

# 古田银耳主栽品种基本营养分析与评价

姚清华<sup>1,2</sup>, 颜孙安<sup>1,2</sup>, 陈美珍<sup>1,2</sup>, 黄敏敏<sup>1,2</sup>, 林虬<sup>1,2\*</sup>

(1. 农业部农产品质量安全风险评估实验室(福州), 福州 350003;  
2. 福建省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 福州 350003)

**摘要:** **目的** 比较福建省古田县银耳主栽品种黄色银耳(Tr01)、白色银耳(Tr21)间的营养差异。**方法** 采集同一栽培模式下的2种银耳,分析了2种银耳的水分、蛋白质、灰分、膳食纤维、维生素、矿物质元素含量及氨基酸组成,结合统计学和FAO/WHO氨基酸评估模式对二者营养进行全面比较。**结果** 以干样计算,Tr01中的蛋白质、灰分、膳食纤维、维生素B<sub>2</sub>、K含量均高于Tr21;Tr01中的碳水化合物、维生素C、Ca含量低于Tr21,差异显著( $P<0.05$ );2种银耳中的脂肪、Fe含量无显著性差异( $P>0.05$ )。氨基酸分析及评价结果表明,Tr01的呈味类氨基酸、酸味类氨基酸、甜味类氨基酸、苦味类氨基酸、含硫氨基酸、支链氨基酸、芳香氨基酸含量均低于Tr21;Tr01的必需氨基酸含量及支链值高于Tr21,差异显著( $P<0.05$ )。Met+Cys是2种银耳的第一限制性氨基酸。Tr01氨基酸比值系数明显低于Tr21,表明Tr21氨基酸营养价值高于Tr01。**结论** 2种银耳营养价值存在明显的营养价值特异性。

**关键词:** 银耳;菌株;氨基酸;营养;评价

## Basic nutrition analysis and evaluation of major cultivars of *Tremella fuciformis* in Gutian

YAO Qing-Hua<sup>1,2</sup>, YAN Sun-An<sup>1,2</sup>, CHEN Mei-Zhen<sup>1,2</sup>, HUANG Min-Min<sup>1,2</sup>, LIN Qiu<sup>1,2\*</sup>

(1. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products (Fuzhou), Ministry of Agriculture, Fuzhou 350003, China; 2. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the differences between major cultivars of *Tremella fuciformis* (yellow tremella (Tr01) and white tremella (Tr21) in Gutian, Fujian province. **Methods** The 2 species of *Tremella fuciformis* in the same cultivation mode were collected, and the content of water, protein, ash, dietary fiber, vitamins, mineral elements and amino acid composition of 2 species of *Tremella fuciformis* were analyzed. Comprehensive comparison of nutrition between them was conducted by combining statistics and FAO/WHO amino acid assessment models. **Results** Calculated on a dry basis, the content of protein, ash, dietary fiber, vitamin B<sub>2</sub> and K in Tr01 was higher than Tr21; the content of carbohydrate, vitamin C and Ca in Tr01 was lower than that in Tr21, and the difference was significant ( $P<0.05$ ); the fat content in 2 species of *Tremella fuciformis* had no significant

**基金项目:** 国家食用菌质量安全风险评估专项(GJFP2018006-FZ)、福建省属公益类项目(2018R1018-7)、福建省农科院创新团队项目(STIT2017-1-12)、福建省农业科学院青年英才基金项目(YC2017-8)

**Fund:** Supported by Project of the Quality of Safety Risk Assessment of Edible Fungi of Ministry of Agriculture (GJFP2018006-FZ), the Public Welfare Project of Fujian Province (2018R1018-7), Innovation Team Project of Fujian Academy of Agricultural Sciences (STIT2017-1-12) and the Youth Talent Support Program of Fujian Academy of Agricultural Sciences (YC2017-8)

\***通讯作者:** 林虬, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。E-mail:linqiu3163@163.com

\***Corresponding author:** LIN Qiu, Professor, Institute of Quality Standards and Testing Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China. E-mail: linqiu3163@163.com

difference in Fe content ( $P>0.05$ ). There was no significant difference between the 2 groups in fat and iron. Results of amino acid analysis showed that FAA, SOAA, SWAA, BIAA, SAA, BCAA, AAA in Tr01 were lower than those in Tr21. The essential amino acid content and branching value of Tr01 were higher than Tr21, and the difference was significant ( $P<0.05$ ). Met+Cys was the first limiting amino acid of 2 species of *Tremella fuciformis*. The amino acid ratio coefficient of Tr01 was significantly lower than that of Tr21, which indicated that the nutritional value of Tr21 amino acid was higher than Tr01. **Conclusion** The nutritional value of the 2 species of *Tremella fuciformis* has significant nutritional value specificity.

