

显齿蛇葡萄叶提取物黄酮化合物鉴定及抗氧化活性研究

戴昊昕¹ 杨大伟²

(1. 长沙环境保护职业技术学院, 湖南 长沙 410000; 2. 湖南农业大学, 湖南 长沙 410000)

摘要: [目的] 探究显齿蛇葡萄叶提取物的黄酮化合物组成及抗氧化活性。[方法] 采用高效液相色谱法对提取物的黄酮化合物进行定性鉴定和定量测定, 以茶多酚和维生素 C 为对照, 测定提取物对羟·、DPPH·、超氧阴离子·、ABTS⁺ 4 种自由基的清除能力, 并分析提取物在薯片贮藏过程中的抗氧化效果。[结果] 提取物中黄酮和多酚含量分别为 41.07%, 45.50%; 提取物中存在 5 种黄酮化合物, 分别为二氢杨梅素、花旗松素、牡荆素、芦丁和槲皮素, 其中二氢杨梅素为显齿蛇葡萄主要的黄酮化合物; 提取物对羟·、DPPH·、超氧阴离子·、ABTS⁺ 4 种自由基的清除率高于相同质量浓度的茶多酚和维生素 C, 说明提取物的体外抗氧化能力比对照品的强; 酸性条件下提取物的抗氧化能力比中性和碱性条件下的强; 贮藏 8 个月内, 提取物对薯片具有显著的抗氧化效果 ($P < 0.05$)。[结论] 显齿蛇葡萄提取物中抗氧化活性成分含量高达 86%, 具有很强的抗氧化能力, 可作为食品抗氧化剂和功能食品的开发原料。

关键词: 显齿蛇葡萄; 提取物; 黄酮; 结构鉴定; 抗氧化特性

Flavonoid identification and antioxidant activity of *Ampelopsis grossedentata* leaf extract

DAI Haoxin¹ YANG Dawei²

(1. Changsha Environmental Protection Vocational College, Changsha, Hunan 410000, China;
2. Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410000, China)

Abstract: [Objective] To investigate the composition and antioxidant properties of flavonoids from the *Ampelopsis grossedentata* leaf extract. [Methods] Qualitative identification and quantitative determination are conducted on flavonoids from the extract by high-performance liquid chromatography (HPLC). Then, with tea polyphenols and vitamin C as controls, the scavenging rates of the extract are determined against four free radicals, including OH·, DPPH·, O₂⁻, and ABTS⁺, and the antioxidant effect of the extract is studied during potato chip storage. [Results] The results show that the flavonoid and polyphenol content of the extract are 41.07% and 45.50%, respectively. There are five types of flavonoids in the extract, namely dihydromyricetin, taxifolin, vitexin, rutin, and quercetin. Among the flavonoids mentioned, dihydromyricetin is the primary one in *A. grossedentata*. Compared to tea polyphenols and vitamin C, the extract at the same concentration exhibits higher OH·, DPPH·, O₂⁻, and ABTS⁺ free radical scavenging rate, indicating a stronger *in vitro* antioxidant capacity than the control. The antioxidant capacity of the extract under acidic conditions is stronger than that under neutral and alkaline conditions. During the 8-month storage period, the extract demonstrates significant antioxidant effects on potato chips ($P < 0.05$). [Conclusion] The antioxidant active ingredient content in *A. grossedentata* extract is as high as 86%, indicating a strong antioxidant capacity. Therefore, the extract can be developed as a food antioxidant and raw material for functional food.

Keywords: *Ampelopsis grossedentata*; extract; flavonoid; structure identification; antioxidant property

通信作者: 杨大伟 (1967—), 男, 湖南农业大学副教授, 博士。E-mail: 3338930969@qq.com

收稿日期: 2024-08-30 改回日期: 2025-10-16

引用格式: 戴昊昕, 杨大伟. 显齿蛇葡萄叶提取物黄酮化合物鉴定及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2026, 42(1): 139-144.

Citation: DAI Haoxin, YANG Dawei. Flavonoid identification and antioxidant activity of *Ampelopsis grossedentata* leaf extract[J]. Food & Machinery, 2026, 42(1): 139-144.

