

# 不同产地商业香菇品种中有机酸含量差异分析

于海龙<sup>1</sup>, 陈万超<sup>1,2</sup>, 李文<sup>1</sup>, 谭琦<sup>1</sup>, 尚晓冬<sup>1</sup>, 杨焱<sup>1</sup>

(1. 上海市农业科学院 食用菌研究所, 农业部南方食用菌资源利用重点实验室, 国家食用菌工程技术研究中心, 国家食用菌加工技术研发分中心, 上海市农业遗传育种重点开放实验室, 上海 201403; 2. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306)

**摘要:**以国内香菇主产区市售 4 种香菇干品为试材, 利用反相高效液相色谱法对其有机酸含量进行了测定, 拟从有机酸角度分析不同地区同类香菇风味差异。结果表明: 苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸在不同产地同类香菇中都可检出, 酒石酸及抗坏血酸都在检出限以下。不同产地香菇干品中 5 种有机酸含量存在显著差异, 含量由大到小依次为琥珀酸 > 柠檬酸 > 苹果酸 > 乙酸 > 富马酸。其中湖北随州冬菇中苹果酸含量最高, 达到了  $(34.66 \pm 0.49)$  mg/g; 福建尤溪金钱菇中乙酸、柠檬酸和琥珀酸的含量最高, 分别达到了  $(35.48 \pm 0.11)$  mg/g、 $(47.42 \pm 0.16)$  mg/g 和  $(222.07 \pm 0.20)$  mg/g; 浙江庆元花菇中富马酸含量最高, 达到  $(5.53 \pm 0.08)$  mg/g。不同产地干香菇中有机酸含量的差异可以为其风味差异提供切实的理论基础, 便于进一步的加工或者消费选择。

**关键词:**香菇; 主产区; 品种; 有机酸

**中图分类号:**S 646 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0133-03

香菇 [*Lentinus edodes* (Berk.) sing] 属担子菌纲 (Basidiomycetes)、伞菌目 (Agaricales)、口蘑科 (Tricholomataceae)、香菇属 (*Lentinus*), 又称花菇、冬菇、香信等, 在我国具有悠久的栽培历史, 是我国久负盛名的珍贵食用菌<sup>[1]</sup>。目前, 市场上的香菇产品种类繁多, 根据外观特征其商品被划分为花菇、冬菇、金钱菇、

黑面菇等<sup>[2]</sup>。

有机酸广泛存在于各种农产品中, 其种类和含量直接影响农产品口感、风味和色泽, 也是农产品成熟度、加工性以及耐储藏性的重要依据<sup>[3]</sup>。有机酸是食用菌风味的重要组成部分, 与合成酚类、氨基酸、酯类和芳香物质的代谢过程密切相关, 其种类和含量的不同在一定程度上影响着独特风味的形成<sup>[4]</sup>, 吉田博等<sup>[5]</sup>研究认为香菇微妙的呈味效果与有机酸有关。目前市售香菇中并没有香菇品种以及栽培配方的标注, 但不同商品种类香菇其口感风味却有很大差异。该研究以谷镇等<sup>[6]</sup>、杨焱等<sup>[7]</sup>的研究为基础选取了食用菌风味分析中常用的几

**第一作者简介:**于海龙(1982-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为食用菌育种及栽培。E-mail: yuhailong\_01@126.com.

**责任作者:**杨焱(1970-), 女, 博士, 研究员, 现主要从事食药菌深加工技术等研究工作。E-mail: yangyan@saas.sh.cn.

**收稿日期:**2014-11-06

**Abstract:** To provide the academic basis of *Pennisetum* sp. application and popularization, and to analyzing drought resistance, physiological characteristics of *Pennisetum* sp. were studied under drought stress simulated by different concentration of PEG 6000. The results showed that, by the increase of stress level, the contents of soluble protein and chlorophyll decreased continuously, showing an obvious negative correlation with PEG stress; the content of soluble polysaccharide increased gradually; while the content of MDA or POD activity increased firstly and then decreased, the contents of proline and SOD activity decreased at beginning and then increased. Data of these five characters showed a significant positive correlation with PEG stress; the CAT activity increased firstly and then decreased, showing an insignificant positive correlation with PEG stress. These results indicate that *Pennisetum* sp. seedlings could stand less than the concentration of 200 g/L PEG and had a certain degree of drought tolerance. The interaction of three kinds of enzyme and osmotic adjustment substance (water soluble polysaccharide and proline) could be automatically managed to avoid the damage from water drought, which may induce potential ability of *Pennisetum* sp. against drought conditions. More than the concentration of 200 g/L PEG could bring *Pennisetum* sp. seedlings severe drought stress and even death.

