

# 不同来源的六妹羊肚菌生产菌株的比较研究

王滨杰<sup>1</sup>, 石念媛<sup>2</sup>, 聂君悦<sup>2</sup>, 国淑梅<sup>2</sup>, 李孟杰<sup>3</sup>, 王庆华<sup>4</sup>, 牛贞福<sup>2\*</sup>

(1. 滨州市滨城区农业技术推广中心, 山东 滨州 256602; 2. 山东农业工程学院, 济南 250100; 3. 山东伟梦农业科技有限公司, 山东 东明 274599; 4. 淄博益君农业发展股份有限公司, 山东 淄博 255208)

**摘要:** 六妹羊肚菌是目前羊肚菌生产中的主要品种, 为评估其适应性与生产潜力, 本研究对4个不同区域来源的六妹羊肚菌菌株的菌丝性状、出菇特性及营养成分进行了分析。结果表明, 在固体培养基中HZ生长速率最快, HB菌核数量最多。液体培养中菌球性状无显著差异, HB菌球直径最大。XT鲜重产量最高(11.80 kg/10 m<sup>2</sup>), 折干率最低(9.75%); HZ鲜重产量最低(7.05 kg/10 m<sup>2</sup>); HB折干率最高(12.99%)。在籽实体外观形态上, HB和XT菌盖较长, XT菌柄最长。各菌株子实体均富含35.1%~38.3%的蛋白质及氨基酸, HB的必需氨基酸、总氨基酸及药用氨基酸含量最高; 所有菌株鲜甜味氨基酸占比高, 谷氨酸和胱氨酸的呈味贡献突出。六妹羊肚菌存在显著的地域性差异, XT适合鲜销高产, HB适合加工。综上所述, 本研究结果将为六妹羊肚菌的实际生产提供理论参考。

**关键词:** 六妹羊肚菌; 菌丝性状; 产量性状; 营养成分

中图分类号: S646.7

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)03-0119-06

## Comparative Experimental Study on *Morchella sextelata* Strains from Different Sources

WANG Binjie<sup>1</sup>, SHI Nianyuan<sup>2</sup>, NIE Junyue<sup>2</sup>, GUO Shumei<sup>2</sup>, LI Mengjie<sup>3</sup>, WANG Qinghua<sup>4</sup>, NIU Zhenfu<sup>2\*</sup>

(1. Binzhou Bincheng District Agricultural Technology Extension Center, Binzhou 256602; 2. Shandong Agriculture and Engineering University, Jinan 250100; 3. Shandong Weimeng Agricultural Technology Co., Ltd., Dongming 274599; 4. Zibo Yijun Agricultural Development Co., Ltd., Zibo 255208, China)

**Abstract:** *Morchella sextelata* is currently the predominant variety utilized in morel mushroom production. To evaluate its adaptability and production potential, this study analyzed the mycelial characteristics, fruiting traits, and nutritional components of four *M. sextelata* strains originating from different regions, aiming to provide a theoretical basis for practical cultivation. The results indicated that on solid medium, HZ exhibited the fastest growth rate, while HB produced the highest number of sclerotia. In liquid culture, no significant differences were observed in the pellet morphology among strains, although HB developed the largest pellet diameter. In terms of yield, XT achieved the highest fresh weight(11.80 kg/10m<sup>2</sup>) but the lowest drying rate(9.75%). Conversely, HZ yielded the lowest fresh weight(7.05 kg/10m<sup>2</sup>), while HB showed the highest drying rate(12.99%). Morphologically, HB and XT possessed longer pilei, with XT also having the longest stipe. The fruiting bodies of all strains were rich in protein and amino acids, ranging from 35.1% to 38.3%. HB contained the highest levels of essential amino acids, total amino acids, and medicinal amino acids. All strains exhibited a high proportion of fresh and sweet flavor amino acids, with glutamic acid and aspartic acid making particularly significant contributions to the flavor profile. Significant regional adaptive differences exist among *M. sextelata* strains. XT is suitable for high-yield fresh marketing, whereas HB is more appropriate for processing.