**KEY WORDS:** *Tremella fuciformis*; strain; amino acid; nutrition; evaluation

## 1 引言

银耳(*Tremella fuciformis* Berk)又名白木耳、雪耳、银耳子等,属银耳目(Tremellales)、银耳科(Tremellales)、银耳属(*Tremella*),有“菌中之冠”的美称,为我国著名传统食药兼用真菌。银耳含多种活性成分,能有效清除人体内自由基,诱导人体产生干扰素,提高免疫力,具有抗肿瘤、降血脂、降血压、降血糖的疗效<sup>[1,2]</sup>。

我国银耳主要分布于福建省、四川省等地区,其中福建省古田县银耳栽培历史悠久,产量占全球 90%以上。目前,古田县银耳主栽品种是菌株 Tr01、Tr21。2 个品种均具有子实体直径大、朵形美、产量高、品质优良的特点,但 Tr21 耳片较 Tr01 白<sup>[3]</sup>。Tr21 多销往江浙地区用于熬汤食用,而东北地区消费者更倾向于选择 Tr01 凉拌食用。目前,关于 Tr01 和 Tr21 外形特征、栽培条件、栽培技术、主要病虫害及防治的研究较多<sup>[3,4]</sup>,但就二者的营养分析、比较的研究报道较少。

本研究分析同一栽培模式下 2 种银耳子实体中水分、蛋白质、灰分、膳食纤维、维生素、矿物质元素含量及氨基酸组成,以 FAO/WHO 氨基酸评估模式作为参考,结合统计学分析,全面比较 Tr01、Tr21 的营养价值,寻找异同点,以期对 Tr01、Tr21 的进一步推广栽培、开发利用及市场销售提供理论基础。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与试剂

#### 2.1.1 样品

黄色银耳(下文称“Tr01”)、白色银耳(下文称“Tr21”),外形如图 1 示。Tr01 子实体颜色明显黄于 Tr21。银耳袋栽培试验于 2018 年 6 月在古田县建宏农业开发有限公司实施,7 月采集样品,栽培料主要为棉籽壳、麦麸。

#### 2.1.2 试剂

混合氨基酸标准品(美国 sigma-aldrich 公司);维生素标准品 A、D、E(纯度 $\geq 98\%$ )、维生素标准品 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>(纯度 $\geq 99\%$ )(中国食品药品检定研究院);K、Ca、P 标准品(国家有色金属及电子材料分析测试中心);盐酸(分析纯)、茚

三酮、95%乙醇、氢氧化钠、乙酸、TRIS(优级纯)(西陇化工股份有限公司)

#### 2.1.3 仪器

Kjeltec 2300 Analyze Unit 凯氏定氮仪(瑞典福斯公司);AA-6880 原子吸收分光光度计、LC-20AT 液相色谱仪(日本岛津公司);L8800 全自动氨基酸分析仪(日本日立公司)。



图 1 2 种主栽银耳品种

Fig.1 Two species of *Tremella fuciformis* Berk

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 溶液配制

根据 GB 5009.124-2016<sup>[5]</sup>配制氨基酸分析缓冲液及茚三酮溶液。

#### 2.2.2 样品处理

在同一菇房内,同期随机采集 Tr01、Tr21 样品各 1 kg,栽培模式为工厂化袋栽,栽培料以麦麸及棉籽壳为主。试验设置 3 个平行组,根据 GB 5009.3-2016<sup>[6]</sup>第一法测定水分,烘干,研细混匀,置于干燥器中,供营养成分分析。

#### 2.2.3 一般营养成分测定

根据 GB 5009.5-2016<sup>[7]</sup>、GB 5009.4-2016<sup>[8]</sup>、GB 5009.88-2014<sup>[9]</sup>、GB 5009.6-2016<sup>[10]</sup>、GB/Z 21922-2008<sup>[11]</sup>分析蛋白质、灰分、膳食纤维、脂肪、碳水化合物;根据《中国食物成分表》计算能量。

