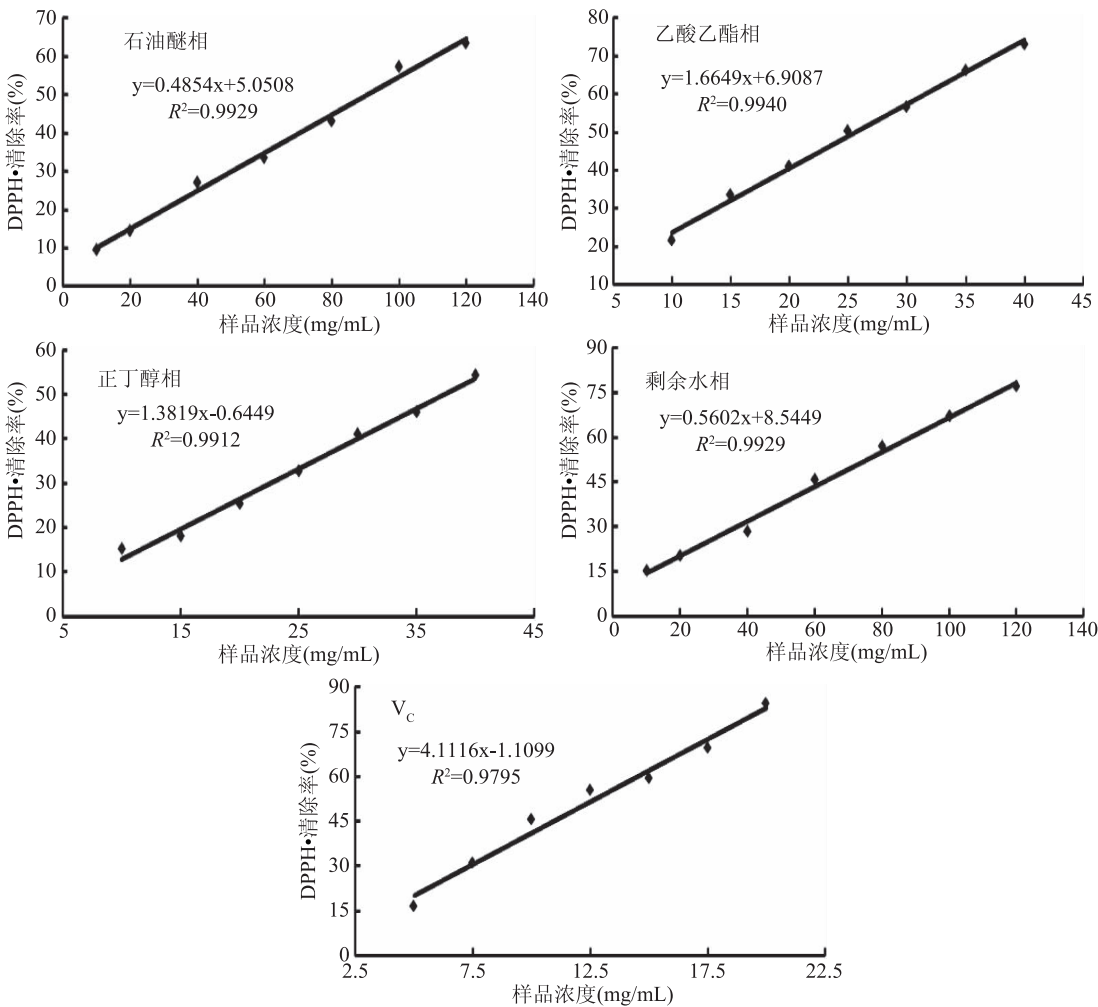


图 1 洋甘菊醇提物不同极性组分对 DPPH·的清除作用

Fig.2 DPPH· scavenging capacity of different polar fractions of chamomile alcohol extracts