**Key words:** *Morchella sextelata*; Mycelial characteristic; Yield trait; Nutritional component

收稿日期: 2025-10-18

基金项目: 2025年山东省重点扶持区域引进急需紧缺人才项目(鲁发改动能办[2025]580号); 2024年度山东省科技股权投资项目(2024BTJH011)

作者简介: 王滨杰(1979-), 男, 高级农艺师, 从事农业技术推广工作。

通信作者: 牛贞福, E-mail: zhenfuniu@163.com

羊肚菌(*Morchella* spp.)属子囊菌门、盘菌纲、盘菌目、羊肚菌科,富含蛋白质、多糖及微量元素,是非常珍稀的食用菌品种,具有抗氧化、提高人体免疫力、抗肿瘤等功效<sup>[1]</sup>。我国羊肚菌栽培研究始于1990年,2012年羊肚菌室外地栽模式在川渝地区试验成功,其发展经历了从简易棚到北方冷棚、暖棚、温室及室内层架栽培的一系列尝试<sup>[2-3]</sup>。据食用菌产业分会调研统计,2023年全国羊肚菌栽培面积达29 820 hm<sup>2</sup>。由于消费者对羊肚菌的认知度和接受度不断提高,羊肚菌已成为最受欢迎的食用菌品种之一。

目前我国商业化栽培的羊肚菌主要有梯棱羊肚菌(*M. importuna*)、六妹羊肚菌(*M. sextelata*)和七妹羊肚菌(*M. eximia*)<sup>[4]</sup>,其中,六妹羊肚菌出菇早、整齐、采收期较集中、商品性好、售价高,深受欢迎,种植面积占羊肚菌总种植面积的85%以上<sup>[5]</sup>。随着羊肚菌人工栽培面积、栽培区域的不断扩大,六妹菌株在不同种植区域表现出了一定的差异性,本研究通过对4个不同来源的六妹羊肚菌的菌丝性状、生产特性进行比较试验,分析六妹羊肚菌菌株的变异程度,以便为羊肚菌高效生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试菌株

HB:河北六妹,来源于河北保定羊肚菌种植区;XT:邢台六妹,来源于河北邢台羊肚菌种植区;HZ:华中六妹,来源于武汉羊肚菌种植区;SC:四川六妹,来源于四川金堂羊肚菌种植区。

以上菌株的母种、栽培种均由东明县惠农食用菌专业合作社提供。

### 1.2 培养基配方

PDA培养基:马铃薯200 g,葡萄糖20 g,琼脂20 g,水1 000 mL。

PDB培养基:马铃薯200 g,葡萄糖20 g,水1 000 mL。

### 1.3 菌株培养方法

固体培养:用打孔器取直径7 mm各菌株的菌饼,无菌条件下接入PDA平板培养基中心,置于22℃恒温培养箱中,每6 h观察1次,测定菌落直径。3次重复。

液体培养:用打孔器取直径7 mm各菌株的菌饼,无菌条件下接种于盛有150 mL PDB培养基的锥形瓶中,每个锥形瓶接种2块,室内静置12 h,后置于22℃恒温摇床内培养5 d,转速150 r/min。测定菌液pH、菌球直径、菌球密度、菌球鲜重、菌

球干重等指标。3次重复。

### 1.4 菌株拮抗试验

将培养好的菌株用打孔器制成直径7 mm的菌饼,无菌条件下将4个菌株的菌饼接入同一个盛有PDA培养基的培养皿中,每个接种块相距3 cm,22℃恒温培养箱中培养,观察其菌丝体生长状况。

### 1.5 出菇试验

试验地点位于山东省菏泽市东明县马头镇小屯村日光温室内,棚内起8垄,垄宽100 cm、高13 cm,垄间过道宽30 cm。于2024年11月15日播种,外源营养袋配方为小麦30%、高粱30%、玉米芯40%。营养袋材质为聚乙烯塑料袋,规格为17 cm×33 cm,每平方米摆放4袋。

