

几种竹叶醇提物体外抗氧化活性的对比

李俊^{1,2}, 刘嘉², 董楠², 肖瑶¹, 胡强^{1,3}

(1. 乐山师范学院生命科学院, 四川乐山 614000) (2. 贵州省农业科学院食品加工研究所, 贵州贵阳 550006)
(3. 竹类病虫害防控与资源开发四川省重点实验室, 四川乐山 614000)

摘要: 采用乙醇提取慈竹、苦竹、四季竹中的有效成分并检测其总黄酮和总蛋白含量, 通过测定提取物的 DPPH 自由基清除能力、还原能力、抑制 β -胡萝卜素漂白能力和抑制脂质过氧化能力, 比较不同竹叶的抗氧化活性。结果表明: 醇提物总蛋白含量大小依次为: 苦竹>慈竹>四季竹, 总黄酮含量大小依次为: 慈竹>苦竹>四季竹。苦竹的 DPPH 清除能力 ($IC_{50}=1.53$ mg/mL) 最强, 慈竹的还原能力 ($IC_{50}=0.55$ mg/mL) 和抑制脂质过氧化能力 ($IC_{50}=0.04$ mg/mL) 最强。三种竹叶 DPPH 自由基清除率 IC_{50} 值范围为 1.53~2.71 mg/mL, 还原能力 IC_{50} 值范围为 0.55~0.97 mg/mL, β -胡萝卜素漂白抑制作用 IC_{50} 值范围为 0.78~0.98 mg/mL, 脂质过氧化抑制作用 IC_{50} 值范围为 0.04~0.12 mg/mL。三种竹叶乙醇提取物均具有较好的抗氧化活性, 可作为抗氧化剂、防腐保鲜剂或功能性食品添加剂应用于食品工业中。

关键词: 竹叶; 乙醇; 抗氧化活性

文章编号: 1673-9078(2019)11-126-131

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.11.018

In-vitro Evaluation of Antioxidant Activity of Ethanol Extracts from Several Kinds of Bamboo Leaves

LI Jun^{1,2}, LIU Jia², DONG Nan², XIAO Yao¹, HU Qiang^{1,3}

(1. College of Life Science, Leshan Normal University, Leshan 614000, China)

(2. Food Processing Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China) (3. Bamboo Diseases and Pests Control and Resources Development Key Laboratory of Sichuan Province, Leshan 614000, China)

Abstract: Ethanol was used to extract the active components from the leaves of cizhu, bitter bamboo and four seasons bamboo, and the contents of total flavonoids and total protein were detected at the same time. DPPH free radical scavenging capacity, reducing capacity, inhibiting beta-carotene bleaching capacity and inhibiting lipid peroxidation capacity of the extracts were measured to compare the antioxidant activities of different bamboo leaves. The results showed that the total protein content in ethanol extracts was ordered as follows: bitter bamboo>cizhu>four seasons bamboo, and the total flavonoids content was ordered as follows: cizhu>bitter bamboo>four seasons bamboo. DPPH scavenging ability of bitter bamboo ($IC_{50}=1.53$ mg/mL) was the strongest, and the reduction ability ($IC_{50}=0.55$ mg/mL) and inhibiting lipid peroxidation ability ($IC_{50}=0.04$ mg/mL) of Cizhu were the strongest. DPPH free radical scavenging rate of the three bamboo leaves ranged from 1.53 to 2.71 mg/mL, reducing capacity from 0.55 to 0.97 mg/mL, beta carotene bleaching inhibition from 0.78 to 0.98 mg/mL, and lipid peroxidation inhibition from 0.04 to 0.12 mg/mL. The ethanol extracts of three kinds of bamboo leaves have good antioxidant activities, which can be used in food industry as antioxidants, preservatives or functional food additive.

Key words: bamboo leaves; ethanol; antioxidant activity

竹子是多年生的禾本科 (*Poaceae*) 竹亚科 (*Bambusoideae*) 常绿植物, 在东南亚、印度、日本、中国等地分布最集中。中国是竹子的原产地, 也是竹

收稿日期: 2019-06-18

基金项目: 竹类病虫害防控与资源开发四川省重点实验室一般项目(17ZZ008); 贵州省基础研究计划 ([2018] 1153); 贵州省第五批创新人才基地建设 (黔人领发[2016] 22号)

