

# 不同产地马齿苋的抗衰老活性比较

张雯雯<sup>1</sup>, 郑必胜<sup>1</sup>, 刘瑞海<sup>2</sup>, 袁玲<sup>2</sup>, 李文芝<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

(2. 广东时代食品与生命健康研究所, 广东广州 510670)

**摘要:** 为了研究不同产地马齿苋的化学成分和活性差异, 本文选取了四个不同产地的马齿苋作为样品, 利用福林酚比色法、硼氢化钠-四氯代苯对醌法、氧自由基吸收能力 ORAC 法测定了其总酚含量、总黄酮含量和其抗氧化值, 并通过秀丽隐杆线虫模型研究样品对线虫寿命的延长效果。结果表明, 四川产地的马齿苋在四个指标上都具有最高的效果: 总酚含量 99.28  $\mu\text{g}$  GAE/mg DW, 总黄酮含量 121.57  $\mu\text{g}$  CE/mg DW, ORAC 值 3.32  $\mu\text{mol}$  Trolox/mg DW, 能够把线虫的平均寿命从 19.53 d 延长到 26.65 d, 延长了 36.49%。该延长效果具有浓度依赖性。通过相关性分析, ORAC 与总黄酮含量具有强相关性 ( $R^2=0.99$ ), 而马齿苋醇提物的抗氧化活性可作为影响其延长线虫寿命效果的指标 ( $R^2=0.95$ )。综上所述, 马齿苋具有良好的抗衰老作用, 而四川产地的马齿苋的效果最好, 具有较大的发展潜力与空间。马齿苋醇提物在线虫模型中发挥抗衰老作用的过程中, 很可能是其中黄酮物质起到抗氧化作用从而促进的。

**关键词:** 马齿苋; 总酚含量; 总黄酮含量; 抗氧化活性; 线虫寿命; 相关性

文章编号: 1673-9078(2020)05-57-63

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.5.009

## Comparison of Anti-aging Effects of *Portulaca oleracea* L. from Different Areas

ZHANG Wen-wen<sup>1</sup>, ZHENG Bi-sheng<sup>1</sup>, LIU Rui-hai<sup>2</sup>, YUAN Ling<sup>2</sup>, LI Wen-zhi<sup>2</sup>

(1.School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2.Guangdong ERA Food & Life Health Research Institute, Guangzhou 510670, China)

**Abstract:** To study the differences in chemical compositions and activities of *Portulaca oleracea* L. (PO) from different areas, four PO from different areas were selected as samples. The Folin-Ciocalteu, SBC and ORAC method were used to determine the total phenol content, total flavonoid content and the antioxidant value, and the effect of the sample on the life extension of nematodes was studied by *C. elegans* model. The results shows that PO Sichuan has the highest effect based on four indicators: total phenol content 99.28  $\mu\text{g}$  GAE/mg DW, total flavonoid content 121.57  $\mu\text{g}$  CE/mg DW, ORAC value 3.32  $\mu\text{mol}$  Trolox/mg DW, it can prolong the mean lifespan from 19.53 days to 26.65 days, with an increase of 36.49%. The longevity effect is in a dose-dependent manner. Through correlation analysis, ORAC has a strong correlation with total flavonoid content ( $R^2=0.99$ ), and the antioxidant activity of the PO alcohol extract can be used as an index affecting its effect on prolonging the life of nematodes ( $R^2=0.95$ ). In summary, PO has good anti-aging effects, while PO from Sichuan has the best effect, and has great development potential. The anti-aging effect that alcohol extracts from PO acts in the nematode model is probably promoted by the sample antioxidant activity, which has high correlation with the flavonoid content.

**Key words:** purslane; total phenolic content; total flavonoid content; ORAC; mean lifespan of *C.elegans*; correlation

引文格式:

张雯雯,郑必胜,刘瑞海,等.不同产地马齿苋的抗衰老活性比较[J].现代食品科技,2020,36(5):57-63

ZHANG Wen-wen, ZHENG Bi-sheng, LIU Rui-hai, et al. Comparison of anti-aging effects of *Portulaca oleracea* L. from different areas [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 57-63

收稿日期: 2020-01-02

基金项目: 111 项目 (B17018); 广州开发区创新领军人才项目 (2017-L174); 广州市创新领军人才 (领军人才 2016013)

作者简介: 张雯雯 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 天然产物抗衰老功效

通讯作者: 郑必胜 (1966-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 天然活性产物制备及功能应用方面

衰老和疾病是生命科学永恒的话题。人口老龄化是全球现象,美国官方研究报告称,最快在2020年,全球65岁以上人口数量将超过5岁以下儿童。报告预计,到2050年,65岁以上人口将占全球人口的15.6%,比重是5岁以下儿童的两倍多<sup>[1]</sup>。中国目前是全球老龄化最快、老年人最多的国家。随着人口老龄化程度的加剧,许多与年龄相关的疾病,包括肿瘤、心血管疾病、神经退行性疾病等对人们的影响将越来越严重<sup>[2]</sup>。如果我们能够有效的调节衰老的进程,疾病的数量将随之减少,人类的寿命和健康将得到有效的促进。因此,寻找有效的抗衰老方法是非常有必要的。