### 2.2.4 维生素、矿物质元素测定

根据 GB 5009.82-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定》分析维生素 A、维生素 E; 根据 GB 5009.84-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B<sub>1</sub> 的测定》分析维生素 B<sub>1</sub>; 根据 GB 5009.85-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B<sub>2</sub> 的测定》分析维生素 B<sub>2</sub>; 根据 GB 5009.154-2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B<sub>6</sub> 的测定》分析维生素 B<sub>6</sub>; 根据 GB/T 6195-1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定》分析维生素 C; 根据 GB 5009.90-2016《食品安全国家标准 食品中铁的测定》分析 Fe; 根据 GB 5009.93-2017《食品安全国家标准 食品中硒的测定》分析 Se; 根据 GB 5009.91-2017《食品安全国家标准 食品中钾的测定》分析 K; 根据 GB 5009.92-2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》分析 Ca。

### 2.2.5 氨基酸与氨基酸营养价值分析

根据 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》分析氨基酸。

根据联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 和世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 建议的氨基酸评分标准模式比较 2 种银耳氨基酸营养价值。具体指标包括氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、氨基酸比值系数分(SRC)。

$$RAA(\%) = \frac{Ax(\text{mg/gN})}{As(\text{mg/gN})} \times 100$$

Ax: 样品中氨基酸含量; As: 参比蛋白中氨基酸含量 [mg/gN: 每克氮中氨基酸的质量(氨基酸含量×62.5/蛋白质的百分含量)]。

RC=氨基酸比值/氨基酸比值之均数。如果样品氨基酸组成与氨基酸组成完全一致, 则各氨基酸的 RC 均应等于

1。RC > 1, 表示此类氨基酸在该食物的氨基酸组成模式中过剩, 反之则表示此类氨基酸相对不足。RC 最小的氨基酸为第一限制氨基酸, 以此类推。

$$SRC=100-CV \times 100$$

式中 CV 是 RC 的变异系数, CV=标准差/均数。

SRC 的意义为: 当样品氨基酸组成与 FAO/WHO 氨基酸组成一致, 则 CV=0, SRC=100。SRC 变小, 蛋白源营养价值越差, SRC 越接近 100, 其营养价值相对较高。

### 2.2.6 数据处理

采用 SPSS17.0 统计软件独立样本 t 检验(t-Test)对 2 种银耳营养成分进行差异显著性分析, P<0.05 为具有显著性差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 基本营养成分

外形和单朵重量直接影响银耳栽培的经济效益。Tr01、Tr21 外形特征指标及一般营养成分如表 1 示。Tr01 单朵重量显著低于 Tr21(P<0.05), 但直径无显著性差异(P>0.05)。Tr01、Tr21 水分含量分别为(76.10±0.06)%、(70.80±0.08)%, 呈显著性差异(P<0.05)。以干样统计比较, Tr01 的蛋白质、灰分、膳食纤维含量高于 Tr21, Tr01 的碳水化合物含量低于 Tr21, 差异显著(P<0.05)。Tr01、Tr21 能量值分别为 907.59 kJ/100 g、944.59 kJ/100 g, 差异显著(P<0.05)。二者脂肪含量无显著性差异(P>0.05)。食用菌生长发育、代谢、营养主要由品种决定, 受采摘期、培养料差异影响<sup>[12-16]</sup>。本研究表明二者的子实体特性及营养性状存有明显特异性, 由于本研究采用了相同的栽培基质及管理模式, 分析认为 Tr01 和 Tr21 的营养差异是由其种质特性决定的, 这与毛木耳的研究结果相似<sup>[17]</sup>。

表 1 2 种银耳基本营养组成(n=3)  
Table 1 Basic nutrient composition of two species of *Tremella fuciformis* Berk (n=3)

	Tr01	Tr21	<i>Tr01</i>	<i>Tr21</i>
子实体直径/cm	11.17±1.04	11.67±1.44		
单朵重量/g *	91.92±1.57	96.15±1.98		
水分/(g/100 g)*	76.10±0.06	70.80±0.08	/	/
蛋白质/(g/100 g)*	2.46±0.04	2.71±0.03	<b><i>10.29±0.18</i></b>	<b><i>9.28±0.11</i></b>
灰分/(g/100 g)*	3.96±0.02	4.50±0.05	<b><i>16.56±0.06</i></b>	<b><i>15.41±0.17</i></b>
膳食纤维/(g/100 g)*	7.26±0.04	8.57±0.03	<b><i>30.38±0.15</i></b>	<b><i>29.35±0.11</i></b>
脂肪/(g/100 g)	0.06±0.01	0.08±0.01	<b><i>0.27±0.02</i></b>	<b><i>0.27±0.01</i></b>
碳水化合物/(g/100 g)*	10.16±0.03	13.34±0.12	<b><i>42.51±0.12</i></b>	<b><i>45.68±0.43</i></b>