作者简介: 李俊 (1990-), 男, 助理研究员, 研究方向: 食品加工与检测

通讯作者: 胡强 (1978-), 男, 高级工程师, 研究方向: 食品质量与安全

类资源最丰富的国家, 有37属约500种, 素有“竹子王国”的称号。四川栽竹、用竹历史悠久, 现有竹子品种约140种, 资源丰富^[1]。竹子是世界上最具有利用价值的植物之一, 可用作造纸、建材、工艺品加工, 竹笋可食用, 除此之外, 竹子还可以入药, 《本草纲目》、《本草拾遗》、《食疗本草》等医学著作中均有记载: 竹淡, 微涩, 甜, 苦, 寒, 具有清热利尿、明目解毒、止血功能^[2]。

近年来, 竹笋、秆、根等均已得到开发利用, 相

比之下, 竹叶的利用率非常低, 往往作为剩余产物被抛弃, 造成大量的资源浪费^[3]。随着科技的快速发展, 对竹资源的综合利用进一步加强, 人们逐渐意识到竹叶是一个巨大的资源宝库, 竹叶天然无毒, 已在天然食品添加剂、药品和保健食品等领域受到广泛关注。已有研究证明, 竹叶中含有黄酮类、酚酸类、生物多糖、萜醌类等多种活性物质, 具有一定的利用价值^[4-6], 与常见的天然抗氧化剂茶多酚、山楂提取物等类似, 竹叶提取物在试验中表现出较强的抗氧化活性, 是一种潜在天然抗氧化剂^[7]。楼鼎鼎等^[8]将竹叶提取物添加 0.01%~0.03% 到西式肉制品中, 既能增强产品抗氧化性能, 也降低了亚硝酸盐含量。栗明月等^[9]报道将竹叶黄酮添加到啤酒中制成竹啤, 不伤肝脏, 同时具有调节血脂、提高免疫力、清除体内过氧化物等功效, 是一种新型保健酒品。因此, 竹叶提取物在食品及药品领域将会有广泛的应用前景, 但目前对于四川大规模种植品种竹叶提取物的研究较少, 本研究以苦竹、慈竹、四季竹叶为研究对象, 以乙醇为溶剂采用超声波提取法提取, 比较竹叶乙醇提取物抗氧化活性, 旨在为竹叶资源的进一步开发、利用奠定下一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦竹叶、慈竹叶、四季竹叶, 均采自四川省乐山市; DPPH 纯度≥98%, 阜阳曼林生物科技有限公司; 硫代巴比妥酸、芦丁纯度≥98%, Sigma 公司; β-胡萝卜素纯度≥96%、水溶性维生素 E (Trolox) 纯度≥97%、亚油酸纯度≥95%, 合肥博美生物科技有限责任公司; 无水乙醇、无水三氯化铁、三氯乙酸、铁氰化钾、吐温 80、正丁醇、考马斯亮蓝 G-250, 均为分析纯, 成都科隆化学药品有限公司。

1.2 仪器与设备

SpectraMax 190 酶标仪, 美谷分子仪器上海有限公司; DZKW-4 电子恒温水浴锅, 北京中兴伟业仪器有限公司; JD200-4 电子天平, 沈阳龙腾电子有限公司; PHS-25 PH 计, 杭州齐威仪器有限公司; RV10basic 旋转蒸发仪, 美国 IKA 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 实验材料制备

新鲜竹叶 50 °C 低温烘干后粉碎, 取 50 g 样品粉末, 按照 1:15 比例加入 95% 乙醇, 超声波提取 (功率

80 W, 时间 30 min) 制得竹叶提取液, 40 °C 旋蒸浓缩至近干, 用无水乙醇定容至 50 mL, 4 °C 保存备用。

1.3.2 总蛋白和总黄酮含量测定

总蛋白测定采用考马斯亮蓝 G-250 法^[10]。以蛋白溶液浓度为横坐标 X, 吸光值为纵坐标 Y, 制作标准曲线为: $Y=0.0057X+0.0064$, $R^2=0.9988$ 。总黄酮测定采用亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[10]。以芦丁溶液浓度为横坐标 X, 吸光值为纵坐标 Y, 制作标准曲线为: $Y=0.3186X+0.002$, $R^2=0.9991$ 。

1.3.3 DPPH 自由基清除能力测定

采用 96 孔板法进行^[11]。在 96 孔板中加入 30 μL 不同浓度的样品溶液和 270 μL 6×10^{-5} mol/L DPPH-乙醇溶液, 混合后置于暗处 30 min, 在 517 nm 处测其吸光值, 空白孔用无水乙醇代替样品溶液, 每个样品重复测定 3 次。选择 Trolox 作为阳性对照。DPPH 清除率按公式 (1) 计算:

$$\text{清除率 (\%)} = \frac{A_{DPPH} - A_s}{A_{DPPH}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_s 代表样品溶液吸光度, A_{DPPH} 代表空白溶液吸光度。根据样品对 DPPH 的清除率制作曲线计算 IC_{50} 值, IC_{50} 值为各样品对 DPPH 的清除率达到 50% 时的浓度, IC_{50} 值越小抗氧化能力越强。