显齿蛇葡萄(*Ampelopsis grossedentata*)为葡萄科蛇葡萄属木质藤本植物^[1]。其主干茶茎上有细长的藤茎分支,人工采摘部分通常为其藤蔓及新鲜叶片,经过杀青干制后成索条状,称为藤茶,主要分布在中国湖南、湖北、贵州、福建和广西等地。显齿蛇葡萄的主要化学成分为黄酮和多酚^[2],以二氢杨梅素为主^[3],具有抑菌消炎、降低高血压及护肝等功能^[4-6]。有研究^[7]发现,二氢杨梅素可显著降低肝损伤细胞中活性氧水平。藤茶也称莓茶,在湖南主要集中在湘西地区,其中张家界永定区和湘西州永顺县的干茶年产量达6 000余t。目前,显齿蛇葡萄代泡茶为莓茶产业主要的加工品,其产品单一,产业发展后劲不足。

目前,水提工艺是二氢杨梅素提取的主要方法^[8]。试验拟以干制的显齿蛇葡萄叶水提取物为研究对象,以黄酮化合物为切入点,在其含量测定和结构鉴定的基础上,分析提取物的体外抗氧化性以及薯片贮藏过程中的抗氧化效果,以期对显齿蛇葡萄产业发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

显齿蛇葡萄叶:张家界公昭乡村旅游开发有限责任公司;

无水乙醇:分析纯,郑州派尼化学试剂厂;

亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、L(+)-抗坏血酸、乙醚:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

甲醇:色谱纯,国药集团化学试剂有限公司;

芦丁、没食子酸、二氢杨梅素、槲皮素、牡荆素、花旗松素、芹菜素、橙皮素、根皮素、木犀草素、山奈酚 11 种标准品:色谱纯,成都德思特生物技术有限公司;

1,1-二苯基-2-3-硝基苯胍和冰乙酸:色谱纯,梯希爱(上海)化工工业发展有限公司;

三(羟甲基)氨基甲烷:超级纯,北京索莱宝科技有限公司;

2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸:试剂纯,上海瑞永生物科技有限公司;

过硫酸钾:分析纯,西陇化工股份有限公司;

无水硫酸钠:分析纯,北京华威锐科化工有限公司;

异辛烷:色谱纯,广州市康洋化工有限公司;

茶多酚:质量分数 97%,上海麦克林生化科技有限公司;

异丙醇、甲基叔丁基醚:色谱纯,上海麦克林生化科技有限公司;

碘化钾、硫代硫酸钠等:分析纯,上海麦克林生化科技有限公司;

酶标仪:PectraMax ABS Plus 型,美谷分子仪器有限公司;

电热恒温水浴锅:DZKW-S-8 型,北京市光明医疗仪

器有限公司;

高效液相色谱仪:Agilent 1260 型,美国安捷伦科技有限公司;

pH 计:PHS-3E 型,上海仪电科技有限公司;

电位滴定仪:PHSJ-6L 型,上海仪电科学仪器有限公司;

旋转蒸发仪:RE-2000B 型,上海亚荣生化仪器厂;

紫外—可见分光光度计:UV-1801 型,北京北分瑞利分析仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 显齿蛇葡萄叶提取物制备 以纯水为提取剂,在 80 ℃、料液比 1:10 (g/mL)下提取干燥显齿蛇葡萄叶 30 min。提取液经离心、静置、冷却结晶及分离后,进行冷冻干燥,制得最终提取物,真空包装后于 5 ℃下贮藏备用。

1.2.2 提取物黄酮含量测定 参照吴清孝^[9]的方法绘制芦丁标准曲线,得回归方程 $y=6.154\ 3x-0.005\ 5$, $R^2=0.998\ 9$ 。准确量取 2.0 mL 提取物溶液,按照芦丁标准曲线绘制方法测定提取物溶液吸光度并计算黄酮含量。

1.2.3 提取物中多酚含量测定 参照成宏斌等^[10]的方法绘制没食子酸标准曲线,得回归方程 $y=59.386x-0.026\ 8$, $R^2=0.990\ 9$ 。准确量取 1.0 mL 提取物溶液,按照没食子酸标准曲线绘制方法测定提取物吸光度值并计算多酚含量。