### 1.6 菌株性状测定方法

#### 1.6.1 菌丝性状

菌丝生长速率:菌株接种48 h后,用“十字交叉法”测定菌落直径,菌丝生长速率=菌落直径(mm)/培养时间(h)。

生长势:稀疏、较致密、致密,纤细、较粗壮、粗壮<sup>[6]</sup>。

菌核数量:接种15 d后,用4分法将培养皿内菌核进行区域划分,统计菌核个数。重复3次。

菌核分布:I型(中心位置)、II型(外缘部位)、III型(整个培养皿)<sup>[7]</sup>。

#### 1.6.2 菌球性状

菌球鲜重:将菌液、菌球过滤分离,沥干20 min后称重。

菌球干重:将菌球置于60℃烘箱中烘干至恒重。

菌球密度:菌液中菌球的个数。

单个菌球直径:随机取15个菌球,依次排在培养皿中,测量直径,取平均值。

菌液pH:用pH分析仪TP111进行测定。

#### 1.6.3 籽实体性状

产量:每个菌株测定小区面积为10 m<sup>2</sup>,记录小区总产量。重复3次。

折干率=干重/鲜重×100%。

取最初成熟的15个子实体测量菌盖长度(菌盖的圆锥形底部至顶部的长度),菌盖直径(菌盖圆锥形最粗位置的直径),菌柄长度(菌盖圆锥形底部至地面的长度),菌柄直径(菌柄最粗位置的直径),计算平均值。

#### 1.6.4 营养性状测定

羊肚菌籽实体烘干,检测烘干后籽实体的营养成分。采用GB 5009.4—2016第一法测定灰分含量,采用GB 5009.5—2016第一法测定蛋白质含

量,采用GB 5009.6—2016第一法测定脂肪含量,采用NY/T 1676—2023测定多糖含量,采用T/AHFIA004—2018测定皂苷含量,采用GB5009.124—2016测定各类氨基酸含量<sup>[8-9]</sup>。

1.6.5 味道强度值分析

食用菌味道鲜美,风味独特,主要原因是非挥发性滋味物质和挥发性香味物质的共同作用<sup>[10]</sup>,非挥发性滋味物质(DAA)包括鲜味氨基酸(UAA)、甜味氨基酸(SAA)、苦味氨基酸(BAA)。在检测的氨基酸中,DAA包括苏氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、门冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、组氨酸和精氨酸;UAA包括门冬氨酸、谷氨酸;SAA包括苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸;BAA包括蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和精氨酸。药用氨基酸(MAA)包括门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、精氨酸、蛋氨酸、

亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸<sup>[11]</sup>。

若(UAA+SAA)/BAA<1,苦味氨基酸含量高;否则,鲜甜味氨基酸含量高。

味道强度值(TAV)指样品中呈味物质测定值与味觉阈值的比值。若羊肚菌的某个氨基酸TAV>1,该氨基酸对呈味有贡献;若TAV<1,则氨基酸对呈味贡献小<sup>[12]</sup>。

1.7 数据整理和分析

利用 Microsoft Excel 2010、DPS 9.01 软件进行数据整理和分析。

2 结果与分析

2.1 固体培养基中的生长状况

从表1可以看出,4个不同来源的六妹羊肚菌菌株在固体培养基中表现出了一定的性状差异和拮据现象,其中菌丝生长速度最快的是HZ,极显著高于SC,显著高于XT;HB的菌核个数最多,极

表1 六妹羊肚菌菌株在固体培养基中的生长状况  
Table 1 Mycelial growth of *Morchella sextelata* strain on solid medium

| 菌株<br>Strain | 菌丝生长速率/mm·h <sup>-1</sup><br>Mycelial growth rate | 菌丝生长势<br>Mycelial growth status | 菌核个数/个<br>Number of sclerotia | 菌核形态<br>Sclerotial morphology | 菌核颜色<br>Sclerotial color | 菌核分布<br>Sclerotial distributi |
|--------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| HB           | 1.36±0.18ABab                                     | 致密、粗壮                           | 100.00±11.44Aa                | 颗粒                            | 白黄                       | Ⅲ                             |
| XT           | 1.24±0.12ABb                                      | 较致密、较粗壮                         | 69.40±11.53Bc                 | 颗粒                            | 白黄                       | Ⅲ                             |
| HZ           | 1.47±0.10Aa                                       | 致密、粗壮                           | 86.80±9.77ABb                 | 颗粒                            | 白黄                       | Ⅲ                             |
| SC           | 1.20±0.09Bb                                       | 致密、粗壮                           | 79.60±14.01Bbc                | 颗粒                            | 白黄                       | Ⅲ                             |

注:小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ ),大写字母不同表示差异极显著( $P<0.01$ ),下同。  
Note: Different lowercase letters indicate significant differences at  $P<0.05$ , and different uppercase letters indicate highly significant differences at  $P<0.01$ , the same below.