1.3.4 还原能力测定

参照 Barros L 等^[12]的方法并做简单修改。将 0.5 mL 不同浓度的样品溶液与 0.5 mL pH 6.6 磷酸钠缓冲液和 0.5 mL 1% 铁氰化钾溶液混合。将混合物在 50 °C 下水浴 20 min, 取出后加入 0.5 mL 10% 三氯乙酸。将 100 μL 混合物加入 96 孔板中, 每孔再加入 100 μL 蒸馏水和 20 μL 0.1% 氯化铁, 在 690 nm 处测吸光值。选择 Trolox 作为阳性对照。以吸光值对浓度作曲线计算还原能力的 IC_{50} 值, IC_{50} 值为吸光值为 0.5 时各样品的浓度, IC_{50} 越小还原能力越强。

1.3.5 β-胡萝卜素漂白抑制作用测定

参照 Liu 等^[13]的方法并做简单修改。取 2 mL β-胡萝卜素-氯仿溶液 (2 mg/mL) 于梨形瓶中, 加入 400 mg 吐温 80 和 40 mg 亚油酸, 然后 40 °C 旋蒸除去氯仿, 加入 100 mL 蒸馏水, 剧烈晃动形成乳化液。在比色管中加入 0.2 mL 不同浓度的样品溶液和 4.8 mL 乳化液混合均匀, 对照管以无水乙醇代替样品。取配置好的上述混合液 200 μL 加入 96 孔板中, 在 470 nm 处测吸光值, 记为 “0 min” 时刻的吸光值。将比色管置于 50 °C 恒温水浴中水浴 2 h, 取定测吸光值, 记为 “2 h” 时刻的吸光值。每个样品重复测定 3 次。选择 Trolox 作为阳性对照。β-胡萝卜素漂白抑制率按公式 (2) 计算:

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{A_{2h} - A_{k2h}}{A_0 - A_k} \times 100\% \quad (2)$$

式中: A_{2h} 、 A_0 分别表示样品在 2 h 和 0 min 时的吸光值, A_k 表示空白值, A_{k2h} 表示对照管在 2 h 时的吸光值。根据各样品对 β -胡萝卜素漂白的抑制率作曲线计算 IC_{50} 值, IC_{50} 值为对 β -胡萝卜素漂白的抑制作用达到 50% 时各样品的浓度。

1.3.6 脂质过氧化抑制测定

取 25 mL 锥形瓶, 依次加入 8.0 mL Na_2HPO_4 - NaH_2PO_4 缓冲液(pH 7.0), 4.0 mL 醇溶试样, 3.9 mL 蒸馏水及 4.1 mL 2.5% 亚油酸。充分混匀, 并置入 $60 \pm 1^\circ C$ 干燥箱中培养 24 h, 取 1.0 mL 培养液加入 1.0 mL 20% 三氯乙酸, 20 min 后加入 1.0 mL 0.67% TBA 溶液, 沸水浴 20 min 后冷却至室温, 加入 3.0 mL 正丁醇, 混匀后静置。吸取 200 μL 上层液体到 96 孔板中, 在 532 nm 波长处测吸光值^[14,15]。每个样品重复测定 3 次。选择 Trolox 作为阳性对照。脂质过氧化抑制率按公式 (3) 计算:

$$\text{抑制率}(\%) = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: A_i 为含样品培养液的吸光度, A_0 为空白培养液的吸光度。根据各样品对脂质过氧化抑制率作曲线计算 IC_{50} 值, IC_{50} 值为抑制率达到 50% 各样品的浓度。

1.4 数据处理

采用 Origin (Version 8.6) 进行作图, 采用 SPSS (Version 17.0) 进行统计学分析, $p < 0.05$ 表示有统计学显著性差异, $p < 0.01$ 表示有统计学极显著性差异。

2 结果与分析

2.1 几种竹叶醇提取物主要成分对比

表 1 三种竹叶醇提取物主要成分含量

Table 1 Content of main components of alcohol extracts from three kinds of bamboo leaves