许多植物及其提取物已被证实可以延长寿命,而近年来,中草药的抗衰老活性也备受关注和研究。在Moriwaki等<sup>[3]</sup>的研究中,混合中药可以延长线虫的寿命并延缓衰老。银杏叶提取物可以增强线虫的应激能力从而延长线虫的寿命<sup>[4]</sup>。Schriner等<sup>[5]</sup>发现肉桂皮提取物延长果蝇模型寿命的效果具有性别依赖性。马齿苋(*Portulaca oleracea* L.)是马齿苋科(*Portulacaceae*)植物,别名长命草、长寿菜,是一年生肉质草本药食两用植物<sup>[6]</sup>。马齿苋广布世界温带、亚热带和热带,耐旱亦耐涝,价格低廉,含有丰富的生物活性物质<sup>[7]</sup>,具有广泛的药理活性(抗菌<sup>[8]</sup>、抗炎<sup>[9]</sup>、抗癌<sup>[10]</sup>、神经保护<sup>[11]</sup>等),已被中国卫生部划定为药食同源的101种植物之一,具有广阔的发展前景。然而,由于马齿苋分布广泛,受地域环境影响,其化学成分存在差异,相应的活性也可能存在差异,而关于马齿苋是否能够延长寿命以及该作用是如何发挥的相关研究还十分有限。因此,本试验选择秀丽隐杆线虫(*Caenorhabditis elegans*)作为模型用于研究不同产地马齿苋抗衰老活性效果。秀丽隐杆线虫遗传背景清楚、个体结构简单、寿命相对较短、繁殖快、随着寿命的延长,线虫会表现出与人类相似的衰老现象,是进行抗衰老研究的经典生物模型<sup>[12-14]</sup>。

本试验的目的在于通过分析四个不同产地马齿苋的总酚含量、总黄酮含量、抗氧化活性以及抗衰老活性,阐述不同产地马齿苋的活性成分及其相关活性差异情况,通过数据分析得出4个指标的相关性,最终得出抗衰老活性最强产地的马齿苋并初步探讨影响抗衰老活性的主要因素,为马齿苋在功能食品的开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本文收集了安徽、四川、山东和河南四个产地的

干制马齿苋作为样品。野生型秀丽隐杆线虫 N2, 简称线虫, 来自 CGC 线虫基因中心, 尿嘧啶缺失型大肠杆菌 (*E.coli* OP50) 由华中科技大学吴政星教授馈赠。

### 1.2 主要试剂与设备

#### 1.2.1 试剂

美国 Sigma-Aldrich 公司: 福林酚-试剂、没食子酸、儿茶素、荧光素钠盐、DCFH-DA、水溶性维生素 E (Trolox)、2,2'-偶氮二异丁基脒二盐酸盐 (ABAP)、酵母浸膏、胰蛋白胨、琼脂粉、五氟尿嘧啶 (5-FUR); 上海阿拉丁有限公司: 硼氢化钠、香草醛; 上海生工生物工程有限公司: 氯化铝、四氯代苯对醌; 广州化学试剂厂: 乙醇、四氢呋喃、氢氧化钾、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾; 天津化学试剂厂: 乙酸、盐酸; Biosharp 公司: 胆固醇。

#### 1.2.2 仪器设备

美国 Molecular 公司: Devices-spectra max 190 型酶标仪、Filter Max F5 多功能酶标仪; 德国 Eppendorf 公司: Centrifuge 5424R 型高速离心机; 德国 Heidolph 公司: Basis Hei-VAP Value 旋转蒸发仪; 北京赛多利斯仪器有限公司: CPA224、PB3002-N 型电子分析天平; 美国 BECKMAN 有限公司: DU730 紫外分光光度计。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 不同产地马齿苋醇提物的制备

安徽、四川、山东和河南四个产地的干制马齿苋 (*Portulaca oleracea* L., PO) 粉碎后, 先用石油醚预脱脂, 再用 1:50 体积 45% 乙醇在 70 °C 下超声提取 0.5 h, 重复提取 3 遍至滤液接近无色, 抽提合并滤液并旋蒸浓缩得马齿苋醇提物。

