

余昌霞,赵妍,陈明杰,等.香菇失香突变菌株的营养成分和呈味物质分析[J].上海农业学报,2019,35(6):17-23

香菇失香突变菌株的营养成分和呈味物质分析

余昌霞,赵妍*,陈明杰,杨焕玲,奚莉萍,汪虹,查磊

(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中心,上海市农业遗传育种重点开放实验室,上海 201403)

摘要:在栽培条件一致的情况下,测定了‘L808’和ww808(子实体无香菇香味)2个香菇菌株子实体的粗蛋白、水解氨基酸、游离氨基酸、可溶性糖(醇)、有机酸和5’-核苷酸的组成及含量,并分析其营养成分和呈味物质的差异。结果表明:‘L808’和ww808菌株的氨基酸比值系数分别为88.98和87.69,‘L808’菌株的蛋白质营养价值高于ww808菌株;‘L808’菌株可溶性糖(醇)及鲜味氨基酸含量高于ww808菌株,有机酸、甜味氨基酸以及鲜味核苷酸含量较ww808菌株低。综合各种呈鲜成分,‘L808’和ww808菌株的等鲜浓度值(EUC)分别为38.70 g MSG/(100 g)和53.38 g MSG/(100 g),ww808菌株鲜味呈鲜效果较‘L808’菌株更突出。

关键词:香菇;子实体;呈味物质;等鲜浓度值(EUC)

中图分类号:S646.1 文献标识码:A 文章编号:1000-3924(2019)06-017-07

Analysis of nutritional components and flavor substances in a mutant *Lentinula edodes* strain with no aroma

YU Chang-xia, ZHAO Yan*, CHEN Ming-jie, YANG Huan-ling, XI Li-ping, WANG Hong, ZHA Lei (Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture, P. R. China; 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, China)

Abstract: The composition and content of crude protein, hydrolytic amino acid, free amino acid, soluble sugar (alcohol), organic acid and 5’-nucleotides in the fruiting bodies of two *Lentinula edodes* strains ‘L808’ and ww808 (no flavor in fruiting bodies) were determined under the same cultivation conditions, and the differences of their nutritional components and flavor substances were analyzed. The results showed that the amino acid ratio coefficient score (SRC) of ‘L808’ and ww808 were 88.98 and 87.69, respectively, indicating that the protein nutritional value of ‘L808’ was higher than that of ww808. The content of soluble sugar (alcohol) and flavor amino acid of ‘L808’ were higher than those of ww808, and the content of organic acid, sweet amino acid and flavor nucleotide were lower than those of ww808. Comprehensive consideration of various flavor ingredients, the EUC of ‘L808’ and ww808 were 38.70 g MSG/(100 g) and 53.38 g MSG/(100 g), respectively, and the flavor of ww808 was better than ‘L808’.

Key words: *Lentinula edodes*; Fruiting body; Flavor substances; Equivalent umami concentration (EUC)

香菇 [*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler] 隶属于光茸菌科 (Omphalotaceae) 香菇属 (*Lentinula*), 其香味浓郁、味道鲜美、营养丰富, 是世界上生产规模最大的食用菌之一^[1]。我国已有近千年的香菇栽培历史, 据中国食用菌协会统计, 2016年中国香菇年总产量已达到 898.30 万 t。香菇 ‘L808’ 菌株因菌丝抗逆性强、适应性广, 遗传特性优良、稳定, 子实体菌柄短、菌肉厚、菇型大、组织致密, 品质极佳, 备受消费者和生产

收稿日期:2018-12-24

基金项目:国家食用菌产业技术体系项目(CARS20)

作者简介:余昌霞(1985—),女,硕士,助理研究员,研究方向为食用菌栽培生理。E-mail:yycx41529@163.com

*通信作者,E-mail:jiandan289@126.com

者关注和喜爱,也是我国目前主要的秋栽香菇品种之一。2015年底,我国北方香菇栽培基地的农户从主栽香菇品种‘L808’中采摘到少量几乎没有香菇香味的子实体,外观上难以与‘L808’区分,将其经过组织分离得到新菌株,命名为ww808。香菇无香味可能会影响其商品价值,进一步影响销量。