品种	含量/(g/100 mL)	
	总蛋白	总黄酮
四季竹	7.61 $\pm$ 0.26 ^a	2.34 $\pm$ 0.18 ^a
苦竹	10.32 $\pm$ 0.40 ^b	2.53 $\pm$ 0.30 ^{ab}
慈竹	9.90 $\pm$ 0.12 ^b	2.95 $\pm$ 0.20 ^b

注: a~b 不同字母表示同一列中含量差异显著, $p < 0.05$ 。

由表 1 可知, 四季竹醇提取物中总蛋白含量显著低于苦竹和慈竹 ($p < 0.05$), 苦竹和慈竹中总蛋白含量差别不显著, 总蛋白含量大小依次为: 苦竹>慈竹>四季竹。慈竹中总黄酮含量最高, 达到 2.95 $\pm$ 0.20 g/100 mL, 四季竹中总黄酮含量最低, 总黄酮含量大小依次

为: 慈竹>苦竹>四季竹。本实验测定结果与已有报道相近, 史娟^[6]等采用超声波预处理-乙醇回流法对汉中毛竹叶中黄酮进行提取, 在最优条件下黄酮含量为 2.917%。王姝^[16]等对鹅毛竹、南平倭竹、铺地竹、翠竹、黄条金刚竹、淡竹等 6 种竹叶中次生代谢物进行测定, 其中鹅毛竹叶提取物的提取率最高, 为 8.70% $\pm$ 0.02%, 以干基计算, 六种竹子总酚含量在 4.13%~9.06% 之间, 总黄酮含量在 2.35%~4.37% 之间, 其中含量最高的为鹅毛竹。

2.2 DPPH 自由基清除活性

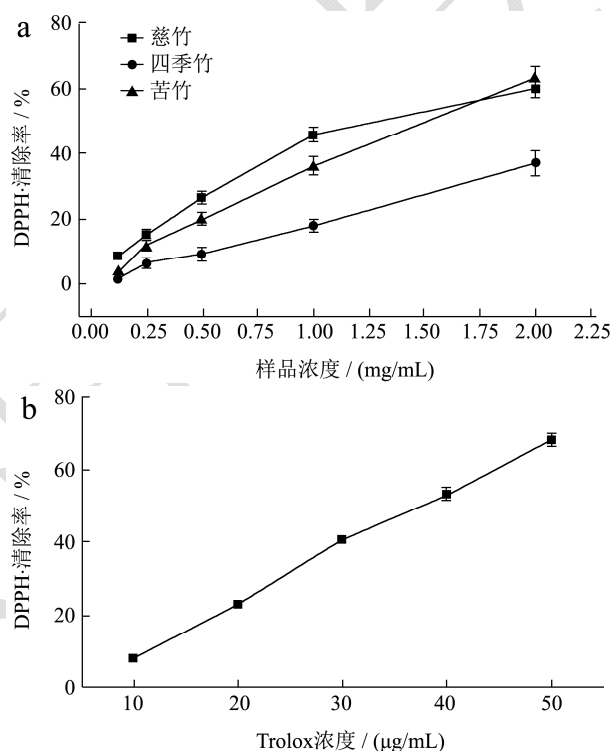


图 1 竹叶乙醇提取物 DPPH 自由基清除率对比

Fig.1 Comparison of DPPH free radical scavenging rate of ethanol extracts from bamboo leaves

注: a 表示样品, b 表示阳性对照。下同。

自由基引起的氧化作用可导致人体产生多种疾病, 如炎症、肿瘤、心血管疾病等都与自由基有密切关系^[17]。DPPH 自由基是一种以氮为中心的稳定自由基, 其乙醇溶液呈紫色, 抗氧化剂可以结合或替代 DPPH 自由基, 使自由基数量减少, 溶液颜色变浅, 从而评价其抗氧化能力^[18,19]。由图 1 可知, 三种竹叶乙醇提取物在 0.125~2.0 mg/mL 浓度范围内有清除 DPPH 自由基的能力, 清除率随浓度升高而升高, 当浓度达到 2.0 mg/mL 时, 慈竹、苦竹、四季竹乙醇提取物 DPPH 自由基清除率分别达到 60.19%、62.98%、37.25%, 四季竹乙醇提取物自由基清除能力较差。段丽娜^[20]等以乙醇为溶剂对龙竹竹叶有效成分进行提

取, 当竹叶提取物浓度为 $149.17 \mu\text{g/mL}$ 时, DPPH 自由基清除率达到 50%。本实验测得三种竹叶乙醇提取物的 DPPH 自由基清除率低于已有报道, 可能是因为超声波提取法对竹叶有效成分提取效率过低导致。

