

栽培方式对薄荷总酚、总黄酮及抗氧化活性的影响

刘 贺, 彭声静, 张瑜瑜, 吴玉美, 尹利方
(昆明学院 农学与生命科学学院, 昆明 云南 650214)

摘要: 对“香菜盒子”产品中留兰香薄荷不同部位在不同栽培方式下的总酚、总黄酮及其 DPPH 自由基清除率进行研究. 结果表明: 水培薄荷根部总酚较高, 基质培薄荷根部和叶部总酚较高, 且水培与基质培根部总酚含量均显著高于茎部和叶部; 水培与基质培对薄荷不同部位总黄酮含量无提升作用; 水培及基质培薄荷根部和茎部在 0.5~5.0 mg/mL 范围内 DPPH 清除率显著高于对照根茎部, 基质培叶部 DPPH 清除率显著高于水培和对照叶部, 在测定质量浓度范围内总酚含量与 DPPH 清除率相关性较高, 系数均在 0.9 以上, 而总黄酮含量则呈现随粗提物质量浓度升高与 DPPH 清除率相关性逐渐增大.

关键词: 薄荷; 总酚; 总黄酮; DPPH 清除率

中图分类号: S636.9; R284.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2020) 06-0068-04

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2020.06.015

Effects of Cultivation Methods on Total Phenols /Flavonoids and Antioxidant of *Mentha haplocalyx*

LIU He, PENG Shengjing, ZHANG Yuyu, WU Yumei, YIN Lifang

(School of Agriculture and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

Abstract: The total phenols/flavonoids and DPPH free radical scavenging activities of different parts of *Mentha haplocalyx* cultivated in “spicy vegetable box” by different methods were studied. The results showed that the total phenols in root of *Mentha haplocalyx* under hydroponic culture and root/leaf of that under substrate culture were higher, and the total phenols of roots from both hydroponic and substrate culture were significantly higher than those in stem and leaf respectively, but hydroponic and substrate culture had no obvious effect on the total flavonoids in different parts; In the range of 0.5~5.0 mg/mL, the DPPH scavenging activity of root and stem under hydroponic or substrate culture was significantly higher than that of control, and scavenging activity of leaf under substrate culture was significantly higher than that of hydroponic culture and control; the correlation between total phenol content and DPPH scavenging activity was higher in the range of measured concentrations, and the coefficient was above 0.9, while the correlation between total flavone content and DPPH scavenging activity increased with the increase of crude extract mass concentration.

Key words: *Mentha haplocalyx*; total phenols; total flavonoids; DPPH scavenging activity

薄荷 (*Mentha haplocalyx*) 是一种药食两用植物, 在我国主要分布于华东和东北等地区. 由于其含有多种生物活性成分, 如酚类、黄酮类、萜类、有机酸等, 具有抑菌、抗氧化等功效, 现已被广泛应用于医药、化妆品和食品等领域^[1-2].

在我国薄荷作为蔬菜及调味料, 广泛用于餐饮行业. 目前, 薄荷的主要栽培方式为土壤播种. 为方便食用, 已有研究人员^[3]开发了“香菜盒子”,

即将具有特殊香气的常用菜品如薄荷、香葱等, 以水培或基质培的方式置于餐桌栽培瓶内进行培育. 该栽培方式既方便食用, 又起到装饰作用. 然而, 这种“桌上种植”的方式是否会对薄荷等蔬菜的某些化学成分产生影响尚未见到报道. 因此, 本文拟以水培和基质培桌上种植薄荷 (品种为留兰香) 为例, 对其不同部位的总酚、总黄酮含量及其体外抗氧化活性进行研究, 旨在为该类产品的开发利用

收稿日期: 2020-06-24

基金项目: 昆明学院引进人才科研项目 (YJL16004); 云南省科技厅应用基础研究计划青年项目 (2017FD086); 国家自然科学基金青年项目 (32001684).

作者简介: 刘贺 (1986—), 女, 河北安平人, 讲师, 博士, 主要从事植物蛋白加工与利用研究.