#### 1.3.2 不同产地马齿苋醇提物总多酚含量测定

不同产地马齿苋醇提物总多酚含量的测定采用实验室改进过的福林酚比色法 (Folin-Ciocalteu)。首先配置不同浓度的没食子酸标准溶液 (0.0、20.0、60.0、100.0、150.0、200.0、300.0、400.0、500.0、600.0  $\mu\text{g/mL}$ ) 并用去离子水将样品进行适度稀释, 使其总多酚含量在标准曲线范围内。分别取 100  $\mu\text{L}$  标准品溶液或稀释后的样品溶液至试管中, 加入 400  $\mu\text{L}$  去离子水和 100  $\mu\text{L}$  福林酚试剂, 震荡摇匀后室温 (25 °C) 反应 6 min, 然后各加入 1 mL 碳酸氢钠 (质量分数为 7%) 和 0.8 mL 去离子水, 再次震荡摇匀后静置反应 90 min。使用分光光度计检测各个标准品及每个样品在 760 nm 波长下的吸光值, 绘制出标准曲线并计算样品的总多酚含量, 总多酚含量用每 1 mg 提取物干重所

含没食子酸当量 (gallic acid equivalents, GAE) 表示 ( $\mu\text{g GAE}/1 \text{ mg DW}$ )。

### 1.3.3 不同产地马齿苋醇提物总黄酮含量测定

不同产地马齿苋醇提物总黄酮含量的测定采用硼氢化钠-四氯代苯对醌法 (SBC)。首先用四氢呋喃-乙醇 (1:1, *V/V*) 配置不同浓度的儿茶素标准溶液 (0.3、0.5、1.0、2.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10.0 mM)，取 100  $\mu\text{L}$  样品冻干并用四氢呋喃-乙醇 (1:1, *V/V*) 定容至 1 mL，将配置好的标准品和样品转移至带有刻度的试管中，加入 0.5 mL 50 mmol/L 硼氢化钠和 0.5 mL 74.6 mmol/L 氯化铝，室温下避光震荡 30 min，然后再次加入 0.5 mL 50 mmol/L 硼氢化钠并室温避光震荡 30 min。震荡结束后加入 2 mL 4  $^{\circ}\text{C}$  预冷的 0.8 mol/L 冰醋酸，避光震荡 15 min 进行反应，然后再加入 1 mL 20 mmol/L 四氯苯醌，95  $^{\circ}\text{C}$  油浴 60 min 后，取出所有试管冷却至室温后用甲醇定容至 4 mL，并依次加入 1 mL 16% 香草醛甲醇溶液和 2 mL 12 mol/L 浓盐酸，避光震荡 15 min 后 3000 r/min 离心 15 min 并取上清测定其在 490 nm 波长下的吸光值，绘制出标准曲线并计算样品的总黄酮含量，总黄酮含量用每 1 mg 提取物干重所含儿茶素当量 (catechin equivalents, CE) 表示 ( $\mu\text{g CE}/1 \text{ mg DW}$ )。

### 1.3.4 不同产地马齿苋醇提物 ORAC 法体外抗氧化活性测定

不同产地马齿苋醇提物体外抗氧化活性的测定采用改进过的氧自由基吸收能力 ORAC 法。实验采用 75 mmol/L 磷酸二氢钾-磷酸氢二钾作为缓冲液。首先用缓冲液配置不同浓度的维生素 E 标准溶液 (6.25、12.5、25、50  $\mu\text{M}$ )，并用去离子水将样品进行适度稀释。将标准品和样品加入到 96 孔黑板中，每孔 20  $\mu\text{L}$ ，在 37  $^{\circ}\text{C}$  避光孵育 10 min，然后每孔加入 200  $\mu\text{L}$  0.96  $\mu\text{M}$  荧光素钠，再 37  $^{\circ}\text{C}$  避光孵育 20 min。孵育结束后迅速在每孔加入 20  $\mu\text{L}$  119 mM ABAP，用多功能荧光酶标仪检测荧光强度，激发波长为 485 nm，发射波长为 538 nm，37  $^{\circ}\text{C}$  下每 5 min 检测一次，总共检测 35 次。抗氧化活性值用每 1 mg 提取物干重所含 Trolox 当量的微摩尔数 ( $\mu\text{mol Trolox equivalents}$ ) 表示 ( $\mu\text{mol Trolox}/1 \text{ mg DW}$ )。

### 1.3.5 线虫的培养与同期化

线虫生长于 NGM 琼脂培养基上，以 *E.coli OP50* 为食，正常的培养温度为 20  $^{\circ}\text{C}$ 。用 20% 次氯酸钠-氢氧化钠裂解液处理腹腔含卵的线虫，虫体被裂解后收集虫卵进行培养，培养 3 d 后即可得到同期化 L4 期线虫用于接下来的试验。

### 1.3.6 不同产地马齿苋醇提物线虫寿命实验

将不同浓度、不同产地的马齿苋醇提物样品加在含有 *E.coli OP50* 的 NGM 琼脂板表面，该培养基含有 150  $\mu\text{M}$  5-FUR 用于抑制待测线虫的繁殖。挑取同期化后的 L4 期线虫至处理过的 NGM 琼脂板上，每板 30 条，每组 5 板，给药时间记为第 0 d，每天定点记录线虫死亡的数量直至线虫全部死亡。为了防止线虫缺少食物，每三天将线虫转移至新的 NGM 琼脂板上。样品浓度为每毫升样品中含有的干制样品提取物的量 ( $\text{mg}/\text{mL}$ )。