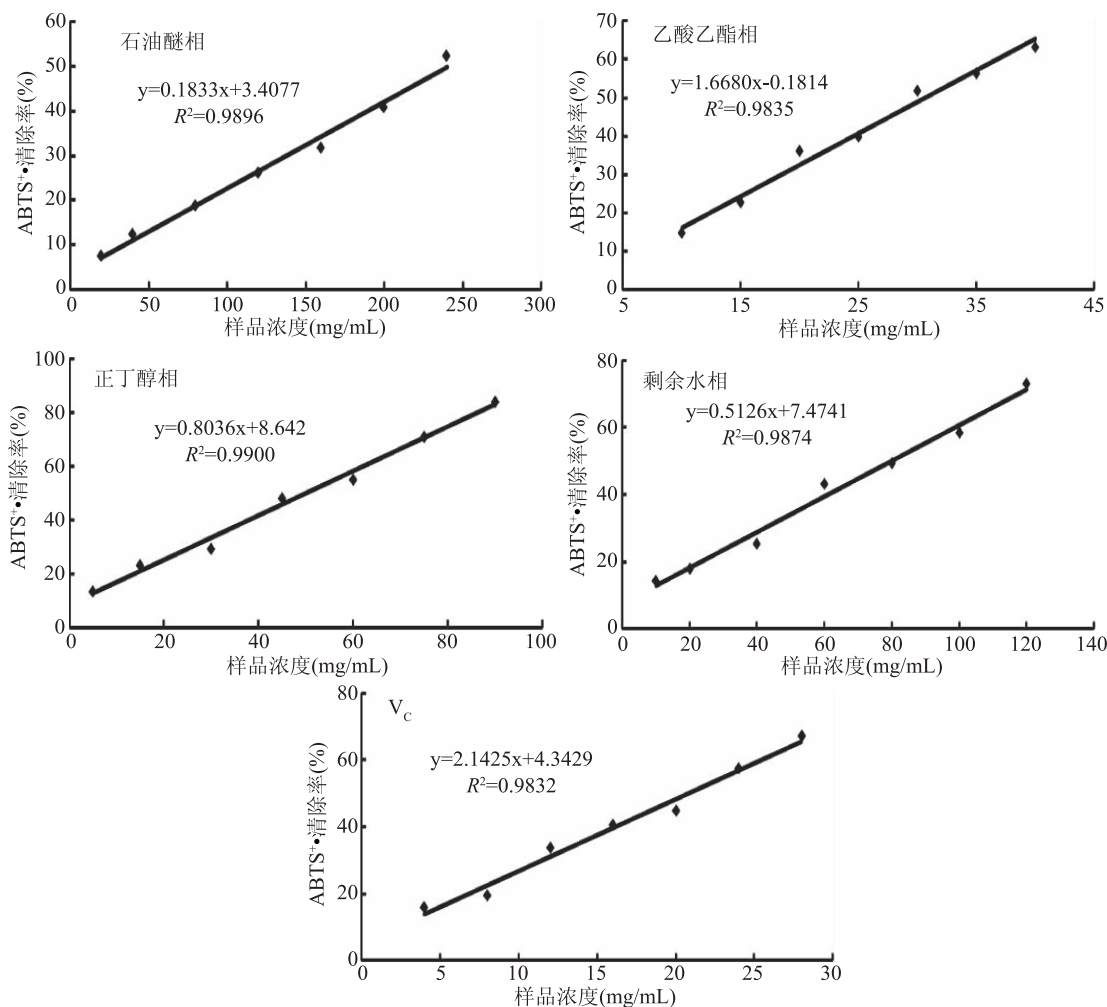


图2 洋甘菊醇提取物不同极性组分对 ABTS⁺·的清除作用

Fig.2 ABTS⁺· scavenging capacity of different polar fractions of chamomile alcohol extracts

表2 洋甘菊醇提取物不同极性组分的抗氧化活性($\bar{X} \pm SD, n = 3$)

Table 2 Antioxidant activities of different polar fractions of chamomile alcohol extracts($\bar{X} \pm SD, n = 3$)