提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

试验设置基质培和水培留兰香(实验室自培)两个处理,以大棚土壤培留兰香为对照。

甲醇、无水碳酸钠、三氯化铝、亚硝酸钠均为分析纯;福林酚试剂(上海荔达生物科技有限公司);没食子酸、芦丁、DPPH(美国Sigma公司)。

电子天平(AL204,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司);恒温振荡仪(SHJ-A,金坛市华峰仪器有限公司);紫外-可见分光光度计(SP-2100UV,上海光谱仪器有限公司)。

1.2 总酚及总黄酮的提取

分别取水培和基质培薄荷根、茎、叶各5g,以甲醇溶液300mL分别于80℃水浴中浸提30min,提取液过滤,将滤液在旋转蒸发仪上蒸发至5mL,自然挥干溶剂,称量粗提物质量,并将其以去离子水定容至10mL,待测。

1.3 福林法测定总酚

参照Singleton等^[4]和Zielinski等^[5]的方法。取待测液0.2mL加去离子水至总体积5mL,加入5mL福林试剂(使用前以去离子水稀释两倍)及5mL10%Na₂CO₃溶液,振荡试管,25℃下保温1h,测定725nm处吸光度。总酚含量通过没食子酸标准曲线($y = 0.9661x$, $R^2 = 0.9995$)进行换算,总酚含量单位为:(mg没食子酸/g干物质量)。测定3次,取平均值。

1.4 氯化铝比色法测定总黄酮

参照Jia等^[6]的测定方法。取待测液1mL,加入5%亚硝酸钠1mL,静置6min后再加入10%三氯化铝1mL,摇匀,放置6min后加入10mL4%氢氧化钠溶液,以30%乙醇溶液定容至50mL,在波长510nm处测定吸光度。总黄酮含量通过芦丁标准曲线($y = 0.1009x$, $R^2 = 0.9995$)进行换算,总黄酮含量单位为:(mg芦丁/g干物质量)。测定3次,取平均值。

1.5 DPPH法测定抗氧化活性

参照Brand等^[7]的方法。将0.1mL不同质量浓度的样品液加入到3.9mL的125μmol/L DPPH-甲醇溶液中,振荡后于25℃避光稳定30min,在波

长517nm处以甲醇为参比测定吸光度。对照液为0.1mL甲醇加入到3.9mL的125μmol/L DPPH-甲醇溶液中。样品的自由基清除率计算公式如下:

$$\text{抗氧化活性} = \left[1 - \frac{A_{\text{样品}}}{A_{\text{对照}}} \right] \times 100\%.$$

1.6 数据处理

试验数据用($\bar{x} \pm s$)表示, t 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。使用OriginPro 8.0软件处理数据并作图。

2 结果与分析

不同栽培方式可能会对植物的化学成分造成一定影响,尤其是植物的某些抗氧化成分^[8-9]。因此,本文主要对薄荷中与抗氧化活性相关的成分酚类及黄酮含量及其体外抗氧化活性等进行探讨。

2.1 不同栽培方式对薄荷不同部位总酚含量影响

对不同栽培方式的组间进行对比(图1中A、A'和A''系列分别代表不同处理间根、茎、叶差异显著性,a、a'和a''系列分别表示不同处理内根茎叶间差异显著性,具有相同字母表示差异无统计学意义($P > 0.05$),不同字母表示差异有统计学意义($P < 0.05$)。图2同)。由图1可知,与对照组相比较,水培和基质培薄荷根部总酚含量均较高,分别为(13.00 ± 0.25)(mg没食子酸/g干物质)及(12.67 ± 0.32)(mg没食子酸/g干物质),且与对照间差异有统计学意义($P < 0.05$),而水培与基质培之间差异无统计学意义;茎部3种培育方式间差异无统计学意义;叶部水培总酚含量最低,基质培最高,且两者间差异有统计学意义($P < 0.05$),而对照组与这两种培育方式间差异均无统计学意义。总之,基质培薄荷的根和叶中总酚含量均显著高于对照,以水培薄荷根部总酚含量为最高。