## 1.4 结果统计

试验采用 Graphpad Prism 7.0 绘制图表，结果均以平均数 $\pm$ 标准偏差形式表示 ( $\text{mean}\pm\text{SD}$ ,  $n=3$ )，利用 SPSS 25 中单因素方差分析 (ANOVA) 中的 Duncan 检验进行显著性分析，显著性水平为  $p<0.05$ ，寿命实验中的生存曲线采用 Kaplan-Meier 生存分析，通过 GraphPad Prism 进行 *log-rank* 检验，上述所有试验重复 3 次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同产地马齿苋醇提物中总酚含量的对比

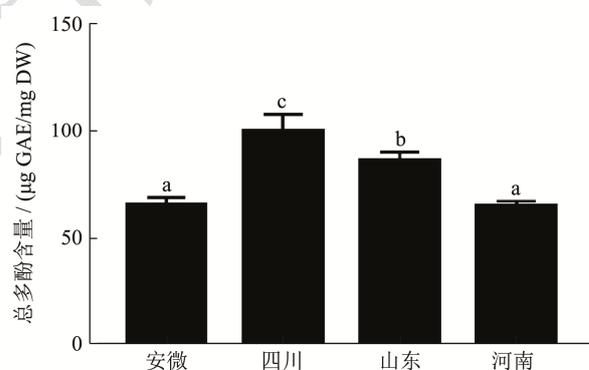


图1 不同产地马齿苋醇提物中总酚含量 ( $p<0.05$ )

Fig.1 Contents of total phenolic of the alcohol extract of PO from different areas ( $p<0.05$ )

根据图 1 可知，四个不同产地马齿苋醇提物的总酚含量从高到低依次为四川 (99.28 $\pm$ 8.31  $\mu\text{g GAE}/\text{mg DW}$ ) > 山东 (85.95 $\pm$ 3.88  $\mu\text{g GAE}/\text{mg DW}$ ) > 安徽 (65.32 $\pm$ 3.32  $\mu\text{g GAE}/\text{mg DW}$ ) > 河南 (64.99 $\pm$ 1.93  $\mu\text{g GAE}/\text{mg DW}$ )，不同产地的样品的总酚含量存在较大差异 ( $p<0.05$ )，四川马齿苋醇提物的总酚含量最高，安徽和河南两个产地的马齿苋醇提物较低且无显著性差异 ( $p>0.05$ )。该实验测得的总酚含量若换算成每克干重样品所含的没食子酸当量 ( $\text{mg GAE}/1 \text{ g RDW}$ )，大约是 25.33~48.44  $\text{mg GAE}/\text{g RDW}$ ，高于 Gatea<sup>[15]</sup> 测得的总酚含量 (6.41~9.70  $\text{mg GAE}/\text{g RDW}$ )，这可

能与所测马齿苋样品产地不同或提取方式不同有关,本次实验的提取条件经过优化,能较好地提高总黄酮的提取效率。与其他研究相比较,实验测定的马齿苋总酚含量与柑橘皮的总酚含量相似<sup>[16]</sup>,高于白洋葱(2.17 mg GAE/g FW)、苦瓜(1.44 mg GAE/g FW)、甜菜根(2.57 mg GAE/g FW)等蔬菜<sup>[17]</sup>,而马齿苋主要含有咖啡酸、对香豆酸、阿魏酸等酚类化合物<sup>[7]</sup>。

## 2.2 不同产地马齿苋醇提取物中总黄酮含量对比

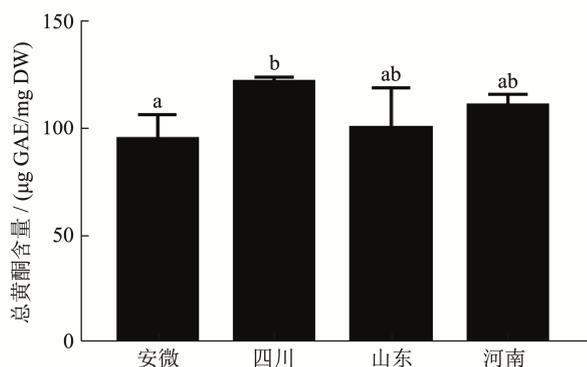


图2 不同产地马齿苋醇提取物中总黄酮含量 ( $p < 0.05$ )

Fig.2 Contents of total flavonoids of the alcohol extract of PO from different areas ( $p < 0.05$ )