2.3 还原能力测定

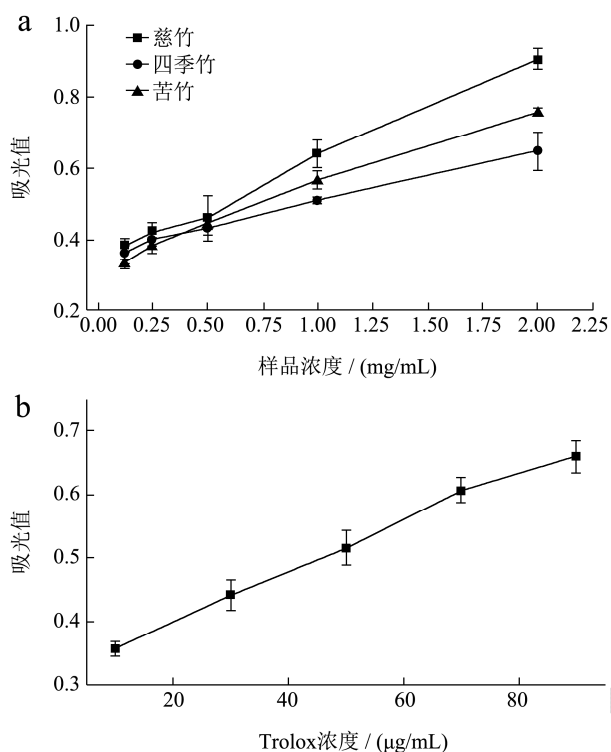


图2 竹叶乙醇提取物还原能力对比

Fig.2 Comparison of reduction capacity of ethanol extracts from bamboo leaves

抗氧化剂能使铁氰化钾的三价铁还原成二价铁 (亚铁氰化钾), 亚铁氰化钾进一步和三氯化铁反应生成普鲁士蓝 ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$), 其在 690 nm 处有最大吸收^[21], 因此可间接测定抗氧化剂还原能力的大小, 吸光值越大还原能力越强。从图2可以看出, 三种竹叶乙醇提取物在 $0.125 \sim 2 \text{ mg/mL}$ 浓度范围内的还原能力随样品浓度的升高而增大, 慈竹的还原能力最强, 其次是苦竹和四季竹。

2.4 β -胡萝卜素漂白抑制作用测定

β -胡萝卜素是一种多烯橘黄色素, 被氧化时易褪色^[22]。乳化液中的亚油酸会自动氧化, 生成的自由基可以与 β -胡萝卜素反应, 使 β -胡萝卜素颜色衰减, 抗氧化剂可以减缓 β -胡萝卜素颜色衰减的速度^[23]。由图3可知, 竹叶乙醇提取物在 $0.125 \sim 2 \text{ mg/mL}$ 浓度范围内均有一定的抑制 β -胡萝卜素漂白的的作用, 抑制率随浓度的升高而增强。在低于 1.0 mg/mL 时, 四季竹的抑制作用较强, 当浓度达到 2.0 mg/mL , 慈竹、苦竹、

四季竹乙醇提取物 β -胡萝卜素漂白抑制率分别达到 77.13%、71.20%、71.17%, 慈竹的抑制作用较强。

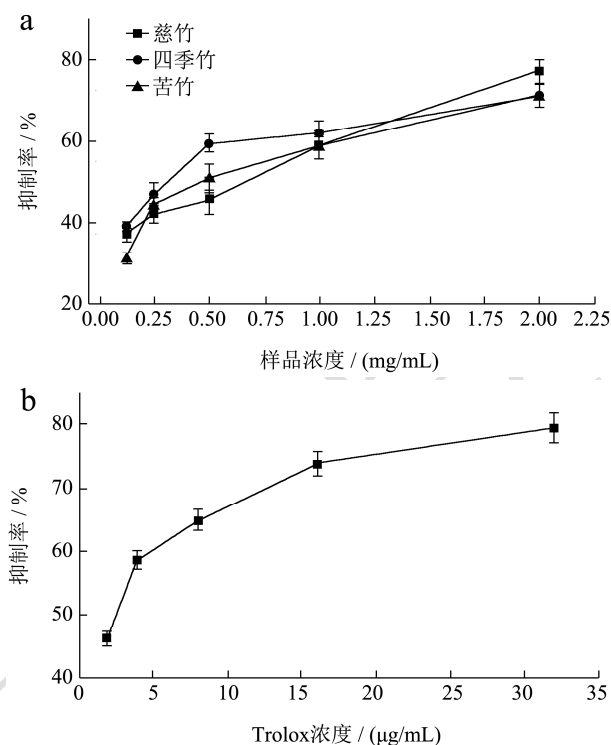


图3 竹叶乙醇提取物 β -胡萝卜素漂白抑制率对比

Fig.3 Comparison of beta carotene bleaching inhibition rate of ethanol extracts from bamboo leaves