待测样品	IC ₅₀ (mg/mL)			FRAP 法总还原能力 (mg TEAC/g DW)
	DPPH·	ABTS ⁺ ·	O ₂ ⁻ ·	
石油醚相	90.4 ± 7.1 ^e	241.0 ± 23.4 ^e	877.3 ± 82.5 ^e	5.2 ± 0.6 ^a
乙酸乙酯相	25.6 ± 0.5 ^b	30.6 ± 3.3 ^b	83.3 ± 7.1 ^b	16.7 ± 1.7 ^c
正丁醇相	37.5 ± 2.1 ^c	50.2 ± 8.7 ^c	159.8 ± 10.6 ^c	9.0 ± 1.1 ^b
剩余水相	71.4 ± 7.6 ^d	79.8 ± 6.3 ^d	362.5 ± 35.4 ^d	6.4 ± 0.7 ^a
V _c	12.1 ± 0.3 ^a	20.8 ± 1.5 ^a	37.9 ± 2.7 ^a	21.1 ± 0.8 ^d

注:每列中不同字母表示具有显著性差异($p < 0.05$)。

趋势,抗氧化活性强弱从大到小排列为:乙酸乙酯相 > 正丁醇相 > 剩余水相 > 石油醚相。乙酸乙酯组分中多为中等极性的成分,其含有较丰富的多酚、黄酮类化合物,据报道具有良好抗氧化功效的组分^[16]。

2.2 洋甘菊醇提取物的乙酸乙酯组分中总酚和总黄酮含量

多酚和黄酮具有多个酚羟基结构,是天然产物中主要的抗氧化成分之一,具有丰富的药理活性^[17-18]。实验采用亚硝酸钠-硝酸铝显色法(以芦丁为标准品)和福林酚显色法(以没食子酸为标准品)分别对洋甘菊抗氧化活性最强的乙酸乙酯萃取相中的总黄酮和总酚含量进行分析。结果表明,芦丁和

没食子酸的标准曲线方程分别为 $y = 0.0761x + 0.001$ ($R^2 = 0.9936$) 和 $y = 0.1852x + 0.0057$ ($R^2 = 0.9996$), 以此标准曲线计算得总酚和总黄酮含量分别为 25.84% 和 14.93% (图 4), 推测该萃取相较强的抗氧化活性可能与其丰富的酚类和黄酮类化合物有关。

2.3 洋甘菊醇提取物的乙酸乙酯组分中多酚或黄酮成分分析

进一步采用 HPLC 法分析乙酸乙酯组分中的多酚或黄酮成分(新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、1,3-二咖啡酰奎宁酸、木犀草素-7-葡萄糖、异绿原酸 B、异绿原酸 C、蒙花苷、木犀草素和芹菜素)的含量。通过标准品与样本 HPLC 图谱中保留时间及各色谱峰