显著高于SC和XT,显著高于HZ。

2.2 液体培养基中菌球的生长状况

从表2可以看出,不同来源的六妹羊肚菌菌株在液体培养基中菌球鲜重、干重,菌球密度差异不显著。HB的菌球直径极显著高于SC、显著高于XT、HZ,SC的菌球直径最小。SC的菌液pH偏低。

2.3 产量性状

从表3可以看出,4种不同来源的六妹羊肚菌在鲜重产量和干重产量方面存在显著差异。从鲜重产量看,XT最高,极显著高于HB、HZ,显著高于SC, HZ最低。从干重产量看, HZ极显著低于其他3个菌株,其余菌株无显著差异。HB的折干

表2 六妹羊肚菌菌株在液体培养基中菌球的生长状况  
Table 2 Growth status of mycelial pellets of *Morchella sextelata* strain in liquid medium

| 菌株<br>Strain | 菌球<br>Mycelial pellet |             |              |                 | 菌液 pH                |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|
|              | 鲜重/g                  | 干重/g        | 密度/个         | 菌球直径/mm         | Fungal suspension pH |
|              | Fresh weight          | Dry weight  | Density      | Pellet diameter |                      |
| HB           | 35.56±10.17Aa         | 1.20±0.17Aa | 34.20±8.10Aa | 9.96±4.03Aa     | 6.0                  |
| XT           | 33.26±14.61Aa         | 1.15±0.44Aa | 28.20±8.79Aa | 4.52±3.73ABb    | 6.0                  |
| HZ           | 29.53±4.78Aa          | 0.97±0.13Aa | 30.80±7.09Aa | 6.38±2.43ABb    | 6.0                  |
| SC           | 34.97±8.22Aa          | 1.28±0.22Aa | 55.00±2.14Aa | 1.90±0.90Bb     | 5.5                  |

率最高,XT的折干率最低。

表3 六妹羊肚菌菌株产量性状比较(10 m²)  
Table 3 Comparison of yield traits of *Morchella sexte-lata* strains

| 菌株<br>Strain | 鲜重/kg<br>Fresh weight | 干重/kg<br>Dry weight | 折干率/%<br>Drying rate |
|--------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| HB           | 8.85±0.25BCb          | 1.15±0.03Aa         | 12.99                |
| XT           | 11.80±0.10Aa          | 1.15±0.01Aa         | 9.75                 |
| HZ           | 7.05±0.14Cc           | 0.70±0.01Bb         | 9.93                 |
| SC           | 9.75±0.17ABb          | 1.25±0.02Aa         | 12.82                |

表4 六妹羊肚菌菌株籽实体外观性状比较  
Table 4 Comparison of morphological traits of fruitbodies among *Morchella sextelata* strains

| 菌株<br>Strain | 菌盖长度/cm<br>Pileus length | 菌盖直径/cm<br>Pileus diameter | 菌盖长度/<br>菌盖直径                | 菌柄长度/cm<br>Stipe length | 菌柄直径/cm<br>Stipe diameter | 菌柄长度/<br>菌柄直径               | 菌盖直径/<br>菌柄直径 |
|--------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|
|              |                          |                            | Pileus<br>length-to-diameter |                         |                           | Stipe<br>length-to-diameter |               |
| HB           | 8.00±0.50Aa              | 4.00±0.50Aa                | 2.00                         | 3.30±0.17Ab             | 2.30±0.17Aab              | 1.43                        | 1.74          |
| XT           | 7.83±0.29Aa              | 4.00±0.50Aa                | 1.96                         | 3.83±0.29Aa             | 2.33±0.29Aab              | 1.64                        | 1.72          |
| HZ           | 6.50±0.50Bb              | 3.33±0.29Aa                | 1.95                         | 3.17±0.29Ab             | 2.10±0.10Ab               | 1.51                        | 1.59          |
| SC           | 7.50±0.50ABa             | 3.50±0.50Aa                | 2.14                         | 3.23±0.25Ab             | 2.50±0.10Aa               | 1.29                        | 1.40          |