根据图2可知,除了四川产地的马齿苋醇提取物含有较高总黄酮含量(121.57 µg CE/mg DW),与其他产地的马齿苋醇提取物总黄酮含量存在显著差异( $p < 0.05$ )以外,其他三个产地的总黄酮含量无显著差异(河南110.85 µg CE/mg、山东100.09 µg CE/mg DW、安徽94.38 µg CE/mg DW,  $p > 0.05$ )。该实验测得的总酚含量若换算成每克干重样品所含的儿茶素当量(mg CE/1 g RDW),大约是25.31~38.42 mg GAE/g RDW,高于Gatea<sup>[15]</sup>测得的总黄酮含量(1.34~2.96 mg Q/g RDW),造成该差异的原因除了2.1所述原因外,还与总黄酮的测定方法和选择的标准品不同有关。与其他研究相比较,马齿苋醇提取物的总黄酮含量要高于辣椒(0.01 mg QE/g FM)、菠菜(0.13 mg QE/g FM)<sup>[17]</sup>等蔬菜。Zhou等<sup>[6]</sup>报道马齿苋中含有的主要黄酮物质有:山柰酚、芹菜素、木犀草素、杨梅素、槲皮素等。

## 2.3 不同产地马齿苋醇提取物的体外抗氧化活性(ORAC)值的对比

根据图3可知,不同产地马齿苋醇提取物的抗氧化能力不同,按照ORAC值从大到小的依次为四川(3.32 µmol Trolox/mg DW) > 河南(2.72 µmol

Trolox/mg DW) > 山东(1.64 µmol Trolox/mg DW) > 安徽(1.33 µmol Trolox/mg DW),四川、河南与山东、安徽的抗氧化能力存在显著差异( $p < 0.05$ )而两组间没有显著差异( $p > 0.05$ )。Rahali等<sup>[18]</sup>报道杜鹃花的抗氧化能力为0.02~0.12 µmol Trolox/mg DW,而在Dudonné等<sup>[19]</sup>的研究中,测定了30种植物提取物的ORAC值,其中有包括猕猴桃、薰衣草、菊花、月桂叶等10种植物提取物的ORAC值均不超过1.00 µmol Trolox/mg DW,这些植物提取物的ORAC值都远低于马齿苋醇提取物,证明马齿苋醇提取物具有较好的抗氧化能力。

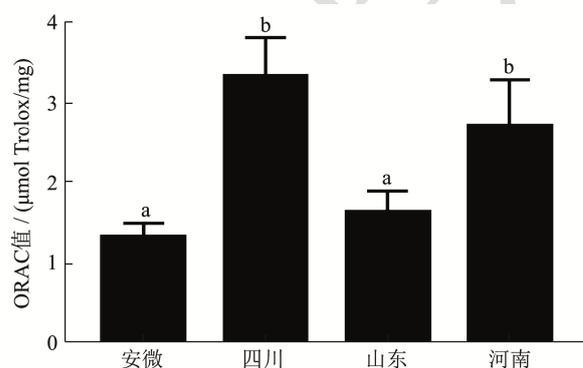


图3 不同产地马齿苋醇提取物的ORAC值 ( $p < 0.05$ )

Fig.3 The ORAC values of the alcohol extract of PO from different areas ( $p < 0.05$ )

## 2.4 不同产地马齿苋醇提取物对线虫寿命的影响

在寿命试验中,给L4期的线虫给药不同产地不同剂量的马齿苋醇提取物。根据表1可得,不同产地马齿苋醇提取物延长平均寿命的效果最好的是四川马齿苋醇提取物,其次是河南马齿苋醇提取物,第三是山东马齿苋醇提取物,最后是安徽马齿苋醇提取物。与空白组相比,四川马齿苋醇提取物高剂量组可延长线虫36.49%的平均寿命天数,低中高剂量效果有显著性差异。而河南马齿苋醇提取物的低中剂量延长平均寿命的效果(6.03%、17.52%)比四川马齿苋醇提取物同剂量效果(17.82%、21.36%)略差,高剂量组效果差不多(河南33.60%,四川36.49%)。山东的马齿苋醇提取物高剂量组有最好的线虫寿命延长效果119.89%,而安徽马齿苋醇提取物则是低剂量组有最好的线虫寿命延长效果119.96%。四川、河南、山东三个产地的马齿苋醇提取物给药后,平均寿命随着浓度的增加而延长,效果具有一定剂量依赖关系,而安徽的马齿苋醇提取物随着给药浓度增高,延长平均寿命效果减弱,不具有浓度依赖性。

表 1 不同产地马齿苋醇提取物对线虫寿命的影响

Table 1 The effects of the alcohol extract of PO from different areas on lifespan in *C. elegans*