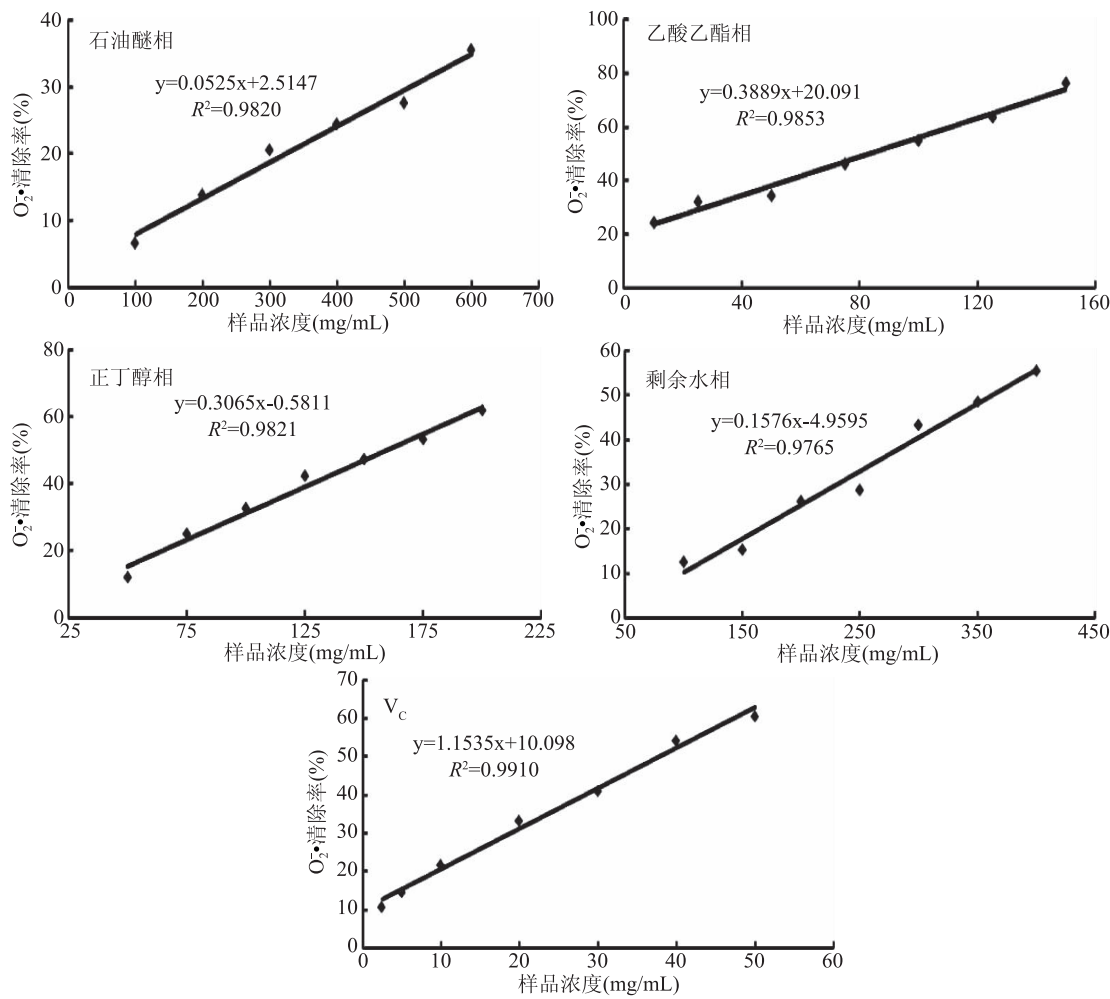


图3 洋甘菊醇提物不同极性组分对 $O_2\cdot^-$ 的清除作用

Fig3 $O_2\cdot^-$ scavenging capacity of different polar fractions of chamomile alcohol extracts

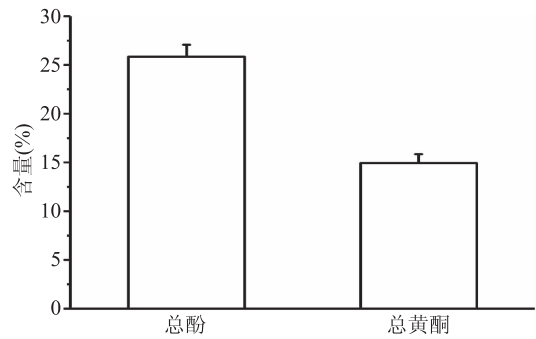


图4 洋甘菊醇提物的乙酸乙酯组分中总酚和总黄酮含量($n=3$)

Fig4 Contents of total phenol and total flavonoid in the ethyl acetate fraction of chamomile alcohol extracts ($n=3$)