表5 六妹羊肚菌菌株的营养成分  
Table 5 Nutritional components of *Morchella sextelata* strains

| 菌株<br>Strain | 灰分含量<br>Ash content | 脂肪含量<br>Fat content | 多糖含量<br>Polysaccharide content | 皂苷含量<br>Saponin content | 蛋白质含量<br>Protein content |
|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| HB           | 8.7                 | 3.3                 | 2.91                           | 0.3                     | 35.1                     |
| XT           | 9.9                 | 2.4                 | 2.92                           | 0.3                     | 38.3                     |
| HZ           | 10.3                | 3.0                 | 2.75                           | 0.4                     | 36.9                     |
| SC           | 9.5                 | 2.5                 | 2.99                           | 0.3                     | 35.4                     |

高,HZ的灰分、皂苷含量最高,XT的蛋白质含量最高,SC的多糖含量最高。

#### 2.5.2 氨基酸含量分析

不同来源的六妹羊肚菌菌株均含有17种氨基酸,包括必需氨基酸(EAA)和非必需氨基酸(NEAA),种类齐全。在此基础上统计总氨基酸(TAA)、总必需氨基酸(TEAA)、总非必需氨基酸(TNEAA)和总药用氨基酸(TMAA)的含量。从表6可以看出,HB的TEAA、TNEAA、TAA和TMAA的含量最高,XT最低。每个菌株每种氨基酸的TAV值均大于1,其中胱氨酸TAV值最高。

#### 2.5.3 呈味氨基酸含量分析

从表7可以看出,XT、HZ、HB的甜味氨基酸(SAA)占比较高;SC苦味氨基酸(BAA)占比最高,

#### 2.4 籽实体外观性状

从表4可以看出,各菌株菌盖直径差异不显著。HB、XT、SC的菌盖长度显著大于HZ,其中HB、XT相较HZ差异达到极显著水平;SC的菌盖长度和直径比值最高。XT的菌柄长度最长,较HB、HZ、SC差异显著;菌柄长度和菌柄直径比值最大。SC的菌盖直径和菌柄直径比值最小。

#### 2.5 菌株营养成分

##### 2.5.1 主要营养成分比较

从表5可以看出,不同来源的六妹羊肚菌菌株的营养成分有一定的差异。HB的脂肪含量最

各菌株中(UAA+SAA)/BAA的比值为1.73~2.08,表明羊肚菌的氨基酸以鲜甜味氨基酸为主。4个菌株的药用氨基酸的占比均在60%以上,表明羊肚菌具有良好的药用价值。

### 3 结论与讨论

六妹羊肚菌,因在系统发育学分类的编号是Mel-6而得名,籽实体颜色较深,肉质较厚,通常是尖顶、宝塔形<sup>[13]</sup>。本研究中4个供试菌株的菌丝形态学特征呈相似性与差异性并存的现象,六妹菌株除了菌核的形态、颜色和分布相同以外,菌球鲜重、干重、菌球密度也呈现出了一致性;六妹羊肚菌在生长速率、菌丝生长势、菌核数量、菌液pH等性状存在差异性,4个菌株均表现出不同