1.2.4 黄酮化合物鉴定

(1) 定性分析:用甲醇将芦丁、二氢杨梅素、槲皮素、牡荆素、花旗松素、芹菜素、橙皮素、根皮素、木犀草素、山奈酚 10 种黄酮标准品分别配制成 100 μg/mL 单标溶液,将 10 种黄酮标准品配制成 100 μg/mL 的混标溶液。准确称量 10.00 mg 提取物,加 1.0 mL 甲醇,配制成 10 mg/mL 溶液。单标、混标和提取物溶液均超声 30 min。用高效液相色谱法进行色谱分析。

(2) 定量分析:采用高效液相色谱法对定性鉴定的芦丁、二氢杨梅素、槲皮素、牡荆素、花旗松素 5 种黄酮化合物进行定量分析。

(3) HPLC 条件:流动相 A 为甲醇,流动相 B 为 0.4% 磷酸—水溶液,采用梯度模式。初始梯度为 12% 流动相 A,88% 流动相 B。第 0.01 min,改变梯度(50% 流动相 A 和 50% 流动相 B),持续 30 min;第 30.01 min,线性梯度达到 90% 流动相 A 和 10% 流动相 B,保持 10 min;第 40.01 min,线性梯度达到 12% 流动相 A 和 88% 流动相 B,持续 5 min。流速 1.0 mL/min, C_{18} 色谱柱,柱温 35 ℃,检测波长 290,360 nm,进样量 10 μL。

1.2.5 提取物的抗氧化性

(1) 抗氧化物溶液的制备:以无水乙醇为溶剂,将显齿蛇葡萄提取物和茶多酚分别配制成 5,10,50,150,250,350,450 μg/mL 的样品溶液。以超纯水为溶剂,将维生素 C 配制为相同质量浓度的样品溶液。

(2) ABTS⁺自由基清除率的测定:参照 Zheng 等^[11-12]

的方法。按式(1)计算ABTS⁺自由基清除率。

$$R = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_o} \right) \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R ——自由基清除率,%;

A_i ——反应平衡后的吸光度;

A_j ——样品本身的吸光度;

A_o ——未加样品的自由基吸光度。

(3) 超氧阴离子自由基清除率测定:参照杨永涛^[13]的方法。按式(1)计算超氧阴离子自由基清除率。

(4) DPPH 自由基清除方法测定:参照陈亦璐等^[14]的方法。按式(1)计算DPPH 自由基清除率。

(5) 羟自由基清除率测定:参照赵鹏云^[15]的方法。按式(1)计算羟自由基清除率。

(6) 酸性特征分析:配制0.01 mol/L 氢氧化钠溶液。用超纯水配制质量浓度为0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 mg/mL 的提取物溶液, 滴入1~2滴酚酞试剂, 摇匀, 用0.01 mol/L 氢氧化钠溶液滴定, 溶液由无色变为黄色, 并保持30 s 不变色, 重复测定3次。以氢氧化钠滴定评价提取物的酸性特征。

(7) pH 对提取物抗自由基氧化能力的影响:参照唐雅园等^[16]的方法并略作改动。将提取物分别溶于pH 为3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 的Na₂HPO₄-柠檬酸缓冲液(0.1 mol/L)中, 配制成质量浓度为50 μg/mL 的溶液, 并用HCl 或NaOH 溶液分别调节pH, 室温避光放置2 h, 以无水乙醇配制提取物溶液为对照, 测定提取物对DPPH 自由基的清除率。

(8) 提取物对薯片的抗氧化效果:将土豆切片、冷冻干燥、油炸制备薯片。向薯片中分别添加0.0%(对照组), 0.5%, 1.0%, 1.5% 的提取物, 混匀, 室温贮藏。每隔60 d 测定薯片的过氧化值。

(9) 过氧化值(POV)测定:根据GB 5009.227—2023。

1.3 数据处理

利用Excel 2016 软件进行数据处理, 采用Origin 2021 软件作图, 利用SPSS 24 软件进行方差分析。试验数据以平均值±标准差表示。采用Duncan's 多重比较法进行差异显著性检验, $P < 0.05$ 表示存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 提取物中黄酮和多酚含量

根据芦丁和没食子酸标准曲线方程, 测得显齿蛇葡萄叶提取物中黄酮含量为41.07%, 多酚含量为45.50%。表明显齿蛇葡萄叶提取物中黄酮和多酚含量较高, 为提取物的主要化学成分。