	样品浓度	线虫样本量	平均寿命/d	寿命延长百分比/%	最大寿命/d
安徽	Control	112	16.24±1.26 <sup>a</sup>	-	20.80±2.28
	250 mg/mL	100	19.49±2.27 <sup>b</sup>	119.96	27.75±2.75
	500 mg/mL	113	17.68±2.94 <sup>ab</sup>	108.87	29.20±3.77
	1000 mg/mL	102	17.35±1.94 <sup>ab</sup>	106.79	25.00±6.63
四川	Control	91	19.53±2.82 <sup>a</sup>	-	26.00±2.45
	250 mg/mL	175	23.01±1.84 <sup>b</sup>	117.82	38.33±3.20
	500 mg/mL	119	23.70±1.51 <sup>b</sup>	121.36	34.00±6.20
	1000 mg/mL	124	26.65±1.31 <sup>c</sup>	136.49	35.20±2.59
山东	Control	125	14.89±0.45 <sup>a</sup>	-	28.40±2.88
	250 mg/mL	133	16.55±1.88 <sup>ab</sup>	111.15	33.60±5.03
	500 mg/mL	94	16.92±1.44 <sup>ab</sup>	113.65	31.00±3.67
	1000 mg/mL	115	17.85±2.50 <sup>b</sup>	119.89	31.00±6.32
河南	Control	96	20.20±2.06 <sup>a</sup>	-	23.40±5.55
	250 mg/mL	96	21.42±2.63 <sup>a</sup>	106.03	25.40±8.79
	500 mg/mL	93	21.72±2.99 <sup>a</sup>	117.52	26.40±9.45
	1000 mg/mL	89	26.99±3.44 <sup>b</sup>	133.60	41.00±5.35

注：不同字母表示两组间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。

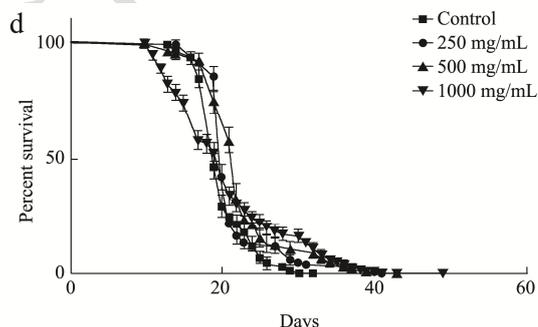
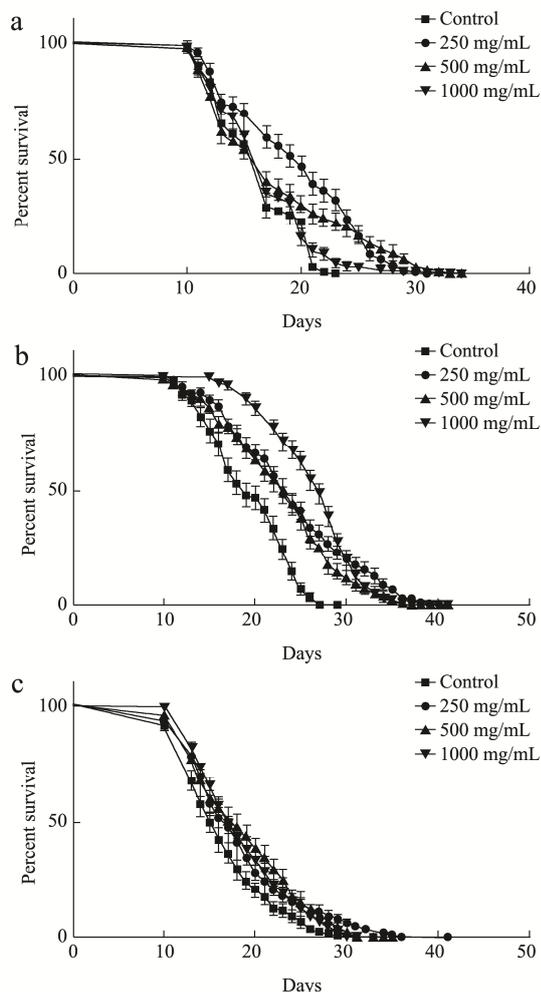


图 4 不同产地马齿苋醇提取物对线虫寿命的影响

Fig.4 The effects of the alcohol extract of PO from different areas on lifespan in *C. elegans*.

注：产地 a 安徽, b 四川, c 山东, d 河南。

图 4 为四个产地马齿苋醇提取物给药下的线虫的生存曲线, 通过 *log-rank* 检测, 四川与山东马齿苋醇提取物的线虫生存曲线具有显著变化趋势 ( $p < 0.05$ ), 而河南与安徽马齿苋醇提取物的线虫生存曲线变化趋势不具有显著性 ( $p > 0.05$ )。

结果表明, 马齿苋醇提取物可以延长线虫的正常寿命, 能够延缓线虫的衰老, 具有一定的抗衰老作用。与其他研究相比较, 马齿苋醇提取物比甘蓝菜 (最高延长寿命 28%)<sup>[20]</sup>、蔓越莓 (最高延长寿命 34%)<sup>[21]</sup>、三七多糖 (最高延长寿命 21%)<sup>[22]</sup>等植物更具有延长寿命, 延缓衰老的作用。