注: \*表示 2 个品种间呈显著性差异(P < 0.05); 斜体、粗体表示以干样计算。

### 3.2 维生素、矿物质元素分析

2 种银耳中维生素 A、维生素 E、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>6</sub> 含量较低, 检出值均低于方法检测限。Tr01 维生素 C、Ca 含量低于 Tr21, 维生素 B<sub>2</sub>、K 含量高于 Tr21, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。二者 Fe 含量无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。结果(表 2)表明, 2 种银耳富含矿质元素 K, K 在人体内主要作用是调节细胞内的渗透压、维持酸碱平衡、参与能量代谢、维持神经健康、协助心脏和肌肉的正常功能<sup>[18]</sup>。在摄入高钠而导致高血压时, 钾具有降血压作用<sup>[19,20]</sup>。由此可见, 银耳可作为高血压病患者的理想膳食来源。

### 3.3 氨基酸组成特点及含量比较

#### 3.3.1 氨基酸组成

表 3 为 2 种银耳蛋白质中的氨基酸组成结果。以鲜基计, Tr01 和 Tr21 蛋白质含量分别为: 2.46 g/100 g、2.71 g/100 g ( $P < 0.05$ ); 氨基酸总量为: 1.52 g/100 g、1.99 g/100 g ( $P < 0.05$ )。2 种银耳氨基酸齐全, 相对含量较高的氨基酸种类有 Asp(部

分含量可能由 Asn 酸水解时释放)、Glu(部分含量可能由 Gln 酸水解时释放)、Pro、Lys、Ile、Leu、Cys 含量最低。在检出的氨基酸种类中, Tr21 多种氨基酸含量高于 Tr01 ( $P < 0.05$ )。食物的蛋白质氨基酸种类和含量不尽相同, 营养价值较高的蛋白质食品, 应含有种类齐全、含量丰富、比例协调的必需氨基酸<sup>[21-24]</sup>。Tr01、Tr21 中氨基酸种类齐全, 富含异亮氨酸、脯氨酸, 组成特征与其他食用菌有所差异<sup>[20]</sup>。

#### 3.3.2 必需氨基酸比较

必需氨基酸指的是人体必不可少, 而机体内又不能合成或合成速度不够, 必须从食物中摄取的氨基酸, 包括 Lys、Trp、Phe、Met、Thr、Ile、Leu、Val。His 为小儿生长发育期间的必需氨基酸, Arg、Cys、Tyr 是早产儿必需的氨基酸。从表 3 可知, Tr01、Tr21 成人必需氨基酸含量达到 0.61 g/100g、0.78 g/100g, 占比分别为 40.13%、39.20%。TEAA/TAA、TEAA/TNAA 比例分别为(40.13%、39.20%)、(67.03%、64.47%), 与 FAO/WHO 标准值(36.35%、57.11%)及鸡蛋蛋白氨基酸组成模式(49.80%、99.22%)<sup>[24]</sup>差异明显。

表 2 2 种银耳维生素和矿质元素(mg/100 g, n=3)  
Table 2 Vitamin and mineral elements of 2 species of *Tremella fuciformis* Berk (mg/100 g, n=3)

	Tr01	Tr21	<i>Tr01</i>	<i>Tr21</i>
维生素 C*	0.04±0.01	0.10±0.01	<b><i>0.18±0.01</i></b>	<b><i>0.33±0.02</i></b>
维生素 B <sub>2</sub> *	0.25±0.01	0.14±0.01	<b><i>1.04±0.01</i></b>	<b><i>0.48±0.01</i></b>
Fe	0.36±0.01	0.41±0.01	<b><i>1.49±0.04</i></b>	<b><i>1.41±0.01</i></b>
K*	918.00±6.50	966.00±5.70	<b><i>3841.00±27.21</i></b>	<b><i>3308.22±19.52</i></b>
Ca*	1.06±0.01	1.74±0.01	<b><i>4.44±0.21</i></b>	<b><i>5.96±0.02</i></b>

注: \*表示 2 个品种间呈显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 斜体、粗体表示以干样计算。