由不同处理组内根茎叶含量对比分析发现,对照组根、茎、叶中总酚含量差异无统计学意义,而水培和基质培薄荷根部总酚均显著高于茎部与叶部。

综上,与对照相比,基质培薄荷根部与叶部总酚含量均显著升高,水培薄荷根部总酚显著升高;与对照组内根、茎、叶总酚含量差异无统计学意义相比,水培与基质培的根部总酚含量均显著高于其茎部及叶部总酚含量。

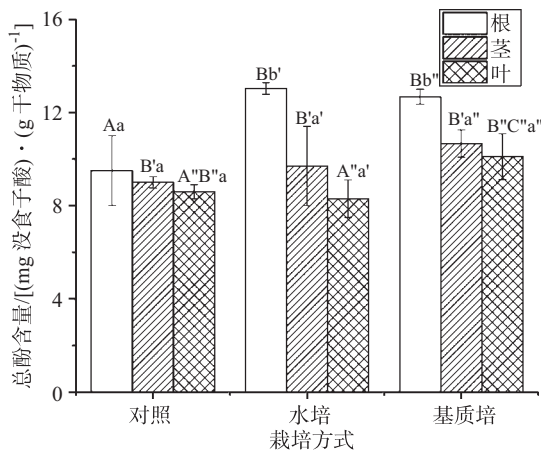


图1 不同栽培方式下薄荷不同部位的总酚含量

2.2 不同栽培方式对薄荷不同部位总黄酮含量影响

不同栽培方式下薄荷不同部位总黄酮含量如图2所示。由图2可知，总黄酮含量与总酚含量情况有所不同，不同处理薄荷根部和叶部总黄酮含量差异均无统计学意义($P > 0.05$)，而基质培茎部总黄酮含量(18.80 ± 0.61) (mg 芦丁/g 干物质)显著低于对照茎部总黄酮含量(23.30 ± 2.07) (mg 芦丁/g 干物质)，水培茎部总黄酮含量则与对照、基质培处理茎部间差异均无统计学意义。

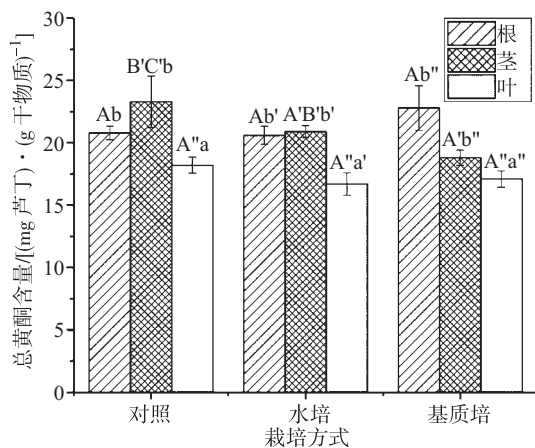


图2 不同栽培方式下薄荷不同部位的总黄酮含量

由不同处理组内根茎叶总黄酮含量分析可知，留兰香薄荷在所有栽培方式下均出现叶部总黄酮含量显著低于茎部及根部，而茎部与根部总黄酮含量间差异无统计学意义。

综上，水培与基质培对留兰香薄荷不同部位总黄酮含量无提升作用，甚至基质培茎部总黄酮含量显著低于对照组茎部总黄酮含量。此外，不同栽培方式组内总黄酮含量分布均为根部和茎部显著高于叶部。

2.3 不同栽培方式对薄荷体外抗氧化活性影响

采用简便、快速、灵敏、重现性好的 DPPH 清除法对不同薄荷样品的体外抗氧化活性进行评价，同时对 DPPH 清除率与总酚、总黄酮含量间的相关性进行研究，结果如图3所示。