的紫外吸收谱吻合度比对(图5),结合外标法对样本中10种多酚或黄酮成分进行定性定量分析,结果如表3所示。10种化合物在洋甘菊中均被检出,采用标准曲线法测定各组分的含量。结果表明,洋甘菊乙酸乙酯组分中木犀草素含量最高,为7.057 mg/g DW,其次是蒙花苷和木犀草素-7-葡萄糖,分别为5.736和5.605 mg/g DW(表3),而这些化合物均被报道具有较好的抗氧化活性^[19-21],表明洋甘菊醇提物的乙酸乙酯组分良好的抗氧化能力可能与其丰富的多酚和黄

酮有关。

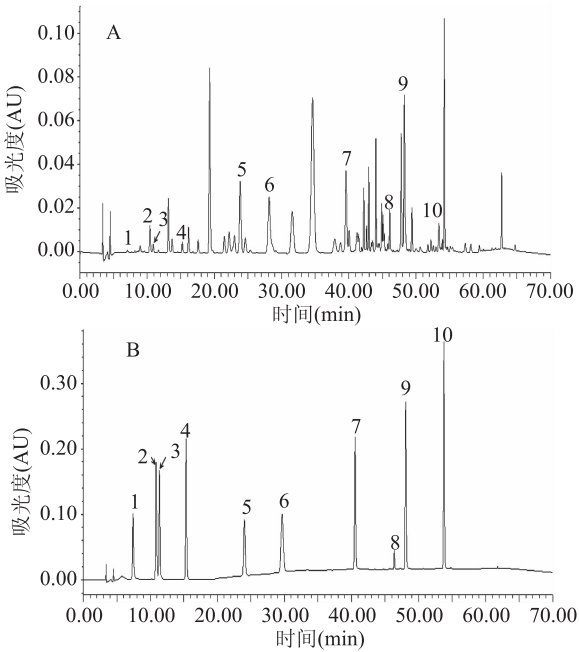


图5 待测样本(A)和混合标准品溶液(B)的HPLC图
Fig.5 HPLC of sample(A) and mixed reference(B) solution

表3 洋甘菊醇提物的乙酸乙酯组分中
多酚或黄酮成分及含量($\bar{X} \pm SD, n=3$)

Table 3 Contents of polyphenols/flavonoids in the ethyl
acetate fraction of chamomile alcohol extracts($\bar{X} \pm SD, n=3$)

出峰 编号	化合物	出峰时间 (min)	含量 (mg/g DW)
1	新绿原酸	7.421	0.295 ± 0.026
2	绿原酸	10.858	4.389 ± 0.284
3	隐绿原酸	11.361	1.328 ± 0.088
4	1,3-二咖啡酰奎宁酸	15.339	0.642 ± 0.053
5	木犀草素-7-葡萄糖	24.029	5.605 ± 0.389
6	异绿原酸 B	29.661	1.340 ± 0.067
7	异绿原酸 C	40.534	3.094 ± 0.111
8	蒙花苷	46.377	5.736 ± 0.345
9	木犀草素	48.081	7.057 ± 0.628
10	芹菜素	53.795	2.467 ± 0.291

3 结论

本实验采用4种抗氧化评价方法,较系统地对比分析了洋甘菊醇提物不同极性(石油醚、乙酸乙酯、正丁醇、剩余水相)萃取组分的抗氧化活性,结果发现乙酸乙酯萃取相活性最佳。对乙酸乙酯萃取相中总酚和总黄酮含量进行测定,两种成分分别为25.84%和14.93%,说明洋甘菊是一种富含多酚和黄酮成分的植物;进一步采用HPLC测定了乙酸乙酯萃取相中的10种多酚或黄酮类化合物,表明木犀草素、蒙花苷和木犀草素-7-葡萄糖含量较丰富。