表 3 2 种银耳氨基酸组成(以湿基计, n=3)  
Table 3 Amino acid composition of 2 species of *Tremella fuciformis* Berk (wet basis, n=3)

氨基酸	Tr01	Tr21	氨基酸	Tr01	Tr21
Asp△/(g/100 g)	0.16	0.22	Met*/(g/100 g)	0.01	0.02
Ser△/(g/100 g)	0.09	0.12	Lys*/(g/100 g)	0.12	0.12
Glu△/(g/100 g)	0.16	0.22	Ile*/(g/100 g)	0.14	0.18
Gly△/(g/100 g)	0.09	0.12	Leu*/(g/100 g)	0.11	0.14
Ala△/(g/100 g)	0.10	0.12	Phe*/(g/100 g)	0.06	0.09
Pro△/(g/100 g)	0.14	0.17	TAA/(g/100 g)	1.52	1.99
Tyr/(g/100 g)	0.06	0.08	TEAA/(g/100 g)	0.61	0.78
Cys/(g/100 g)	0.01	0.01	TFAA/(g/100 g)	0.74	0.97
His※/(g/100 g)	0.03	0.04	TEAA/TAA/%	40.13	39.20
Arg※/(g/100 g)	0.08	0.13	TFAA/TAA/%	48.68	49.24
Thr*/(g/100 g)	0.09	0.12	TEAA/TNEAA/%	67.03	64.47
Val*/(g/100 g)	0.08	0.11			

注: \*必需氨基酸; ※儿童必需氨基酸; △呈味氨基酸; TAA: 氨基酸总量; TEAA: 必需氨基酸总量。

### 3.3.3 呈味氨基酸比较

食物的呈味氨基酸(Glu、Asp、Gly、Ala)的组成与含量直接影响其鲜甜味<sup>[25]</sup>。Tr01、Tr21 呈味氨基酸含量分别为 0.74 g/100 g、0.97 g/100 g。酸味类氨基酸分别为: 0.32 g/100 g、0.44 g/100 g; 甜味类氨基酸所占比例分别为 0.51 g/100 g、0.65 g/100 g; 苦味类氨基酸所占比例分别为 0.51 g/100 g、0.71 g/100 g; 呈味类氨基酸所占比例分别为 0.59 g/100 g、0.81 g/100 g。统计学结果(表 4)表明, Tr01、Tr21 呈味氨基酸含量存有显著性差异( $P < 0.05$ )。呈甜味氨基酸、呈味类氨基酸在银耳中的含量相对较高, 分别达到 22.11%、40.7%, 与香菇、杏鲍菇、松乳菇、牛肝菌等食用菌相似, 这是其味道鲜美的主要原因之一<sup>[17,21-23]</sup>。Tr01、Tr21 2 种银耳氨基酸组成特点明显, 必需氨基酸、甜味氨基酸、酸味氨基酸、呈味氨基酸、苦味氨基酸组成与鳗鲡<sup>[24]</sup>、鲍鱼<sup>[26]</sup>、大黄鱼<sup>[27]</sup>、方斑东风螺<sup>[28]</sup>等水产动物差异明显。

### 3.3.4 不同结构氨基酸比较

Tr01、Tr21 不同化学结构氨基酸含量如表 5 所示, 有研究表明, 含硫氨基酸是食品加工中影响风味的物质之一<sup>[29,30]</sup>。2 种银耳的含硫氨基酸分别为 0.02 g/100 g、0.03 g/100 g, 无显著性差异( $P > 0.05$ ); 支链氨基酸含量为 0.33 g/100 g、0.43 g/100 g, 差异性显著( $P < 0.05$ ); 芳香族氨基酸含量为 0.12 g/100 g、0.17 g/100 g, 差异性显著( $P < 0.05$ )。Tr01、Tr21 支链氨基酸/芳香族氨基酸比值分别为 2.75、

2.52。氨基酸构型及含的元素对其营养有一定影响<sup>[25]</sup>, 如支链氨基酸会影响蛋白质的合成和分解, 含硫氨基酸与动物营养与免疫相关, 具有调节代谢等营养生理作用。支链氨基酸/芳香族氨基酸比值与健康状况有一定关系, 健康人和哺乳动物机体支链氨基酸/芳香族氨基酸比值介于 3.0~3.5, 当肝受伤时降为 1.0~1.5<sup>[20,26]</sup>。2 种银耳支链氨基酸/芳香族氨基酸比值明显高于木耳<sup>[17]</sup>及名优特水产动物<sup>[25,27]</sup>, 从侧面证实了银耳有提高人体免疫力, 改善人体的肝脏功能的功效。