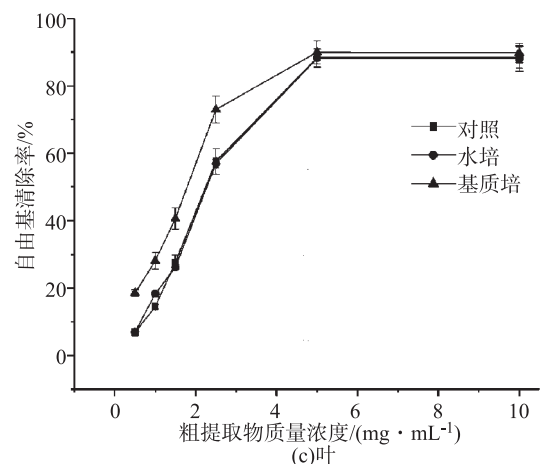
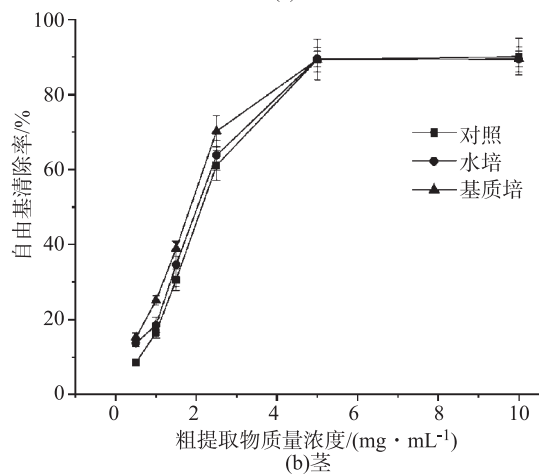
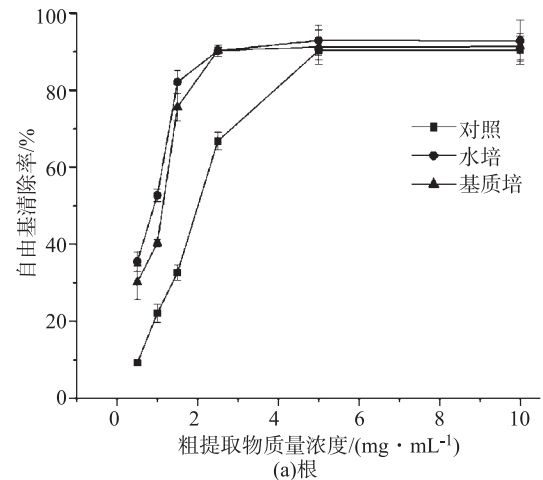


图3 不同栽培方式下根、茎、叶粗提物的 DPPH 清除率

图3展示了不同栽培方式下留兰香薄荷根、茎、叶部的 DPPH 自由基清除率。在所有栽培方式下，随着样品粗提物质量浓度的升高，薄荷不同部

位粗提物的 DPPH 自由基清除率均逐渐提高, 而当粗提物质量浓度达到一定值后, 清除率则会达到一恒定值. 具体来说, 不同栽培方式下根部的自由基清除率在质量浓度较低时相差较大 (图 3a), 水培及基质培的根部粗提物在 0.5 ~ 5.0 mg/mL 范围内时 DPPH 清除率显著高于对照; 当 ρ (粗提物) > 5.0 mg/mL, 3 种栽培方式的根部 DPPH 清除率均达到恒定值, 约为 90.4% ~ 92.8%. 不同栽培方式下茎部的 DPPH 清除率也有类似于根部的变化趋势 (图 3b), 但水培及基质培茎部粗提物清除率仅略高于对照, 且差异无统计学意义; 当 ρ (粗提物) > 5.0 mg/mL, 3 种栽培方式的 DPPH 清除率达到 89.4% ~ 90.1%. 不同栽培方式下叶部的 DPPH 清除率则与前两者不同 (图 3c), 基质培叶部粗提物的 DPPH 清除率在低质量浓度 (0.5 ~ 5.0 mg/mL) 及高质量浓度 (ρ (粗提物) > 5.0 mg/mL) 范围内均显著高于对照及水培的清除率, 且水培和对照的清除率曲线几乎重合, 即水培和对照栽培方式叶部粗提物的 DPPH 清除活性相似.