2.2 黄酮化合物鉴定

2.2.1 定性分析 由图1、图2可知, 提取物中可能有5种黄酮化合物, 分别为二氢杨梅素、花旗松素、牡荆素、芦丁和槲皮素。

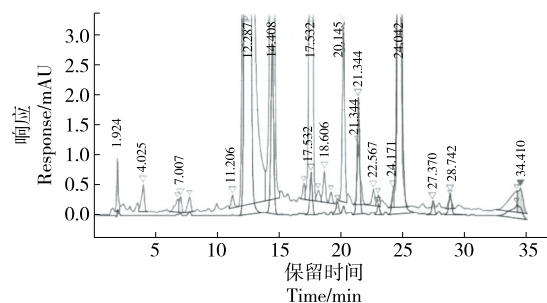


图1 显齿蛇葡萄叶提取物的HPLC图

Figure 1 HPLC graph of *Ampelopsis grossedentata* leaf extract

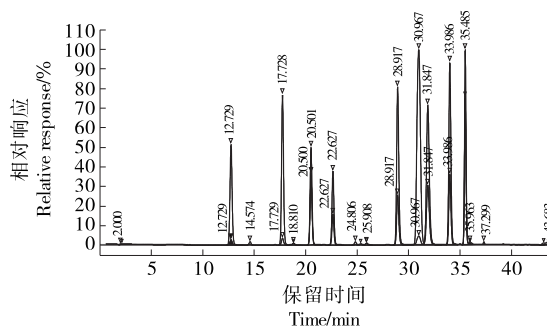


图2 黄酮混合标准品的HPLC图

Figure 2 HPLC graph of flavonoid mixture standards

2.2.2 定量分析 以峰面积为纵坐标, 浓度为横坐标作标准曲线, 黄酮标准品的标曲回归方程及提取物中黄酮含量见表1。

表1 黄酮标准品的标曲回归方程及提取物中黄酮含量

Table 1 Standard curve regression equation of flavonoid standards and the flavonoid content in the extract

化合物	回归方程	R^2	含量/%
二氢杨梅素	$y = 28.069x - 216.440$	0.998 7	39.190
花旗松素	$y = 36.870x - 51.000$	0.998 8	0.660
牡荆素	$y = 18.668x + 48.445$	0.999 2	0.110
芦丁	$y = 16.994x - 13.440$	0.997 5	0.021
槲皮素	$y = 39.010x - 14.177$	0.998 0	0.017

由表1可知, 显齿蛇葡萄叶提取物中含有二氢杨梅素、花旗松素、牡荆素、芦丁和槲皮素5种黄酮化合物, 其中二氢杨梅素含量最高, 为提取物中的主要黄酮成分。因此, 二氢杨梅素对显齿蛇葡萄及其提取物发挥生理功能具有重要作用。

2.3 提取物的抗氧化效果

2.3.1 清除自由基能力 以茶多酚和维生素C为对照品, 显齿蛇葡萄叶提取物对羟、DPPH、超氧阴离子、ABTS⁺ 4种自由基的清除率见表2。

表 2 提取物及对照品对自由基的清除率[†]