**Keywords:** PEG-6000; *Pennisetum* sp.; physiological characteristic

种有机酸:苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸为检测指标,拟从有机酸角度入手来分析我国香菇主产区的同种类商品香菇中有机酸含量的差异,以期为了解不同地区同一类香菇的风味差异提供切实的理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为市售干花菇、冬菇、金钱菇、椴木香菇,样品分别选自我国香菇主产区福建宁德、浙江庆元、四川青川、湖北随州、河南西峡等产地,磨粉待测。

试剂:酒石酸、苹果酸、柠檬酸、抗坏血酸、乙酸、富马酸、丁二酸标准品均为国产分析纯;色谱级甲醇为迪马科技产品;浓磷酸和磷酸二氢钾为国产分析纯。

仪器:Waters 600 系列高效液相色谱仪,2996 型光敏二极管阵列检测器。

### 1.2 试验方法

苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的测定和计算参照杨焱等<sup>[7]</sup>的方法。

### 1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 和 SPSS Statistics 20 软件进行分析和处理,采用 Tukey HSD 检验进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地区花菇中有机酸含量差异

由表 1 可知,5 个地区生产的花菇中苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的含量都有显著性差异。其中河南西峡生产的花菇中苹果酸含量最高(24.45 mg/g),达到了最低值的 2.8 倍;福建尤溪生产的花菇中乙酸含量最高(29.32 mg/g),达到了最低值的 14.2 倍;湖北随州生产的花菇中柠檬酸和琥珀酸的含量最高(39.32、184.54 mg/g);浙江庆元生产的花菇中富马酸含量最高(5.53 mg/g),达到了最低值的 6.4 倍。

表 1 不同地区花菇中有机酸含量

Table 1 Organic acids of flower mushrooms from different areas (mg/g, dry basis)

产地	苹果酸	乙酸	柠檬酸	富马酸	琥珀酸
福建	19.30±0.30c	29.32±0.15c	22.01±0.47a	0.87±0.11a	104.13±0.21a
浙江	15.71±0.29b	19.35±0.10b	31.32±0.39b	5.53±0.08d	138.33±0.23b
四川	8.72±0.55a	2.07±0.50a	36.68±0.14c	1.54±0.34ab	103.39±0.12a
湖北	20.03±0.27c	19.03±0.14b	39.32±0.05d	1.92±0.08b	184.54±0.30d
河南	24.45±0.33d	23.98±0.17bc	35.83±0.28bc	4.66±0.32c	156.44±0.32c

注:数据均以平均值±标准偏差表示,n=3。下同。

Note: Values represent the means±SD, n=3. The same below.

### 2.2 不同地区冬菇中有机酸含量差异

由表 2 可知,5 个地区生产的冬菇中苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的含量都有显著性差异。其中福建尤溪的冬菇中琥珀酸的含量最高(202.89 mg/g);四川青川冬菇中柠檬酸含量最高(44.11 mg/g);湖北随州的冬菇中苹果酸和乙酸的含量

最高(34.66、27.05 mg/g),分别是最低值的 3.6、2.8 倍;河南西峡的冬菇中富马酸含量最高(4.07 mg/g),达到了最低值的 2.1 倍。

表 2 不同地区冬菇中有机酸含量

Table 2 Organic acids of winter mushrooms from different areas (mg/g, dry basis)