2.4 薄荷多酚、总黄酮含量与抗氧化活性的相关性分析

植物的抗氧化活性通常被认为与多酚、总黄酮含量相关^[10-11]. 因此, 进一步对不同栽培方式下薄荷总酚、总黄酮含量与不同质量浓度的薄荷粗提物的 DPPH 抗氧化活性进行相关性分析, 结果如表 1 所示.

表 1 不同质量浓度粗提物薄荷总酚、总黄酮含量与抗氧化活性的相关系数

粗提物质量浓度/ (mg · mL ⁻¹)	相关系数 (r)	
	薄荷总酚含量	薄荷总黄酮含量
0.5	0.976	0.296
1.0	0.948	0.231
1.5	0.974	0.384
2.5	0.986	0.363
5.0	0.908	0.453
10.0	0.879	0.579

从表 1 可以看出, 在测定的质量浓度范围 (0.5 ~ 10.0 mg/mL) 内薄荷总酚含量与 DPPH 抗氧化性的相关系数均在 0.9 以上, 说明薄荷总酚含量与抗氧化能力显著相关; 而在不同粗提物质量浓度下总黄酮含量与 DPPH 抗氧化性的相关系数则较低, 约在 0.2 ~ 0.6 范围内, 说明总黄酮含量与

DPPH 抗氧化能力相关性较低. 这与吕爽等^[12] 研究结果相似, 其在文章中指出薄荷总黄酮含量与 DPPH 抗氧化能力间相关性较低, 相关系数仅为 0.13. 此外, Zielinski 等^[5] 研究发现, 总酚类化合物与 DPPH 抗氧化能力的相关系数为 0.87, 高于总黄酮含量与 DPPH 抗氧化能力相关系数 0.79. 而本研究发现, 当粗提物质量浓度提高后, 总黄酮含量与 DPPH 抗氧化能力相关系数也相应提高, 当粗提物质量浓度达到 10.0 mg/mL 时, 相关系数达到 0.579.

4 结论

本文对留兰香薄荷不同部位在不同栽培方式下的总酚、总黄酮及其 DPPH 自由基清除率进行研究. 结果表明, 基质培薄荷根部和叶部总酚含量显著升高, 水培薄荷根部总酚含量显著升高, 而水培与基质培根部总酚含量均显著高于各自茎部及叶部总酚含量; 但水培与基质培对薄荷不同部位的总黄酮含量无提升作用, 且两种培养方式下根部和茎部总黄酮含量均显著高于叶部.

对于 DPPH 自由基清除率, 在所有栽培方式下, 随着样品粗提物质量浓度的升高, 薄荷不同部位的 DPPH 自由基清除率均逐渐提高, 直至达到恒定值. 具体来说, 水培和基质培根部粗提物在 0.5 ~ 5.0 mg/mL 范围内清除率显著高于对照, 而当 ρ (粗提物) > 5.0 mg/mL, 3 种栽培方式的清除率趋于恒定; 水培和基质培茎部粗提物与根部相似, 但差异无统计学意义; 基质培叶部清除率显著高于水培与对照清除率, 且水培与对照清除率曲线几乎重合. 在测定质量浓度范围内, 薄荷总酚含量与 DPPH 抗氧化活性相关性较高, 相关系数均在 0.9 以上, 而总黄酮含量随着粗提物质量浓度的升高, 与 DPPH 抗氧化能力相关系数则相应提高.

综上所述, 水培及基质培根部总酚、总黄酮含量、DPPH 自由基清除率均显著高于茎部及叶部. 此外, 本研究对提高薄荷资源利用率和完善薄荷的质量控制也具有一定意义. 因此, 消费者食用“香菜盒子”薄荷时, 建议除了食用叶以外, 还可选择食用适宜的根、茎, 这样才能保证有效成分的摄入.

(下转第 83 页)

子材料的静态和动态粘弹性效应, 逐渐完善粘弹性分数导数本构模型, 将是今后研究工作的努力方向.