Table 2 Free radical scavenging rates of the extract and controls						%
质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	羟自由基			DPPH 自由基		
	茶多酚	维生素 C	提取物	茶多酚	维生素 C	提取物
5	5.59±0.69 ^b	0.0±0.0 ^c	15.31±0.72 ^a	41.92±0.90 ^b	87.16±0.22 ^a	84.95±0.67 ^a
10	9.21±0.73 ^b	0.0±0.0 ^c	16.49±0.60 ^a	50.98±0.69 ^b	88.07±0.34 ^a	84.77±0.37 ^a
50	10.84±0.93 ^b	0.0±0.0 ^c	18.56±0.16 ^a	53.40±0.20 ^b	96.27±0.34 ^a	92.29±0.19 ^a
150	12.47±0.73 ^b	0.0±0.0 ^c	19.91±0.60 ^a	59.61±1.71 ^b	97.16±0.12 ^a	93.82±0.28 ^a
250	15.38±0.92 ^b	1.56±0.39 ^c	21.27±0.59 ^a	63.44±1.27 ^b	96.61±0.27 ^a	93.60±0.30 ^a
350	21.68±1.05 ^a	10.63±0.81 ^b	23.01±0.73 ^a	67.52±0.55 ^b	96.52±0.14 ^a	94.33±0.32 ^a
450	27.97±1.40	28.28±0.98	25.39±0.44	69.22±1.16 ^b	96.26±0.14 ^a	95.37±0.36 ^a
质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	超氧阴离子自由基			ABTS ⁺ 自由基		
	茶多酚	维生素 C	提取物	茶多酚	维生素 C	提取物
5	0.88±0.27 ^c	14.52±0.19 ^b	19.20±0.83 ^a	26.44±0.93 ^a	21.33±0.27 ^b	25.29±2.09 ^a
10	4.31±0.28 ^c	17.14±0.22 ^b	25.19±0.99 ^a	38.02±0.10 ^b	29.24±0.43 ^c	45.72±2.75 ^a
50	5.06±0.18 ^c	19.24±0.11 ^b	49.38±1.04 ^a	99.73±0.18 ^a	88.31±0.41 ^c	94.52±0.41 ^b
150	6.45±0.31 ^c	30.15±1.60 ^b	59.71±1.91 ^a	99.79±0.09	99.52±0.00	99.52±0.16
250	20.34±2.52 ^c	42.08±0.33 ^b	67.94±0.61 ^a	99.84±0.00	99.41±0.34	99.58±0.29
350	26.67±0.93 ^c	53.93±0.95 ^b	75.55±1.89 ^a	99.79±0.21	99.63±0.24	99.84±0.00
450	29.30±1.54 ^c	58.59±0.28 ^b	86.31±2.07 ^a	99.79±0.18	99.79±0.12	99.79±0.10

[†] 小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

由表 2 可知,与对照品相比,相同质量浓度的提取物对 4 种自由基的清除率具有显著差异($P<0.05$)。对于羟自由基,当质量浓度为 5~350 $\mu\text{g/mL}$ 时,3 种抗氧化物的清除率差异显著差异($P<0.05$),当质量浓度 >350 $\mu\text{g/mL}$ 时,三者的清除率无显著差异。吕勇^[17]研究表明,茶多酚与维生素 C 均具有强效的体外羟自由基清除能力,且茶多酚在抵抗羟自由基方面较维生素 C 更具优势。对于 DPPH 自由基,3 种抗氧化物的清除率差异显著($P<0.05$),茶多酚的清除率低于提取物和维生素 C 的。对于超氧阴离子自由基,当质量浓度为 5~450 $\mu\text{g/mL}$ 时,3 种抗氧化物的清除率差异显著($P<0.05$),提取物对超氧阴离子自由基的清除率高于茶多酚和维生素的。孙敏等^[18]研究证实,在同等质量浓度下,茶多酚与维生素 C 均具备清除超氧阴离子自由基的能力。在 5~50 $\mu\text{g/mL}$ 的质量浓度范围内,3 种抗氧化剂对 ABTS⁺ 自由基的清除效果均呈现显著差异($P<0.05$),其中提取物与茶多酚的清除能力优于维生素 C 的;在质量浓度 >50 $\mu\text{g/mL}$ 的条件下,3 种物质对 ABTS⁺ 自由基的清除率均超越 95%,且清除效果不存在统计学上的显著差异。

由于羟自由基清除率远小于 50%,所以无法计算其 IC₅₀。IC₅₀ 值越小,抗氧化能力越强。由表 3 可知,提取物的抗氧化能力强于茶多酚和维生素 C 的,且其在微量条件下具有较强的抗氧化能力。

2.3.2 酸性特征 由图 3 可知,随着提取物质量浓度的增

表 3 3 种抗氧化物对自由基的半抑制浓度(IC₅₀)

Table 3 Semi inhibitory concentrations (IC ₅₀) of three antioxidants against free radicals				$\mu\text{g/mL}$
抗氧化物	DPPH 自由基	超氧阴离子自由基	ABTS ⁺ 自由基	
提取物	0.017	57.17	10.55	
茶多酚	0.049	883.40	11.39	
维生素 C	16.810	360.10	15.26	

加,氢氧化钠溶液的滴定量显著增加($P<0.05$),显示提取物的酸性特征。Carneiro 等^[19]研究发现,沸腾的显齿蛇葡萄浸液的 pH 值为 4.3。说明提取物分子中含有酸性基团——羧基。提取物质量浓度与氢氧化钠溶液滴定量的回归方程为 $y=7.75x-1.72$, $R^2=0.958\ 6$,提取物质量浓度与氢氧化钠滴定量具有良好的线性关系,表明显齿蛇葡萄提取物在碱性介质中的稳定性很弱。因此,提取物应在酸性介质中应用。