### 3.3.5 氨基酸评分

表 6、表 7 为利用 FAO/WHO 推荐的氨基酸模式进行银耳氨基酸营养评估的结果。根据食物蛋白质中最低氨基酸分为该食物蛋白质得分的原则, Tr01 和 Tr21 氨基酸评分分别为 0.21 和 0.34, 表明银耳氨基酸组成平衡性与 FAO/WHO 规定的人体蛋白需求有一定差异。Tr01 中 Leu、Lys、Met、Cys、Phe、Tyr、Thr、Val 及 Tr21 中 Leu、Lys、Met、Cys、Thr、Val 的 RC 值小于 1, 表明 2 种银耳中相对缺乏的必需氨基酸种类存有差异。Tr01 中 Ile、Tr21 中 Ile、Phe、Tyr 的 RC 值大于 1, 表明这些氨基酸相对过剩。Tr01 和 Tr21 的 SRC 值分别达到 67、56, 表明二者的必需氨基酸组成或比例偏离了 FAO/WHO 推荐的氨基酸模式。在日常饮食中可与富含 Cys 的食物, 如黑米、燕麦、玉米、黑豆, 富含 Met 的食物, 如芝麻、小米、干贝、淡菜等搭配食用, 平衡营养。

表 4 2 种银耳风味氨基酸含量( $n=3$ )  
Table 4 Content of flavor amino acid in 2 species of *Tremella fuciformis* Berk ( $n=3$ )

	Tr01		Tr21	
	含量/(g/100 g)	比例/%	含量/(g/100 g)	比例/%
酸味类氨基酸 SOAA*	0.32	21.05	0.44	22.11
甜味类氨基酸 SWAA*	0.51	33.55	0.65	32.66
苦味类氨基酸 BIAA*	0.51	33.55	0.71	35.68
呈味类氨基酸 FAA*	0.59	38.82	0.81	40.70

注: \*表示 2 个品种间呈显著性差异( $P < 0.05$ )。SOAA: Asp、Glu; SWAA: Thr、Ala、Gly、Pro、Ser; BIAA: Ile、Leu、Met、Phe、Val、His、Arg; FAA: Asp、Glu、Arg、Ala、Gly。

表 5 2 种银耳不同构型氨基酸含量比较( $n=3$ )  
Table 5 Amino acid configuration in two species of *Tremella fuciformis* ( $n=3$ )

	Tr01		Tr21	
	含量/(g/100 g)	比例/%	含量/(g/100 g)	比例/%
含硫氨基酸 SAA	0.02	1.10	0.03	1.51
支链氨基酸 BCAA*	0.33	18.23	0.43	21.61
芳香族氨基酸 AAA*	0.12	6.63	0.17	8.54
BC/A	2.75		2.52	

注: SAA: Cys、Met; BCAA: Val、Ile、Leu; AAA: Phe、Tyr。

表 6 2 种银耳必需氨基酸组成及评判标准数据  
(mg/g N, 鲜样)

Table 6 Essential amino acid composition in 2 species of *Tremella fuciformis* (mg/g N, wet weight)

EAA	Tr01	Tr21	鸡蛋	FAO/WHO
Ile	356	415	331	250
Leu	279	323	534	440
Lys	305	277	441	340
Met+Cys	50	69	386	220
Phe+Tyr	304	393	565	380
Thr	229	277	292	250
Val	203	254	411	310

表 7 2 种银耳必需氨基酸比值、氨基酸比值系数和  
氨基酸比值系数分

Table 7 RAA, RC and SRC of 2 species of *Tremella fuciformis*

RAA-01	RC-01	RAA-21	RC-21	SRC-01	SRC-21
142	1.30	166	1.79		
63	0.58	73	0.79		
90	0.82	81	0.88		
23	0.21	31	0.34	67	56
80	0.73	103	1.12		
91	0.84	111	1.20		
65	0.60	82	0.88		

### 4 结 论

Tr01、Tr21 是我国银耳主栽的优良品种。在工厂化袋栽模式下, 2 种银耳营养成分有明显差异。以干样计算, Tr01 的蛋白质、灰分、膳食纤维、维生素 B<sub>2</sub>、K 含量均高于 Tr21, Tr01 的碳水化合物、维生素 C、Ca 含量低于 Tr21, Tr01 的呈味类氨基酸、酸味类氨基酸、甜味类氨基酸、苦味类氨基酸、含硫氨基酸、支链氨基酸、芳香氨基酸含量均低于 Tr21, Tr01 的必需氨基酸含量及支芳值高于 Tr21。2 种银耳支链氨基酸/芳香族氨基酸比值明显高于木耳及名优特水产动物, 可用作日常健康保健食品。