产地	苹果酸	乙酸	柠檬酸	富马酸	琥珀酸
福建	14.80±0.13b	19.66±0.32b	42.10±0.16c	2.56±0.31b	202.89±0.46c
浙江	10.25±0.14a	12.69±0.08a	34.21±0.08b	2.09±0.08a	182.84±0.1bc
四川	12.51±0.14b	14.26±0.18ab	44.11±0.13c	2.00±0.48a	190.61±0.36c
湖北	34.66±0.49c	27.05±0.18c	28.33±0.15a	1.97±0.32a	114.68±0.14a
河南	9.71±0.30a	9.59±0.38a	36.07±0.27b	4.07±0.21c	163.65±0.33b

### 2.3 不同地区金钱菇中有机酸含量差异

由表 3 可知,5 个地区生产的金钱菇中苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的含量都有显著性差异。其中福建尤溪的金钱菇中乙酸、柠檬酸和琥珀酸的含量最高(35.48、47.42、222.07 mg/g);浙江庆元的金钱菇中富马酸的含量最高(4.18 mg/g),达到了最低值的 2.1 倍;湖北随州的金钱菇中苹果酸的含量最高(17.53 mg/g)。

表 3 不同地区金钱菇中有机酸含量

Table 3 Organic acids of Jinqian mushrooms from different areas (mg/g, dry basis)

产地	苹果酸	乙酸	柠檬酸	富马酸	琥珀酸
福建	17.36±0.11b	35.48±0.11b	47.42±0.16c	1.97±0.24a	222.07±0.20b
浙江	11.75±0.30a	18.10±0.15a	44.47±0.11c	4.18±0.10c	191.37±0.34b
四川	11.05±0.22a	19.92±0.33a	41.36±0.15c	2.02±0.23a	210.60±0.18b
湖北	17.53±0.16b	23.31±0.08a	21.73±0.21a	2.09±0.16a	140.77±0.13a
河南	12.22±0.16a	30.97±0.37b	31.10±0.01b	3.76±0.14b	132.31±0.16a

### 2.4 不同地区椴木香菇中有机酸含量差异

从表 4 可以看出,3 个地区生产的椴木香菇中苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的含量都有显著性差异。其中湖北随州的椴木香菇中乙酸、柠檬酸、富马酸和琥珀酸的含量最高(29.35、40.72、2.84、179.76 mg/g),分别达到了最低值的 2.5、2.1、3.1、1.7 倍。浙江庆元的椴木香菇中苹果酸含量最高(13.84 mg/g)。

表 4 不同地区椴木香菇中有机酸含量差异

Table 4 Organic acids of wood-bass mushrooms from different areas (mg/g, dry basis)

产地	苹果酸	乙酸	柠檬酸	富马酸	琥珀酸
浙江	13.84±0.04c	11.54±0.24a	22.00±0.28a	2.20±0.14b	107.15±0.40a
四川	13.09±0.15a	20.23±0.16b	19.05±0.19a	0.91±0.31a	174.46±0.34b
湖北	13.31±0.14b	29.35±0.09c	40.72±0.13b	2.84±0.13b	179.76±0.40b

## 3 结论

杨焱等<sup>[6-8]</sup>对部分食用菌中有机酸进行了研究,结果表明食用菌中有机酸组成和含量差异较大。该研究对不同产地的同种类商品香菇中有机酸含量进行比较发现,不同地区同种类商品香菇中有机酸含量存在

明显差异,含量由大到小依次琥珀酸、柠檬酸、苹果酸、乙酸、富马酸。琥珀酸及其钠盐在海鲜产品中含量丰富,其使得食品呈现鲜美味<sup>[9]</sup>;柠檬酸、苹果酸、乙酸和富马酸常作为酸味添加剂应用于食品改善口感<sup>[10]</sup>。因此香菇鲜美口感的切实依据得到进一步印证。

食品中有机酸的种类和含量会影响食品的风味和口感<sup>[11-12]</sup>,食用菌中有机酸类成分在其风味以及口感的形成中有重要作用<sup>[13]</sup>。有机酸的种类和含量的不同在一定程度上影响着独特风味的形成并且有机酸的种类和含量会随着食用菌鲜度的变化而变化<sup>[14]</sup>。该研究测定了不同产地同种商品香菇中苹果酸、乙酸、柠檬酸、富马酸、琥珀酸 5 种有机酸的含量,结果表明,市售不同产地同种香菇商品中有机酸组成和含量差异较大,为进一步探索产地对香菇中有机酸组成和含量的影响提供了基础。

#### 参考文献

- [1] 徐天惠,刘强. 食用菌概论[M]. 北京:中国展中出版社,1987.
- [2] 黄年来,林志彬,陈国良,等. 中国食药食用菌学[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2010.
- [3] 董园园,董彩霞,卢颖林,等. 植物组织中有有机酸的提取方法比较[J].