2.3.3 pH 对提取物清除自由基能力的影响 由图 4 可知,pH 对提取物清除 DPPH 自由基能力的影响差异显著($P<0.05$)。当 pH 为 3.4 时,提取物对 DPPH 自由基的清除率 $>90\%$;当 pH 为 6 时,提取物对 DPPH 自由基的清除率为 89.56%;当 pH 为 7 时,提取物对 DPPH 自由基的清除率为 55.86%;当 pH 为 8.9 时,提取物对 DPPH 自由基的清除率仅为 25.64% 和 22.07%。表明酸性介质更有利于维持提取物清除 DPPH 自由基氧化能力稳定性,而碱性介质

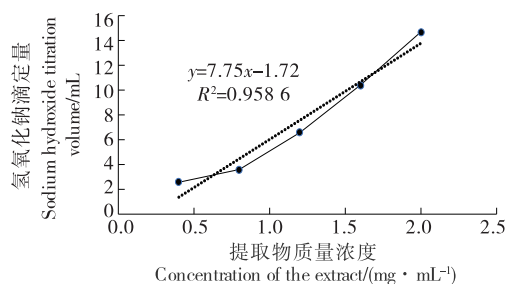
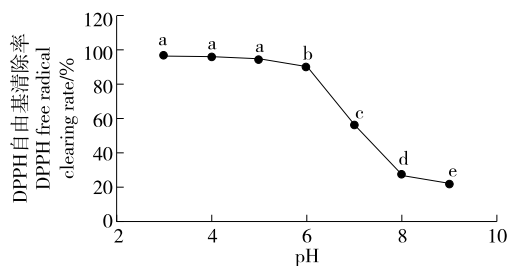


图3 氢氧化钠滴定量与提取物浓度的关系

Figure 3 Relationship between sodium hydroxide titration volume and extract concentration

会显著降低其体外抗氧化效果。何桂霞等^[20]研究表明,显齿蛇葡萄中的二氢杨梅素在弱酸性溶液中很稳定,而在碱性条件下不稳定。综上,显齿蛇葡萄叶提取物的抗氧化机理与分子的羧酸基有密切关系,或者酸碱性介质会影响(或改变)与抗氧化有关的分子结构官能团。提取物作为食品抗氧化剂,应调节食品的pH值,使其在酸性条件下发挥最佳的抗氧化效果。



小写不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

图4 pH与DPPH自由基清除率的关系

Figure 4 Relationship between pH and DPPH free radical scavenging rate

2.3.4 在薯片贮藏过程中的抗氧化效果 氢过氧化物是油脂氧化过程中形成的第一种中间产物,即初级氧化产物。因此,它常被用作评估油脂与脂肪酸氧化程度的关键指标。油脂与空气中的氧气接触后,会触发氧化反应。该反应将持续进行,直至氧气耗尽或自由基相互结合形成稳定物质。然而,初期生成的过程化物质性质不稳定,在紫外光、氧自由基或微生物等因素影响下,会进一步氧化分解,最终产生醛、酮等各类物质^[21]。

植物提取物可以通过延缓不饱和脂肪酸的氧化分解起到抗氧化效果^[22]。由图5可知,贮藏过程中,薯片的过氧化值先上升,当贮藏时间为180 d时,过氧化值达最大,此时油脂氧化最严重,过氧化值的峰值比酸价峰值滞后60 d,是因为先产生游离脂肪酸,然后脂肪酸氧化产生过氧化物,180 d后过氧化值开始下降,240 d后接近贮藏初期;在任何一个贮藏时间,与对照组相比,3个处理组的过氧化值均低于对照组,说明提取物具有显著的抗氧化效