### 参考文献

[1] 温文婷, 贾定洪, 郭勇, 等. 中国主栽银耳配对香灰菌的系统发育和遗传多样性[J]. 中国农业科学, 2010, 43(3): 552-558.  
Wen WT, Jia DH, Guo Y, et al. Phylogeny and genetic diversity of *Annulohyphoxylon* spp. paired with cultivated *Tremella fuciformis* Berk [J]. Sci Agric Sin, 2010, 43(3): 552-558.

[2] 张建军, 谢丽源, 赵树海, 等. 不同产地银耳抗氧化活性物质及抗氧化能力分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 333-338.  
Zhang JJ, Xie LY, Zhao SH, et al. Analysis of active antioxidant

substances and antioxidant capacity of *Tremella fuciformis* in different areas [J]. Southwest China J Agric Sci, 2015, 28(1): 333-338.

[3] 阮淑珊, 戴维浩, 姚益招, 等. 银耳新菌株 Tr01、Tr21 及栽培关键技术[J]. 福建农业, 2007, (9): 18.  
Ruan SS, Dai WH, Yao YZ, et al. Cultivated technology of *Tremella fuciformis* Berk, Tr01 and Tr21 [J]. J Fujian Agric, 2007, (9): 18.

[4] 林永安, 谢启焱. 古田银耳 Tr01、Tr21 新菌株及其栽培技术[J]. 闽东农业科技, 2007, (1): 15-18.  
Lin YA, Xie QY. Cultivated technology of *Tremella fuciformis* Berk, Tr01 and Tr21 [J]. Agric Technol East Fujian, 2007, (1): 15-18.

[5] GB 5009.124.2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].  
GB 5009.124.2016 National food safety standard-Determination of amino acids in foods [S].

[6] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定 第一法[S].  
GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of moisture in foods-The first method [S].

[7] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定 第一法[S].  
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods-The first method [S].

[8] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 第一法[S].  
GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in foods-The first method [S].

[9] GB 5009.88-2014 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定[S].  
GB 5009.88-2014 National food safety standard-Determination of diet fiber in foods [S].

[10] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].  
GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fats in foods [S].

[11] GB/Z 21922-2008 食品营养成分[S].  
GB/Z 21922-2008 Nutritional component of foods [S].

[12] Sánchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2010, (85): 1321-1337.

[13] 申进文, 黄千慧, 刘巧宇, 等. 七种培养料对糙皮侧耳熟料栽培的影响[J]. 食用菌学报, 2014, 21(3): 36-40.  
Shen JW, Huang QH, Liu QY, et al. Mycelia growth rates and biological efficiency values for *Pleurotus ostreatus* cultivation on seven different substrates [J]. Acta Edulis Fungi, 2014, 21(3): 36-40.

[14] 申进文, 刘超, 张倩, 等. 5 种培养料对平菇营养成分的影响[J]. 河南农业科学, 2016, 45(10): 103-106.  
Shen JW, Liu C, Zhang Q, et al. Effect of five different cultivation substrates on nutrients in fruiting body of *Pleurotus ostreatus* [J]. J Henan Agric Sci, 2016, 45(10): 103-106.

[15] 王赵改, 杨慧, 李靖, 等. 采收期对不同品种双孢蘑菇品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 107-110.  
Wang ZG, Yang H, Li J, et al. Influence of different harvest time on the quality of *Agaricus bisporus* [J]. J Henan Agric Sci, 2012, 41(7): 107-110.

[16] 朱燕华, 王倩, 陈明杰, 等. 不同采摘期的双孢蘑菇子实体蛋白质营养评价[J]. 上海农业学报, 2016, 32(4): 29-34.  
Zhu YH, Wang Q, Chen MJ, et al. Nutritional evaluation on protein of *agaricus bisporus* fruit bodies at different harvest times [J]. Acta Agric Shanghai, 2016, 32(4): 29-34.