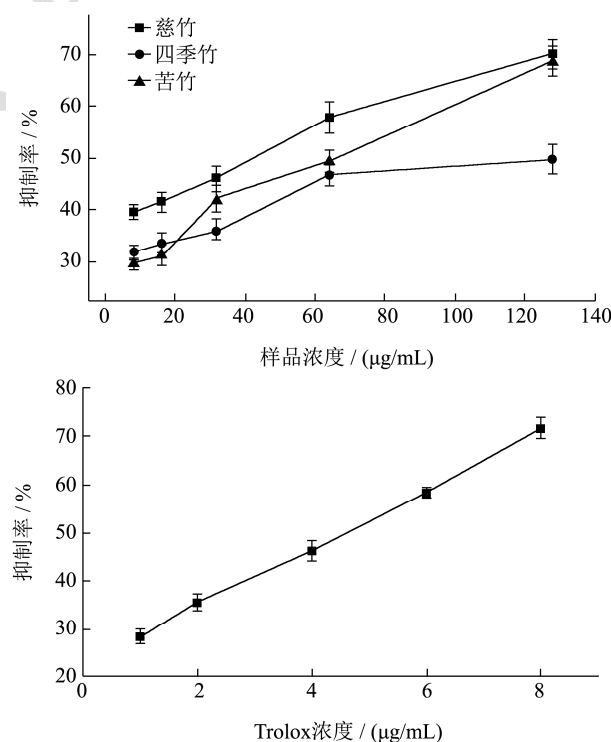


图4 竹叶乙醇提取物脂质过氧化抑制率对比

Fig.4 Comparison of lipid peroxidation inhibition rate of ethanol extracts from bamboo leaves

2.5 脂质过氧化抑制作用测定

脂质过氧化物的降解产物丙二醛与硫代巴比妥酸在酸性及高温下会生成红色络合物,此红色络合物在532 nm 波长处有最大吸收^[24],脂质抗氧化剂在氧化自己的同时降低油脂内外部氧浓度,并生成稳定氧化物不与油脂继续反应,将油脂氧化诱导期延长,增加油脂类食品货架期。由图4可知,三种竹叶提取物对脂质过氧化都有较好的抑制作用,其抑制作用随浓度的升高而增强。当浓度达到128 $\mu\text{g/mL}$ 时,慈竹、苦竹、四季竹乙醇提取物脂质过氧化抑制率分别达到70.05%、68.72%、49.73%,四季竹的抑制作用较弱。

2.6 竹叶醇提物抗氧化活性的对比

由表2可以看出,慈竹乙醇提取物还原能力和脂质过氧化抑制作用的 IC_{50} 值显著低于四季竹和苦竹 ($p<0.05$),其还原能力和脂质过氧化抑制作用依次为:慈竹>苦竹>四季竹。苦竹乙醇提取物 DPPH 自由基清除作用的 IC_{50} 值显著低于慈竹和四季竹

($p<0.05$),其作用大小依次为:苦竹>慈竹>四季竹。三种竹叶乙醇提取物 β -胡萝卜素漂白抑制作用的 IC_{50} 值差别不大,但四种抗氧化测试结果的 IC_{50} 值均显著高于对照品 Trolox,综合对比,四季竹的抗氧化性能较差。李栋^[25]发现楠竹叶黄酮在脂质体系具有明显的抗氧化能力, IC_{50} 值为1.29 mg/mL,且对 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 有清除作用, IC_{50} 值为0.47 mg/mL。王慧^[26]对比了毛竹、苦竹、香竹、箬竹、粉单竹、青杆竹和青皮竹等7个品种竹叶抗氧化性能,发现竹叶提取物清除超氧阴离子自由基的 IC_{50} 值范围为339.32~613.86 mg/L,清除羟自由基的 IC_{50} 值范围为324.87~641.43 mg/L,提取物中的有效成分为荭草苷、异荭草苷、牡荆苷和异牡荆苷。本研究的三种竹叶 DPPH 自由基清除率 IC_{50} 值范围为1.53~2.71 mg/mL,还原能力 IC_{50} 值范围为0.55~0.97 mg/mL, β -胡萝卜素漂白抑制作用 IC_{50} 值范围为0.78~0.98 mg/mL,脂质过氧化抑制作用 IC_{50} 值范围为0.04~0.12 mg/mL,说明三种竹叶乙醇提取物可以用于食品工业中作为抗氧化剂、防腐保鲜剂或功能性食品添加剂。