## 2.5 不同产地马齿苋醇提物的总酚含量、总黄酮含量、抗氧化活性对线虫寿命的影响

马齿苋醇提物延长线虫寿命的效果与其总酚含量、总黄酮含量和抗氧化活性之间的关系见图 5。由可知,马齿苋醇提物延长线虫寿命的效果与其他三个指标均成正相关关系,更进一步讨论,ORAC 值与总酚含量相关性不大,与总黄酮含量具有非常高的相关性 ( $R^2=0.99$ ),而马齿苋醇提物延长线虫寿命的效果与 ORAC 值也具有很高的相关性 ( $R^2=0.95$ )。造成衰老的原因有很多,其中一个被广泛接受的原因就是氧化损伤。具有氧化能力的自由基在体内积累,从而破坏生物膜体系,进而导致衰老<sup>[23]</sup>。很多研究也证明了,食用具有抗氧化活性的食物有助于提高机体的抗氧化能力,从而延缓衰老<sup>[24-26]</sup>。该试验证明了在马齿苋醇提物延长线虫寿命的过程中,抗氧化活性越好的样品延长寿命的效果越好,而这个效果很可能主要是黄酮类化合物在起作用。

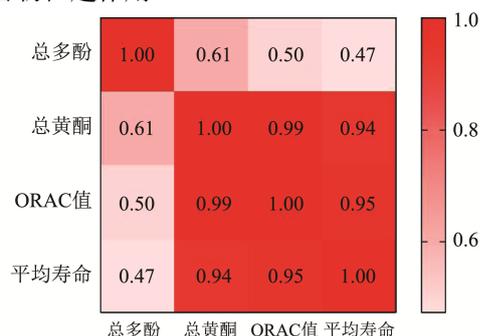


图5 不同产地马齿苋醇提物的总酚含量、总黄酮含量、抗氧化活性与线虫寿命之间的相关性分析

Fig.5 Correlation of total phenolic, total flavonoids, antioxidant activity and mean lifespan of *C.elegans*

## 3 结论

本试验研究了不同产地马齿苋醇提物的总酚含量、总黄酮含量、抗氧化活性及线虫寿命延长效果,结果表明,马齿苋醇提物的抗氧化活性较高,而四川产地的马齿苋醇提物总酚含量和总黄酮含量最多,在抗氧化活性(ORAC 值)及线虫寿命延长方面都有最好的效果。通过相关系分析可得,马齿苋中总黄酮含量可作为影响其抗氧化活性特性的指标,而抗氧化活性在线虫抗衰老作用方面发挥主要作用。总的来说,马齿苋具有良好的抗衰老作用,而四川产地的马齿苋更具有发展潜力与空间,在马齿苋醇提物在线虫模型中发挥抗衰老作用的过程中,很可能是其中黄酮物质起到抗氧化作用从而促进的。

## 参考文献

- [1] Wan H, Daniel G and Paul K. An Aging World:2015 [R]. U.S. Government Publishing Office, Washington DC: U.S. Census Bureau, 2016: P95/16-1
- [2] López-otín C, Blasco M A, Partridge L, et al. The hallmarks of aging [J]. Cell, 2013, 153(6): 1194-1217
- [3] Moriwaki T, Kato S, Kato Y, et al. Extension of lifespan and protection against oxidative stress by an antioxidant herb mixture complex (KPG-7) in *Caenorhabditis elegans* [J]. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 2013, 53(2): 81-88
- [4] Wu Z, Smith J V, Paramasivam V, et al. *Ginkgo biloba* extract EGb 761 increases stress resistance and extends life span of *Caenorhabditis elegans* [J]. Cellular and Molecular Biology, 2002, 48(6): 725-731
- [5] Schriener S E, Kuramada S, Lopez T E, et al. Extension of *Drosophila* lifespan by cinnamon through a sex-specific dependence on the insulin receptor substrate *Chico* [J]. Experimental Gerontology, 2014, 60: 220-230
- [6] Zhou Y X, Hai-liang X, Khalid R, et al. *Portulaca oleracea* L.: A review of phytochemistry and pharmacological effects [J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 1-11
- [7] Sicari V, Loizzo M R, Tundis R, et al. *Portulaca oleracea* L. (Purslane) extracts display antioxidant and hypoglycaemic effects [J]. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2018, 91: 39-46
- [8] Elkhayat E, Ibrahim S, Ma. Portulene, a new diterpene from *Portulaca oleracea* L. [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2008, 10(11): 1039-1043
- [9] Lee A S, Kim J S, Lee Y J, et al. Anti-TNF- $\alpha$  activity of *Portulaca oleracea* in vascular endothelial cells [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13(5): 5628-5644
- [10] Chen T, Wang J, Li Y, et al. Sulfated modification and cytotoxicity of *Portulaca oleracea* L. polysaccharides [J]. Glycoconjugate Journal, 2010, 27(6): 635-642
- [11] Moneim A E, Abdel. The neuroprotective effects of purslane (*Portulaca oleracea*) on rotenone-induced biochemical changes and apoptosis in brain of rat [J]. Cns & Neurological Disorders Drug Targets, 2013, 12(6):830-841
- [12] Honda Y, Tanaka M, Honda S. Trehalose extends longevity in the nematode *Caenorhabditis elegans* [J]. Aging Cell, 2010, 9(4): 558-569
- [13] Guarente L, Kenyon C. Genetic pathways that regulate