在未来的研究中,我们将进一步明确起主要抗氧化作用的多酚/黄酮类化合物及其量效关系;关于洋甘菊提取物的体内抗氧化功能及其作用机制研究也将在后续的工作中展开。

参考文献

- [1] Mishra V. Oxidative stress and role of antioxidant supplementation in critical illness[J]. Clinical Laboratory, 2007, 53(3-4): 199-209.
- [2] Bratic A, Larsson N. The role of mitochondria in aging[J]. Journal of Clinical Investigation, 2013, 123(3): 951-957.
- [3] Heo H J, Kim D, Shin S C, et al. Effect of antioxidant flavanone, naringenin from *Citrus junos* on neuroprotection[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 1520-1525.
- [4] 郑瑞生, 封辉, 戴聪杰, 等. 植物中抗氧化活性成分研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(9): 85-90.
- [5] 徐杨斌, 唐辉, 朱劲涌, 等. 气相色谱飞行时间质谱法分析不同产地洋甘菊油的挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 69-74.
- [6] Villa-Rodriguez J A, Aydin E, Gauer J S, et al. Green and chamomile teas, but not acarbose, attenuate glucose and fructose transport via inhibition of GLUT2 and GLUT5[J]. Molecular Nutrition and Food Research, 2017, 61(12): 1700566.
- [7] Gardiner P. Complementary, holistic, and integrative medicine:

Chamomile[J]. Pediatrics in Review, 2007, 28(4): 16-18.

- [8] Owlia P, Rasooli I, Sadari H. Antistreptococcal and antioxidant activity of essential oil from *Matricaria chamomilla* L [J]. Research Journal of Biological Sciences, 2007, 2(2): 155-160.
- [9] Tsivelika N, Sarrou E, Gusheva K, et al. Phenotypic variation of wild Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) populations and their evaluation for medicinally important essential oil [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2018, 80: 21-28.
- [10] Tavakol H S, Farzad K, Fariba M, et al. Hepatoprotective effect of *Matricaria chamomilla* L. in paraquat induced rat liver injury[J]. Drug Research, 2014, 64: 1-5.
- [11] Park E H, Bae W Y, Eom S J, et al. Improved antioxidative and cytotoxic activities of chamomile (*Matricaria chamomilla*) florets fermented by *Lactobacillus plantarum* KCCM 11613P [J]. Journal of Zhejiang University - Science B (Biomedicine and Biotechnology), 2017, 18(2): 152-160.
- [12] Al-Ismail K M, Aburjai T. Antioxidant activity of water and alcohol extracts of chamomile flowers, anise seeds and dill seeds [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84(2): 173-178.
- [13] Qasem A, Al-Ismail K. Antioxidant activity of alcohol extracts of chamomile flowers, anise seeds and dill seeds in two vegetable oils and two animal fats [J]. Grasas Y Aceites, 2004, 55(4): 345-353.
- [14] Ge Y, Duan Y, Fang G, et al. Polysaccharides from fruit calyx of *Physalis alkekengi* var. francheti: Isolation, purification, structural features and antioxidant activities [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77: 188-193.
- [15] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay [J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239(1): 70-76.
- [16] Alibabaei Z, Rabiei Z, Rahnema S, et al. *Matricaria chamomilla* extract demonstrates antioxidant properties against elevated rat brain oxidative status induced by amnestic dose of scopolamine [J]. Biomedicine and Aging Pathology, 2014, 4(4): 355-360.
- [17] Baldini T F, Neri - Numa I A, Sacramento C K, et al. Elaboration and characterization of apple nectars supplemented with araçá-boi (*Eugenia stipitata* mac vaugh - myrtaceae) [J]. Beverages, 2017, 3: 59.
- [18] 闫蕊, 赵桦. 黄花油点草总黄酮超声提取工艺的响应面优化及抗氧化性分析[J]. 食品工业科技, 2018(10): 190-196, 203.
- [19] Heleno S A, Martins A, Queiroz M J, et al. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review [J]. Food Chemistry, 2015, 173: 501-513.
- [20] 王建, 姚东瑞, 王芙蓉, 等. 基于木犀草素结构的氨基醌合成和抗氧化性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2017(29): 1736-1744.
- [21] 夏伯侯, 周亚敏, 谢家驰, 等. UPLC测定野菊花中5种抗氧化活性成分的含量[J]. 中药材, 2016(2): 348-351.