表2 不同竹叶的抗氧化活性 (IC_{50})

Table 2 Antioxidant activity (IC_{50}) of different bamboo leaves

样品名称	$\text{IC}_{50}/(\text{mg/mL})$			
	DPPH 自由基	还原能力	β -胡萝卜素漂白	脂质过氧化
慈竹	2.35 $\pm$ 0.15 ^c	0.55 $\pm$ 0.13 ^b	0.80 $\pm$ 0.07 ^b	0.04 $\pm$ 0.01 ^b
四季竹	2.71 $\pm$ 0.10 ^d	0.97 $\pm$ 0.06 ^c	0.78 $\pm$ 0.11 ^b	0.12 $\pm$ 0.01 ^d
苦竹	1.53 $\pm$ 0.12 ^b	0.78 $\pm$ 0.11 ^c	0.98 $\pm$ 0.06 ^c	0.07 $\pm$ 0.01 ^c
Trolox	0.04 $\pm$ 0.005 ^a	0.05 $\pm$ 0.008 ^a	0.003 $\pm$ 0.001 ^a	0.005 $\pm$ 0.001 ^a

注: a~d 不同字母代表不同样品间同种抗氧化活性测定结果显著 ($p<0.05$)。

3 结论

本实验通过四种方法测定了慈竹、苦竹、四季竹乙醇提取物的抗氧化活性,并以 Trolox 作为阳性对照, Trolox 是一种细胞渗透的,水溶性的维生素 E 衍生物,具有强大的抗氧化性能,用 IC_{50} 值作为评价指标,比较了不同竹叶乙醇提取物的抗氧化活性。结果显示 Trolox 在四个方法的 IC_{50} 值均小于竹叶乙醇提取物,三种竹叶 DPPH 自由基清除率 IC_{50} 值范围为1.53~2.71 mg/mL,还原能力 IC_{50} 值范围为0.55~0.97 mg/mL, β -胡萝卜素漂白抑制作用 IC_{50} 值范围为0.78~0.98 mg/mL,脂质过氧化抑制作用 IC_{50} 值范围为0.04~0.12 mg/mL。竹叶乙醇提取物具有一定的抗氧化活性,可作为潜在的天然抗氧化剂应用于食品和药品工业中。但目前抗氧化测定方法很多,各有优势和局限性,本实验无法全面的评价竹叶的抗氧化性能,因此对于竹叶的抗氧化性能需要进一步深层次的研究。

参考文献

- [1] 江泽慧.世界竹藤[M].北京:中国林业出版社,2008:1-10
JIANG Ze-hui. Bamboo and Battan in the World [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008: 1-10
- [2] 黄红英,邓斌,蒋刚彪.苦竹叶总黄酮的超声提取及其抗氧化研究[J].时珍国医国药,2009,20(6):1443-1445
HUANG Hong-ying, DENG Bin, JIANG Gang-biao. Extraction of total flavanone from *Pleioblastus amarus* leaves by ultrasonic and its antioxidation effect [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(6): 1443-1445
- [3] Liang Fang, Zhang Tao, Xiang Hong-zhong, et al. Pyrolysis characteristics of cellulose derived from moso bamboo and poplar [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2018, 132(2): 1359-1365
- [4] Nguyen P T, Tran D X, Pham T T H, et al. Inhibitory effects