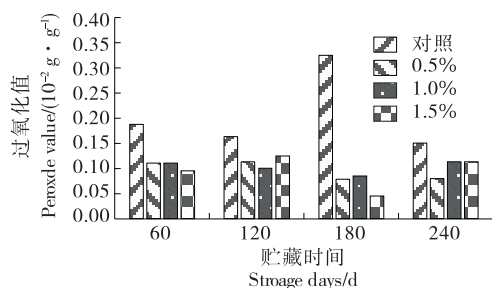


图5 薯片贮存过程中过氧化值随时间的变化

Figure 5 Peroxide value changing with time during potato chip storage

果;当贮藏时间为180 d时,3个处理组的过氧化值显著低于对照组,表现出明显的抗氧化效果,其中,1.5%处理的过氧化值最低。

3 结论

以干燥的显齿蛇葡萄叶为原料制备了提取物。结果表明,显齿蛇葡萄叶提取物中黄酮和多酚含量分别为41.07%和45.50%。黄酮化合物分别为二氢杨梅素、花旗松素、牡荆素、芦丁和槲皮素,其中二氢杨梅素为显齿蛇葡萄中主要的黄酮化合物;相同质量浓度下,提取物对羟、DPPH、超氧阴离子、ABTS⁺ 4种自由基的清除率均高于对照品的,说明提取物的体外抗氧化能力强于茶多酚和维生素C;酸性条件下提取物的抗氧化效果比碱性条件下的强,且在8个月的贮藏期内,提取物对薯片具有显著的抗氧化效果。在细胞和分子水平上,采用适当的信号转导通路研究显齿蛇葡萄提取物的体内抗氧化效果及其机制是未来的研究方向。综上,显齿蛇葡萄叶提取物中抗氧化活性成分含量高达86%,具有较强的抗氧化活性,可以作为食品抗氧化剂和功能食品的原料进行开发推广。

参考文献

- [1] 凌丽娟,钟伊嘉,潘晓洋,等.显齿蛇葡萄叶细胞悬浮培养体系的建立及其产多酚类物质研究[J].食品科学技术学报,2023,41(2): 104-120, 163.
- [2] 夏绪红,刘庆兰,陶小庆.不同产地藤茶二氢杨梅素含量检测与分析[J].安徽农学通报,2024,30(1): 73-77.
- [3] 耿艳艳,郭爱秀,金苏英,等.藤茶的功效及其应用研究进展[J].饮料工业,2019,22(1): 71-74.
- GENG Y Y, GUO A X, JIN S Y, et al. Research progress in effect and use of vine tea[J]. Beverage Industry, 2019, 22(1):