- ageing in model organisms [J]. *Nature*, 2000, 408(6809): 255-262
- [14] Gershon H, Gershon D. *Caenorhabditis elegans* - a paradigm for aging research: advantages and limitations [J]. *Mechanisms of Ageing & Development*, 2002, 123(4): 261-274
- [15] Gatea F, Teodor E D, Seciu A M, et al. Chemical constituents and bioactive potential of *Portulaca pilosa* L. vs. *Portulaca oleracea* L. [J]. *Medicinal Chemistry Research*, 2017, 26: 1516-1527
- [16] Liew S S, Wan Y H, Yeap S K, et al. Phytochemical composition and *in vitro* antioxidant activities of *Citrus sinensis* peel extracts [J]. *Peerj*, 2018, 6(1): e5331
- [17] Lin J Y, Tang C-Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation [J]. *Food Chemistry*, 101,1: 140-147
- [18] Rahali F Z, Kefi S, Rebey I B, et al. Phytochemical composition and antioxidant activities of different aerial parts extracts of *Ferula communis* L. [J]. *Plant Biosystems*, 2018, 2: 1-9
- [19] Dudonné S, Vitrac X, Coutière P, et al. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2009, 57(5): 1768-1774
- [20] Chen J, Zhang J, Xiang Y X, et al. Extracts of tsai tai (*Brassica chinensis*): enhanced antioxidant activity and anti-aging effects both *in vitro* and in *Caenorhabditis elegans* [J]. *Food & Function*, 2016, 7(2): 943-952
- [21] Guha S, Cao M, Kane R M, et al. The longevity effect of cranberry extract in *Caenorhabditis elegans* is modulated by *daf-16* and *osr-1* [J]. *Age*, 2013, 35(5): 1559-1574
- [22] Feng S L, Cheng H R, Xu Z, et al. Thermal stress resistance and aging effects of *Panax notoginseng* polysaccharides on *Caenorhabditis elegans* [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 81: 188-194
- [23] Harman D. Aging: A theory based on free radical and radiation chemistry [J]. *J Gerontol*, 1956, 11(3): 298-300
- [24] Borek C. Antioxidant health effects of aged garlic extract [J]. *Journal of Nutrition*, 2001, 131(3s): 1010S
- [25] Wang H, Liu J, Li T, et al. Blueberry extract promotes longevity and stress tolerance via DAF-16 in *Caenorhabditis elegans* [J]. *Food & Function*, 2018, 9: 5273-5282
- [26] Hu Q, Li G, Yao H, et al. Edible bird's nest enhances antioxidant capacity and increases lifespan in *Drosophila melanogaster* [J]. *Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-Grand, France)*, 2016, 62(4): 116-122

## (上接第 6 页)

- [17] 杜琴,沈克平,胡兵,等.白藜芦醇对 Hepa 1-6 肝癌细胞凋亡和 ROS 的影响[J].*中药材*,2012,35(3):443-446  
DU Qin, SHEN Ke-ping, HU Bing, et al. Effect of resveratrol on apoptosis and ROS production in Hepa1-6 hepatocarcinoma cells [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2012, 35(3): 443-446
- [18] 王燕,陈永刚,葛郑增,等.TBT 对大鼠肝脏 ROS、抗氧化酶和解毒系统酶的影响[J].*中国环境科学*,2005,25(4):428-431  
WANG Yan, CHEN Yong-gang, GE Zheng-zeng, et al. Influence of TBT and ROS, antioxidant enzymes and detoxification system enzyme in rat liver [J]. *China Environmental Science*, 2005, 25(4): 428-431
- [19] 余晶,鲍中英,徐玉敏,等.花青素抗氧化损伤及细胞凋亡的作用研究[J].*中西医结合肝病杂志*,2009,19(1):24-31  
YU Jing, BAO Zhong-ying, XU Yu-min, et al. Cyanidin attenuated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress in Huh7 cell by inhibiting phospho-relate-c-Jun and ROS production [J]. *Chines Journal of Integrated Traditional and Western Medicine on Liver Diseases*, 2009, 19(1): 24-31
- [20] Bing Feng, Lai-ji Ma, Jing-jing Yao, et al. Protective effect of oat bran extracts on human dermal fibroblast injury induced by hydrogen peroxide [J]. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)*, 2013, 14(2): 97-105
- [21] 魏颖,陈亮,孙玉坤,等.牡蛎肽抗氧化和对 T 淋巴细胞增殖作用的影响[J].*食品科技*,2016,41(1):209-212  
WEN Ying, CHEN Liang, SUN Yu-kun. Effect of oyster oligopeptide antioxidant activity and T-lymphocyte proliferation *in vitro* [J]. *Food Science and Technology*, 2016, 41(1): 209-212