南京农业大学学报,2005,28(4):140-143.

- [4] 陈发兴,刘星辉,陈立松. 果实有机酸代谢研究进展[J]. 果树学报,2005,22(5):526-531.
- [5] 吉田博,陶明勋. 三十一一种菇类游离糖醇和有机酸的含量[J]. 中国食用菌,1983(4):12-14.
- [6] 谷镇,杨焱. 食用菌呈香呈味物质研究进展[J]. 食品工业科技,2013,34(5):363-367.
- [7] 杨焱,谷镇,刘艳芳,等. 反相高效液相色谱法测定食用菌中 7 种有机酸的研究[J]. 菌物学报,2013,32(6):1064-1070.
- [8] Li W, Gu Z, Yang Y, et al. Non-volatile taste components of several cultivated mushrooms[J]. Food Chemistry, 2014, 143: 427-431.
- [9] 李永歌,刘立新. 琥珀酸二钠在食品中的应用[J]. 中国调味品,2013,38(3):109-111.
- [10] 郑战伟,张宝善,祁春燕. 醋品中成分检测方法的研究进展[J]. 食品工业科技,2012,33(2):446-450.
- [11] 李国权,陆震鸣,余永建,等. 镇江香醋有机酸风味特征的分析[J]. 中国调味品,2013,38(11):63-66.
- [12] 杨晋,陶宁萍,王锡昌. 文蛤的营养成分及其对风味的影响[J]. 中国食物与营养,2007(5):43-45.
- [13] Shruti S, Tae B C, Hae-Kyong P, et al. Determination of non-volatile and volatile organic acids in Korean traditional fermented soybean paste (Doenjang) [J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48: 2005-2010.
- [14] 山下市二. 香菇保鲜技术[J]. 国外农学:国外食用菌,1991(2):20-21.

## Comparison of Organic Acids Components in Commercial *Lentinus edodes* Collected from Different Areas

YU Hai-long<sup>1</sup>, CHEN Wan-chao<sup>1,2</sup>, LI Wen<sup>1</sup>, TAN Qi<sup>1</sup>, SHANG Xiao-dong<sup>1</sup>, YANG Yan<sup>1</sup>

(1. Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization(South), Ministry of Agriculture, National Engineering Research Center of Edible Fungi, National R & D Center for Edible Fungi Processing, Key Laboratory of Agricultural Genetics and Breeding of Shanghai, Shanghai 201403; 2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract:** Four dried *Lentinus edodes* which were saled in major producing areas were used as materials, organic acid was analyzed by RP-HPLC(reversed phase highperformance liquid chromatography) proposed to analyzing flavor differences from perspective of organic acid to same *Lentinus edodes* collected from different areas. The results showed that, among which five kinds of organic acids including malic acid, acetic acid, citric acid, fumaric acid and succinic acid could be detected but not the tartaric acid and ascorbic acid. As results, there were significant differences of the content of the detected organic acids among different dried *Lentinus edodes*. The concentration from high to low in order was succinic acid, citric acid, malic acid, acetic acid and fumaric acid. The content of malic acid in winter mushroom from Suizhou Hubei was the highest up to  $(34.66 \pm 0.49)$  mg/g, and the content of acetic acid, citric acid and succinic acid in money mushroom from Youxi Fujian were higher than others, which was  $(35.48 \pm 0.11)$  mg/g,  $(47.42 \pm 0.16)$  mg/g and  $(222.07 \pm 0.20)$  mg/g respectively; the content of fumaric acid in flower mushroom from Qingyuan Fujian was the highest up to  $(5.53 \pm 0.08)$  mg/g. The differences of organic acids among different producing areas could provide the theoretical bases for explanation the contribution to taste, which could give convenience for further process and selection by customers.

**Keywords:** *Lentinus edodes*; major producing; variety; organic acids