- 71-74.
- [4] CHERVET A, NEHME R, DECOMBAT C, et al. Exploring the therapeutic potential of *Ampelopsis grossedentata* leaf extract as an anti-inflammatory and antioxidant agent in human immune cells[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25(1): 416.
- [5] 祁子麟, 陈咏琪, 蔡延渠, 等. 藤茶提取物及活性成分对创伤弧菌的体外抑菌活性及作用机制[J]. 广东药科大学学报, 2023, 39(1): 95-99.
- QI Z L, CHEN Y Q, CAI Y Q, et al. *In vitro* antibacterial activity and mechanism of *Ampelopsis grossedentata* extract and its active components against *Vibrio vulnificus*[J]. Journal of Guangdong Pharmaceutical University, 2023, 39(1): 95-99.
- [6] CHEN Y L, ZHANG Y L, DAI Y C, et al. Systems pharmacology approach reveals the antiinflammatory effects of *Ampelopsis grossedentata* on dextran sodium sulfate-induced colitis[J]. World Journal of Gastroenterology, 2018, 24(13): 1 398-1 409.
- [7] 杜宝双, 陈尚卫, 李玥, 等. 二氢杨梅素及其酰化衍生物对肝细胞氧化损伤的保护作用[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 30-33.
- DU B S, CHEN S W, LI Y, et al. The protection effect of dihydromyricetin and its acylated derivatives on oxidative damage of hepatocytes[J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 30-33.
- [8] 张荣彬, 高文明, 戴志勇, 等. 药食同源材料组合中二氢杨梅素水提工艺优化[J]. 食品与机械, 2021, 37(10): 138-143.
- ZHANG R B, GAO W M, DAI Z Y, et al. Study on the extraction process of dihydromyricetin from the combination of medicine and food homologous materials[J]. Food & Machinery, 2021, 37(10): 138-143.
- [9] 吴清孝. 金花茶花浸提物体外抑制胃蛋白酶和胰蛋白酶的作用效果研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2021: 18-26.
- WU Q X. Study on the inhibitory effect of *Camellia nitidissima* flower extract on pepsin and trypsin in vitro[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2021: 18-26.
- [10] 成宏斌, 李晓波, 贾笑英, 等. 野菠萝果中多糖、黄酮与多酚的含量测定及抗氧化研究[J]. 现代食品, 2021, 27(1): 83-89.
- CHENG H B, LI X B, JIA X Y, et al. Determination of the content of polysaccharides, flavonoids and polyphenols in *Pandanus tectorius* sol. and its antioxidant research[J]. Modern Food, 2021, 27(1): 83-89.
- [11] ZHENG L, LIN L Z, SU G W, et al. Pitfalls of using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay to assess the radical scavenging activity of peptides: its susceptibility to interference and low reactivity towards peptides[J]. Food Research International, 2015, 76: 359-365.
- [12] 何露, 胡璐曼, 邓健善, 等. 陈皮黄酮提取工艺优化及抗氧化活性检测[J]. 基因组学与应用生物学, 2021, 40(3): 1 316-1 323.
- HE L, HU L M, DENG J S, et al. Optimization of extraction process and tests of antioxidant activity of flavonoids from citrus reticulata blanco[J]. Genomics and Applied Biology, 2021, 40(3): 1 316-1 323.
- [13] 杨永涛. 罗布麻总黄酮的提取、分离纯化及其抗氧化性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018: 58-61.
- YANG Y T. Extraction, purification and antioxidant activity of total flavonoids from *Apocynum venetum*[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018: 58-61.
- [14] 陈亦璐, 徐梦兰, 邓健善, 等. 化橘红黄酮的高压脉冲电场提取及抗氧化活性检测[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(3): 305-311.
- CHEN Y L, XU M L, DENG J S, et al. Pulsed electric field extraction of flavonoids from *Exocarpium citri grandis* and its antioxidant activity detection[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2021, 47(3): 305-311.
- [15] 赵鹏云. 西洋参茎叶皂苷高温高压碱降解方法及产物的抗氧化活性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2018: 76-83.
- ZHAO P Y. Study on the alkaline-degradation method under high temperature and high pressure for panax quinquefolium saponin and the antioxidant activity of degradation products [D]. Changchun: Jilin University, 2018: 76-83.
- [16] 唐雅园, 王雪峰, 韦珍, 等. 香蕉花多糖抗氧化活性及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2024, 45(7): 100-107.
- TANG Y Y, WANG X F, WEI Z, et al. Antioxidant activity and stability of polysaccharide from banana flower[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(7): 100-107.
- [17] 吕勇. 茶多酚与维生素 C 抗自由基作用的比较性研究[D]. 大连: 大连医科大学, 2006: 15-17.
- LYU Y. Comparative study on the anti-free radical effects of tea polyphenols and vitamin C[D]. Dalian: Dalian Medical University, 2006: 15-17.
- [18] 孙敏, 郑月月, 孙婷婷, 等. 天然抗氧化剂茶多酚与维生素 C 抗氧化活性分析[J]. 安康学院学报, 2015, 27(6): 74-76, 80.
- SUN M, ZHENG Y Y, SUN T T, et al. An activity-analysis on the natural antioxidants tea-polyphenols and vitamin C antioxidant[J]. Journal of Ankang University, 2015, 27(6): 74-76, 80.
- [19] CARNEIRO R C V, WANG H J, DUNCAN S E, et al. Flavor compounds in vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) infusions [J]. Food Science & Nutrition, 2020, 8(8): 4 505-4 511.
- [20] 何桂霞, 裴刚, 李斌, 等. 二氢杨梅素的稳定性研究[J]. 中国新药杂志, 2007, 16(22): 1 888-1 890.
- HE G X, PEI G, LI B, et al. Studies on stability of dihydromyricetin[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2007, 16(22): 1 888-1 890.
- [21] 张杰, 李昌禹, 谢镇国, 等. 鱼油火锅底料煮制与贮藏过程中氧化稳定性研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(9): 34-37.
- ZHANG J, LI C Y, XIE Z G, et al. Study on the oxidation stability of fish oil hotspot seasoning during boiling and storage [J]. China Condiment, 2020, 45(9): 34-37.
- [22] 林荣芳, 高丽伟, 徐梦豪, 等. 紫苏提取物对裂壶藻油氧化稳定性的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(12): 121-126.
- LIN R F, GAO L W, XU M H, et al. Effect of perilla extract on the oxidative stability of *Schizochytrium* oil[J]. Food & Machinery, 2021, 37(12): 121-126.