表 6 六妹羊肚菌氨基酸组成及 TAV 值

Table 6 Amino acid composition and TAV values of *Morchella sextelata* strains

g/100g

| 种类               |                 | 味道阈值  | HB      |        | XT      |        | HZ      |        | SC      |        |
|------------------|-----------------|-------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                  |                 |       | 含量      | TAV    | 含量      | TAV    | 含量      | TAV    | 含量      | TAV    |
| Amino acid types | Taste threshold |       | Content |        | Content |        | Content |        | Content |        |
| EAA              | 苏氨酸             | 0.260 | 1.13    | 4.35   | 0.68    | 2.62   | 1.11    | 4.27   | 0.73    | 2.81   |
|                  | 蛋氨酸             | 0.030 | 0.56    | 18.67  | 0.52    | 17.33  | 0.74    | 24.67  | 0.61    | 20.33  |
|                  | 异亮氨酸            | 0.090 | 0.78    | 8.67   | 0.52    | 5.78   | 0.70    | 7.78   | 0.57    | 6.33   |
|                  | 缬氨酸             | 0.040 | 0.66    | 16.50  | 0.30    | 7.50   | 0.63    | 15.75  | 0.44    | 11.00  |
|                  | 亮氨酸             | 0.190 | 1.30    | 6.84   | 0.84    | 4.42   | 1.20    | 6.32   | 0.97    | 5.11   |
|                  | 苯丙氨酸            | 0.090 | 0.89    | 9.89   | 0.17    | 1.89   | 0.80    | 8.89   | 0.15    | 1.67   |
|                  | 赖氨酸             | 0.050 | 2.63    | 52.60  | 1.47    | 29.40  | 2.40    | 48.00  | 1.58    | 31.60  |
| NEAA             | 门冬氨酸            | 0.100 | 2.32    | 23.20  | 1.46    | 14.60  | 2.17    | 21.70  | 1.50    | 15.00  |
|                  | 丝氨酸             | 0.150 | 0.95    | 6.33   | 0.52    | 3.47   | 0.96    | 6.40   | 0.62    | 4.13   |
|                  | 谷氨酸             | 0.030 | 2.90    | 96.67  | 1.72    | 57.33  | 3.00    | 100.00 | 2.04    | 68.00  |
|                  | 脯氨酸             | 0.300 | 1.57    | 5.23   | 1.49    | 4.97   | 1.67    | 5.57   | 1.06    | 3.53   |
|                  | 甘氨酸             | 0.130 | 2.08    | 16.00  | 0.94    | 7.23   | 1.92    | 14.77  | 1.27    | 9.77   |
|                  | 胱氨酸             | 0.002 | 0.71    | 355.00 | 0.30    | 150.00 | 0.71    | 355.00 | 0.22    | 110.00 |
|                  | 丙氨酸             | 0.060 | 1.01    | 16.83  | 0.64    | 10.67  | 1.00    | 16.67  | 0.82    | 13.67  |
|                  | 酪氨酸             | 0.260 | 0.65    | 2.50   | 0.85    | 3.27   | 0.73    | 2.81   | 0.99    | 3.81   |
|                  | 组氨酸             | 0.020 | 0.79    | 39.50  | 0.37    | 18.50  | 0.71    | 35.50  | 0.53    | 26.50  |
|                  | 精氨酸             | 0.050 | 1.55    | 31.00  | 0.86    | 17.20  | 1.50    | 30.00  | 1.39    | 27.80  |
| TEAA             | —               | 7.95  | —       | 4.50   | —       | 7.58   | —       | 5.05   | —       |        |
| TNEAA            | —               | 14.53 | —       | 9.15   | —       | 14.37  | —       | 10.44  | —       |        |
| TAA              | —               | 22.48 | —       | 13.65  | —       | 21.95  | —       | 15.49  | —       |        |
| TMAA             | —               | 15.01 | —       | 8.50   | —       | 14.43  | —       | 10.08  | —       |        |

表 7 六妹羊肚菌呈味氨基酸含量分析

Table 7 Analysis of flavor amino acids in *Morchella* fruitbodies

| 菌株<br>Strain | 含量/g·100 g <sup>-1</sup><br>Content |      |      | 占比/%<br>Proportion |         |         |         | (UAA+SAA)/BAA |
|--------------|-------------------------------------|------|------|--------------------|---------|---------|---------|---------------|
|              | UAA                                 | SAA  | BAA  | UAA/TAA            | SAA/TAA | BAA/TAA | MAA/TAA |               |
| HB           | 5.22                                | 6.74 | 6.53 | 23.22              | 29.98   | 29.05   | 66.77   | 1.83          |
| XT           | 3.18                                | 4.27 | 3.58 | 23.30              | 31.28   | 26.23   | 62.27   | 2.08          |
| HZ           | 5.17                                | 6.66 | 6.28 | 23.55              | 30.34   | 28.61   | 65.74   | 1.88          |
| SC           | 3.54                                | 4.50 | 4.66 | 22.85              | 29.05   | 30.08   | 65.07   | 1.73          |

程度的拮抗性,菌株间是否存在胞外多糖等其他方面的差异,还需进一步研究<sup>[14]</sup>;产量和折干率均存在显著差异,籽实体的菌盖长度和菌柄长度出现了显著差异,菌盖直径和菌柄直径的比值也存在一定差异,说明六妹羊肚菌在不同的主产区发生了一定的变异,具有较强的地区适应性,菌株呈现出多样性,这也说明了羊肚菌能够在我国南北方大田栽培的原因<sup>[15]</sup>。在种植六妹羊肚菌时,要选择适宜当地的菌株,以免造成不必要的损失<sup>[16]</sup>。