[17] 姚清华, 陈国平, 颜孙安, 等. 两种木耳营养分析与评价[J]. 营养学报,

- 2018, 40(2): 197–199.
- Yao QH, Chen GP, Yan SA, *et al.* Nutritional composition analysis and evaluation on different varieties of *Auricularia polytricha* [J]. ACTA Nutrimenta Sin, 2018, 40(2): 197–199.
- [18] 罗鸣钟, 关瑞章, 靳恒. 五种鳗鲡的含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 水生生物学报, 2015, 39(4): 714–722.
- Luo MZ, Guan RZ, Jin H. Analysis of the ratio of flesh content and the nutritional composition in the muscle of five species of eel [J]. Acta Hydrobiolog Sin, 2015, 39(4): 714–722.
- [19] 刘潘虹, 苏晓灵. 钾敏感性与血压的关系及其临床意义[J]. 心肺血管病杂志, 2016, 35(8): 664–666.
- Liu PH, Su XL. The relationship of kalium sensitivity and blood pressure, and its clinical significance [J]. J Cardiovasc Pulmon Dis, 2016, 35(8): 664–666.
- [20] 张明富. 增加钾类食物的摄入使抗高血压药物需求量减少[J]. 医学信息, 1993, 6(2): 76–77.
- Zhang MF. Increasing potassium intake reduces demand for antihypertensive drugs [J]. InfMed Sci, 1993, 6(2): 76–77.
- [21] 况丹. 七种食用菌营养成分分析比较[J]. 食用菌, 2011, (4): 57–59.
- Kuang D. Analysis of nutritional component of seven kinds of mushroom [J]. Edib Fung, 2011, (4): 57–59.
- [22] 董淮海, 毛传福, 陈洁. 十一种食用菌的营养评价[J]. 食药菌, 2011, 19(3): 15–16.
- Dong HH, Mao CF, Chen J. Analysis of nutritional component of eleven kinds of mushroom [J]. Edib Med Mushroom, 2011, 19(3): 15–16.
- [23] 陈霞, 王静, 李红敏. 巴楚蘑菇的基本成分及营养价值[J]. 农产品加工, 2015, (5): 46–48.
- Chen X, Wang J, Li HM. Basic ingredients and nutritional assessment of Bachu mushroom [J]. Farm Prod Process, 2015, (5): 46–48.
- [24] 姚清华, 苏德森, 颜孙安, 等. 不同种菲律宾鳗鲡肌肉脂肪酸及氨基酸组成特征比较[J]. 中国食品学报, 2016, 16(4): 244–250.
- Yao QH, Su DS, Yan SA, *et al.* Comparison of composition mode of fatty acid and amino acid in *Anquilla bicolor pacifica* and *Anquill marmorata muscle* [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2016, 16(4): 244–250.
- [25] 刘飞, 孟昱林, 韩志琦, 等. 金鳊和黑鳊的肌肉营养成分分析及评价[J]. 淡水渔业, 2017, 47(2): 101–106.
- Liu F, Meng YL, Han ZQ, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient components in muscle of red bighead carp and *Aritichthys nobilis* [J]. Freshwater Fish, 2017, 47(2): 101–106.
- [26] 颜孙安, 林香信, 姚清华, 等. 杂色鲍及其杂交后代的氨基酸含量和组成分析[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 249–256.
- Yan SA, Lin XX, Yao QH, *et al.* Analysis on the amino acid content and the composition of RITAI *Haliotis diversicolor* and their reciprocal hybrids [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2013, 13(6): 249–256.
- [27] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖模式大黄鱼肌肉营养成分比较[J]. 福建农业学报, 2015, 30(8): 736–744.
- Yan SA, Yao QH, Lin XX, *et al.* Nutrient profile of large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea Richardson*) grown under different aquacultural settings [J]. Fujian J Agric Sci, 2015, 30(8): 736–744.
- [28] 迟淑艳, 周歧存, 周健斌, 等. 华南沿海5种养殖贝类营养成分的比较分析[J]. 水产科学, 2007, 26(2): 79–83.
- Chi SY, Zhou QC, Zhou JB, *et al.* Comparative nutrition components in five cultured molluscs in coastal south China [J]. Fish Sci, 2007, 26(2): 79–83.
- [29] 周光宏. 动物产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- Zhou GH. Processing technology of animal products [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015.
- [30] Pellett PL, Yong VR. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: the United National University Publishing Company, 1980.

(责任编辑: 陈雨薇)

## 作者简介



姚清华, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。

E-mail: yaoyaoshuimu@163.com



林虬, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。

E-mail: linqiu3163@163.com