- of bamboo leaf on the growth of *Pyricularia grisea* fungus [J]. Agriculture, 2018, 8(7): 1-8
- [5] Anigboro A A. Antimalarial efficacy and chemopreventive capacity of bamboo leaf (*Bambusa vulgaris*) in malaria parasitized mice [J]. Journal of Applied Sciences & Environmental Management, 2018, 22(7): 1141-1145
- [6] 史娟,李江,葛红光.汉中毛竹叶黄酮提取及抗氧化稳定性研究[J].食品研究与开发,2016,37(11):53-57
SHI Juan, LI Jiang, GE Hong-guang. Extraction of flavone from bamboo leaf of Hanzhong and their antioxidant stability [J]. Food Research And Development, 2016, 37(11): 53-57
- [7] 罗国勇,周容,戴亚,等.慈竹竹叶抗氧化活性成分的提取工艺研究[J].天然产物研究与开发,2015,27:859-864
LUO Guo-yong, ZHOU Rong, DAI Ya, et al. Extraction of antioxidative constituents from *Neosinocalamus affinis* leaves [J]. Nat Prod Res Dev, 2015, 27: 859-864
- [8] 楼鼎鼎,戚炯炯,张英,等.竹叶抗氧化物在双汇西式肉制品的中应用研究[J].中国食品学报,2006,6(3):111-114
LOU Ding-ding, QI Jiong-jiong, ZHANG Ying, et al. Studies on the application of antioxidant bamboo leaf in shuanghui meat product [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(3): 111-114
- [9] 栗明月,焦梦荷,蒋林树,等.竹叶黄酮的生理功能及其应用前景[J].中国农学通报,2018,34(32):144-149
LI Ming-yue, JIAO Meng-he, JIANG Lin-shu, et al. Physiological functions and application prospect of bamboo leaf flavonoids [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(32): 144-149
- [10] 李俊,卢阳,刘永翔,等.乳酸菌发酵对苦荞芽苗饮料品质和营养成分的影响[J].食品与机械,2018,34(12):195-199
LI Jun, LU Yang, LIU Yong-xiang, et al. Effects of lactobacillus fermentation on the quality and nutrient of tartary buckwheat seedling beverage [J]. Food & Machinery, 2018, 34(12): 195-199
- [11] Pinela J, Barros L, Duenas M, et al. Antioxidant activity, ascorbic acid, phenolic compounds and sugars of wild and commercial *Tuberaria lignosa*, samples: Effects of drying and oral preparation methods [J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1028-1035
- [12] Barros L, Pereira E, Calhella R C, et al. Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. [J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1732-1740
- [13] Liu Ji-Kai, Hu Lin, Dong Ze-jun, et al. DPPH Radical scavenging activity of ten natural pmilerphenyl derivatives obtained from three edible mushrooms indigenous to China [J]. Chemistry & Biodiversity, 2004, 1(4): 601-605
- [14] Osawa T, Namiki M. A novel type of antioxidant isolated from leaf wax of *Eucalyptus* leaves [J]. Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan, 1981, 45(3): 735-739
- [15] 韩娅婷,谢惠,邵佩兰,等.红枣色素的抗脂质过氧化作用[J].食品工业科技,2018,39(2):35-39
HAN Ya-ting, XIE Hui, SHAO Pei-lan, et al. Anti-lipid peroxidation of pigment from jujube [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(2): 35-39
- [16] 王姝,倪勤学,许光治,等.地被竹与淡竹叶提取物抗氧化活性的比较研究[J].食品工业科技,2014,35(22):135-138,144
WANG Shu, NI Qin-xue, XU Guang-zhi, et al. Comparative analysis of antioxidant activity of bamboo leaf extracts of ground bamboo and *phyllostachysnigra* var. henon [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 135-138, 144
- [17] 马莎莎,赵震宇,刘平怀,等.丁香不同提取方法提取物的抗氧化活性[J].精细化工,2018,35(2):219-227
MA Sha-sha, ZHAO Zhen-yu, LIU Ping-huai, et al. Antioxidant activity of clove extracts by different extraction methods [J]. Fine Chemicals, 2018, 35(2): 219-227
- [18] 韦献雅,殷丽琴,钟成,等.DPPH 法评价抗氧化活性研究进展[J].食品科学,2014,35(9):317-322
WEI Xian-ya, YIN Li-qin, ZHONG Cheng, et al. Advances in the DPPH radical scavenging assay for antioxidant activity evaluation [J]. Food Science, 2014, 35(9): 317-322
- [19] HU Chong-jiu, LIAO Hai-bing, YUAN Ke, et al. Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of bamboo leaves from four species in China [J]. Asian Journal of Chemistry, 2011, 23(6):2543-2547
- [20] 段丽娜,郭磊,刘超,等.响应面法优化龙竹竹叶黄酮的提取工艺及抗氧化研究[J].安徽农业科学,2018,46(27):169-172
DUAN Li-na, GUO Lei, LIU Chao, et al. Optimization of extraction process and antioxidant of flavonoids from *Dendrocalamus giganteus* leaves by response surface method [J]. J. Anhui Agric. Sci, 2018, 46(27): 169-172
- [21] Berker K I, Ozyurt D, Demirata B, et al. Solid-phase extraction spectrophotometric determination of total antioxidant capacity in antioxidant-poor samples by using the ferric-ferrozine method [J]. Analytical Sciences, 2017, 33(6): 683-689

(下转第 192 页)