4个六妹羊肚菌菌株的营养成分基本一致,含量最高的为蛋白质,最低的为皂苷;羊肚菌的脂肪含量

较低,营养价值与药用价值高。羊肚菌籽实体的风味特征主要表现为甜味氨基酸和苦味氨基酸含量较高,这与人研究结果基本一致<sup>[17]</sup>;每个菌株中谷氨酸含量均最高,也从理论上证明烹饪羊肚菌时能释放鲜味物质<sup>[18]</sup>,鲜味物质会随着贮藏时间的延长而减少<sup>[19]</sup>。胱氨酸的TAV值最高,这与胱氨酸的味道阈值低有关,在医药、化妆品行业中具有巨大的潜力<sup>[20]</sup>。

本研究分析了不同来源的4个六妹羊肚菌的菌丝培养性状、产量性状和营养性状,发现菌株在室内、室外试验都表现了一定的差异性,4个菌株在产量上有一定的差异,XT的鲜重产量最高、

但折干率最低;HZ的鲜重、干重均最低;通过比较分析六妹羊肚菌呈味氨基酸组成结构和TAV值,结果发现(SAA+UAA)/BAA>1,表明氨基酸以鲜甜味氨基酸为主。

#### 参考文献:

- [1] 么越,荣丹,唐梦瑜,等.羊肚菌药用价值及产品开发现状[J].中国食用菌,2022,41(7):13-17,21.  
MO Y, RONG D, TANG M Y, et al. Medical value and product development status of *Morchella* spp.[J]. Edible Fungi of China, 2022, 41(7): 13-17, 21. (in Chinese)
- [2] 谭方河.羊肚菌人工栽培技术的历史、现状及前景[J].食药食用菌,2016,24(3):140-144.  
TAN F H. History, current status and prospects of artificial cultivation technology of *Morchella*[J]. Edible and Medicinal Mushrooms, 2016, 24(3): 140-144. (in Chinese)
- [3] 中国食用菌协会.2023年度全国食用菌统计调查结果分析[J].中国食用菌,2025,44(1):120-129.  
China Edible Fungi Association. Analysis of 2023 national edible fungi statistical survey results[J]. Edible Fungi of China, 2025, 44(1): 120-129. (in Chinese)
- [4] 贺国强,魏金康,吴尚军,等.人工栽培的三种羊肚菌营养成分及重金属测定比较[J].食用菌,2021,43(3):68-70,80.  
HE G Q, WEI J K, WU S J, et al. Determination and comparison of nutritional components and heavy metals in three artificially cultivated *Morchella* species[J]. Edible Fungi, 2021, 43(3): 68-70, 80. (in Chinese)
- [5] 彭卫红,闫世杰,周洁,等.羊肚菌研究中几个值得关注的问题[J].食药食用菌,2025,33(2):86-92.  
PENG W H, YAN S J, ZHOU J, et al. Key issues in *Morchella* research that deserve attention[J]. Edible and Medicinal Mushrooms, 2025, 33(2): 86-92. (in Chinese)
- [6] 陈芝兰,张培平.黑脉羊肚菌菌丝的生物学特性[J].食用菌,2004(6):6-7.  
CHEN Z L, ZHANG F P. Biological characteristics of mycelium of *Morchella angusticeps*[J]. Edible Fungi, 2004(6): 6-7. (in Chinese)
- [7] 冉永红,马琳静,谢淑琴,等.羊肚菌母种培养基比较试验[J].食用菌,2021,43(2):34-36,39.  
RAN Y H, MA L J, XIE S Q, et al. Comparative experiment on mother culture media for *Morchella*[J]. Edible Fungi, 2021, 43(2): 34-36, 39. (in Chinese)
- [8] 刘芹,闻诗歌,刘阳,等.15种常见食用菌营养成分分析及评价[J].中国瓜菜,2024,37(11):67-74.  
LIU Q, WEN S G, LIU Y, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in 15 common edible mushrooms[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2024, 37(11): 67-74. (in Chinese)
- [9] 李娜,吕爽,董建国,等.常见食用菌营养成分及风味物质分析[J].食品工业科技,2023,44(18):441-448.  
LI N, LYU S, DONG J G, et al. Analysis of nutritional components and volatile flavor compounds in common edible fungi[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(18): 441-448. (in Chinese)
- [10] 罗晓莉,张沙沙,曹晶晶,等.云南3种胶质食用菌营养成分分析与蛋白质营养价值评价[J].食品工业科技,2021,42(14):328-333.  
LUO X L, ZHANG S S, CAO J J, et al. Analysis of nutritional components and evaluation of protein nutritional value of three kinds of Gelatinous edible fungi in Yunnan[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(14): 328-333. (in Chinese)