[参考文献]

- [1] 吕百龄. 实用橡胶手册 [M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [2] 钱胜, 陆益民, 杨咸启, 等. 橡胶材料超弹性本构模型选取及参数确定概述 [J]. 橡胶科技, 2018, 16 (5): 5-10.
- [3] 陈玉, 成斌, 肖玉, 等. 泡沫橡胶类材料有限变形粘弹性本构模型 [J]. 橡胶工业, 2017, 64 (4): 197-201.
- [4] 于海富, 李凡珠, 杨海波, 等. 橡胶材料非线性高弹-粘弹性本构模型的研究 [J]. 橡胶工业, 2017, 64 (12): 719-723.
- [5] 郭辉, 胡文军, 陶俊林. 泡沫橡胶材料的超弹性本构模型 [J]. 计算力学学报, 2013, 30 (4): 575-579.
- [6] 魏志刚, 陈海波. 一种新的橡胶材料弹性本构模型 [J]. 力学学报, 2019, 51 (2): 473-483.
- [7] 于海富, 李凡珠, 杨海波, 等. 橡胶材料的混合高弹性本构模型研究 [J]. 橡胶工业, 2018, 65 (5): 509-513.
- [8] 杨挺青. 粘弹性理论与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] PARK S W. Analytical modeling of viscoelastic dampers for structural and vibration control [J]. International Journal of Solids and Structures, 2001, 38: 8065-8092.
- [10] 银花, 陈宁. 分数阶导数粘弹性模型的有限元法 [J]. 计算力学学报, 2012, 29 (6): 966-971.
- [11] 赵永玲, 侯之超. 基于分数导数的橡胶材料两种粘弹性本构模型 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2013, 53 (3): 378-383.
- [12] 杨小军. 广义分数阶粘弹性力学的理论研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2017.
- [13] 吴强, 黄建华. 分数阶微积分 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [14] 申永军, 杨绍普, 邢海军. 含分数阶微分的线性单自由度振子的动力学分析 [J]. 物理学报, 2012, 61 (11): 158-163.

(上接第71页)

[参考文献]

- [1] 沈梅芳, 李小萌, 单琪媛. 薄荷化学成分与药理作用研究新进展 [J]. 中华中医药学刊, 2012 (7): 1484-1487.
- [2] 陆智. 气相色谱-质谱指纹图谱结合聚类分析在薄荷香精风味品质稳定性分析中的应用 [J]. 现代食品科技, 2018, 34 (9): 283-290.
- [3] 彭声静, 刘贺, 王海燕, 等. 一种多功能芳香叶菜栽培瓶: ZL201621131523.0 [P]. 2017-04-26.
- [4] SINGLETON V, ROSSI J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16: 144-158.
- [5] ZIELINSKI A A F, HAMINIUK C W I, ALBERTI A, et al. A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques [J]. Food Research International, 2014, 60: 246-254.
- [6] JIA Z, TANG M, WU J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals [J]. Food Chemistry, 1999, 64: 555-559.
- [7] BRAND W W, CUVELIER M E, BERSET C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. LWT-Food Science and Technology, 1995, 28: 25-30.
- [8] 王建平, 颜景宁, 蔡莉, 等. 栽培方式对不同草莓品种果实中抗氧化物质含量的影响 [J]. 落叶果树, 2011 (4): 4-6.
- [9] 张庆, 袁源, 邓扬龙, 等. 不同栽培方式银耳多糖单糖组成分析及体外抗氧化活性比较 [J]. 食品工业科技, 2019, 40 (8): 54-60.
- [10] ANGGRAINI T, WILMA S, SYUKRI D, et al. Total phenolic, anthocyanin, catechins, DPPH radical scavenging activity, and toxicity of *Lepisanthes alata* (Blume) Leenh. [J]. International Journal of Food Science, 2019(3): 1-7.
- [11] LJOKOCEVIC M, JADRANIN M, STANKOVIC J, et al. Phenolic composition and DPPH radical scavenging activity of plum wine produced from three plum cultivars [J]. Journal of the Serbian Chemical Society, 2019, 84 (2): 141-151.
- [12] 吕爽, 田呈瑞, 王虎, 等. 不同薄荷多酚、总黄酮及体外抗氧化性比较 [J]. 食品工业科技, 2011 (8): 160-163.