- [11] 梁然,郑静宜,尹淑丽,等.苹果木屑栽培基质对平菇产量及子实体氨基酸营养价值的影响[J].中国食用菌,2022,41(11):40-46.  
LIANG R, ZHENG J Y, YIN S L, et al. Effects of cultivation substrate with apple sawdust on yield and nutrient value of amino acids in *Pleurotus ostreatus* fruit bodies[J]. Edible Fungi of China, 2022, 41(11): 40-46. (in Chinese)
- [12] 周佳佳,周宇,刘波,等.薏苡秸秆基质对灰树花氨基酸组成及营养价值的影响[J].食品工业科技,2025,46(11):52-59.  
ZHOU J J, ZHOU Y, LIU B, et al. Effects of Coix straw cultivation substrate on amino acid composition and nutritional value in *Grifola frondosa*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2025, 46(11): 52-59. (in Chinese)
- [13] 曹君,王红,张敏,等.辽宁地区野生和栽培羊肚菌ITS序列及ISSR多态性分析[J].中国食用菌,2019,38(2):37-41.  
CAO J, WANG H, ZHANG M, et al. Analysis on ITS sequence and ISSR polymorphism of wild and cultivated *Morchella* in Liaoning[J]. Edible Fungi of China, 2019, 38(2): 37-41. (in Chinese)
- [14] 周潇,彭兰兰,乔鑫.培养条件对香菇菌丝胞外多糖抵御镉毒害研究[J].东北农业科学,2026,51(1):116-123.  
ZHOU X, PENG L L, QIAO X. Study on the resistance to cadmium toxicity from extracellular polysaccharide of *Lentinus edodes* under culture conditions[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2026, 51(1): 116-123. (in Chinese)
- [15] 董浩然,于海龙,周峰,等.中国珍稀食用菌产业发展现状与趋势[J].食药食用菌,2024,32(2):77-83.  
DONG H R, YU H L, ZHOU F, et al. Development status and trend of rare edible mushrooms industry in China[J]. Edible and Medicinal Mushrooms, 2024, 32(2): 77-83. (in Chinese)
- [16] 蔡英丽,刘伟,刘高磊,等.47株羊肚菌菌株在武汉市的栽培适应性分析[J].湖北农业科学,2022,61(20):92-97,215.  
CAI Y L, LIU W, LIU G L, et al. Cultivation adaptability analysis of 47 *Morchella* strains in Wuhan City[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2022, 61(20): 92-97, 215. (in Chinese)
- [17] 姜露熙,郝兆然,布海丽且姆·阿卜杜热合曼,等.不同产地六妹羊肚菌中游离氨基酸特征分析及品质综合评价[J].中国酿造,2025,44(7):250-256.  
JIANG L X, HAO Z R, BUHAILIQIEMU A, et al. Analysis of free amino acid characteristics and quality comprehensive evaluation of *Morchella sextelata* from different producing area[J]. China Brewing, 2025, 44(7): 250-256. (in Chinese)
- [18] 谢丽源,兰秀华,唐杰,等.不同羊肚菌品种氨基酸营养评价及鲜味浓度值差异分析[J].天然产物研究与开发,2020,32(6):1023-1029,979.  
XIE L Y, LAN X H, TANG J, et al. Nutritional evaluation of different amino acids and difference analysis of equivalent umami concentration in *Morchella* spp.[J]. Natural Product Research and Development, 2020, 32(6): 1023-1029, 979. (in Chinese)
- [19] GAO F H, XIE W Y, ZHANG H, et al. Variations of quality and volatile components of morels(*Morchella sextelata*) during storage[J]. Journal of Plant Physiology, 2023, 290: 154094.
- [20] 任茜.羊肚菌营养功能特性[J].中国食用菌,2020,39(9):212-215.  
REN X. Nutritional functional characteristics of *Morchella* spp. and development of health products[J]. Edible Fungi of China, 2020, 39(9): 212-215. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)