风味物质是评价食用菌品质的重要指标之一。食用菌的风味包括香味和滋味^[2-3],香味主要依赖于挥发性风味成分,通过人的嗅觉系统感受;滋味则取决于其含有的非挥发性呈味物质的种类及含量,通过人的味觉系统感受^[4-6]。食用菌独特的滋味,主要是因为含有一些如游离氨基酸、5'-核苷酸、可溶性糖(醇)、有机酸等小分子物质发挥其风味作用,表现出鲜、甜等滋味。基于此,可利用氨基酸自动分析仪、离子色谱仪、高效液相色谱仪等仪器分别对香菇子实体的非挥发性呈味物质[游离氨基酸、可溶性糖(醇)、有机酸及5'-核苷酸]的组成及含量进行测定,并计算等鲜浓度值(EUC),对香菇菌片子实体的鲜味进行分析和评价。笔者曾采用固相微萃取气质联用技术对香菇菌株‘L808’与突变菌株ww808的挥发性风味物质进行了分析,发现‘L808’和ww808菌株菌丝体中挥发性成分主要是醛类化合物、芳香和烯烃化合物,其次是含硫化合物。ww808菌株的前两类成分含量较高,但含硫化合物仅为‘L808’菌株的9.16%;两菌片子实体中挥发性成分主要是含硫化合物,其中ww808菌株的含硫化合物含量是‘L808’的64.61%^[7]。在此基础上,本研究拟进一步对两个香菇菌片子实体的滋味进行分析,以期阐明香菇‘L808’菌株与其突变菌株ww808的风味差异,分析源自‘L808’的突变菌株ww808究竟有哪些代谢产物发生了改变。

1 材料与方法

1.1 供试菌株与培养基质

香菇菌株‘L808’保藏于上海市农业科学院食用菌研究所,ww808菌株(‘L808’突变菌株,几乎无香菇香味)受赠于中国农业科学院农业资源与农业区划研究所张金霞研究员。

菌丝培养采用PDA培养基,栽培试验的配方为78%木屑、20%麸皮、2%石膏粉,含水量60%。

1.2 主要仪器与试剂

中药粉碎机(DJ-10A型),上海淀久中药机械制造有限公司;鼓风干燥箱(DHG-9240A型),上海一恒科学仪器有限公司;凯氏定氮仪(VELP UDK169型),意大利VELP公司;高效液相色谱仪(HPLC, Waters 2695型),美国沃特世公司;Ultimate AQ-C18液相色谱柱,月旭科技(上海)股份有限公司;离子色谱仪(Dionex ICS-2500型)、脉冲安培检测器、阴离子交换柱CarboPac MA1,美国戴安公司;氨基酸自动分析仪(Hitachi L-8900型),日本日立公司。

氨基酸标准品,阿拉伯糖醇、甘露醇、甘露糖、海藻糖、葡萄糖、赤藓糖醇、果糖、半乳糖和岩藻糖等9种可溶性糖及糖醇标准品,延胡索酸、苹果酸、乙酸、酒石酸、柠檬酸、琥珀酸和抗坏血酸等7种有机酸标准品,5'-AMP(5'-腺苷酸)、5'-CMP(5'-胞苷酸)、5'-GMP(5'-鸟苷酸)、5'-IMP(5'-肌苷酸)、5'-UMP(5'-尿苷酸)、5'-XMP(5'-黄苷酸)等单核苷酸标准品,均为美国Sigma公司产品。其他试剂均为分析纯。

1.3 样品处理

香菇栽培时间为2016年11月中旬,采收第一潮菇作为样本,将采收的子实体放于50℃烘箱内烘干24—48h,使其含水量低于10%,迅速用粉碎机粉碎,过60目(250μm孔径)筛后置于干燥器中备用。

1.4 粗蛋白测定

按照GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》食品安全国家标准凯氏定氮法测定粗蛋白含量^[8]。

1.5 水解氨基酸测定及评价

参照张璐等^[9]的方法进行水解氨基酸的提取,采用氨基酸自动分析仪测定各种氨基酸的含量^[10-11],每个样品做3次平行试验。氨基酸评分(Amino acid score, AAS)计算参照WHO/FAO的方法^[12],化学评分(Chemical score, CS)计算参照FAO和Seligson等^[13]推荐的方法,必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)评价参照Oser等^[14-15]的方法,氨基酸比值系数(Ratio coefficient of amino acid, RC)以及氨基酸比值系数分(Score of RC, SRC)参照朱圣陶等^[16]的方法计算。

1.6 可溶性糖(醇)测定

样品提取参照薛俊杰等^[17]的方法进行,采用ICS-2500型离子色谱仪参照周帅等^[18]构建的高效阴离子色谱法检测可溶性糖(醇)含量,每样品做3次平行试验。

1.7 有机酸测定

参照谷镇等^[19]的方法提取有机酸,采用 Waters 2695 型高效液相色谱仪参照陈万超等的方法^[20]检测有机酸含量,每样品做 3 次平行试验。

1.8 游离氨基酸测定

参考 Tseng 等^[21]和 Tsai 等^[22]的方法并适当改进对游离氨基酸进行提取,采用 L-8900 型氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸含量,每样品做 3 次平行试验。

1.9 呈味核苷酸测定

参照 Taylor 等^[23]的方法提取核苷酸,采用 Waters 2695 型高效液相色谱仪参照文献[24-25]测定核苷酸含量,每处理做 3 次平行试验。

1.10 等鲜浓度值 (Equivalent umami concentration, EUC) 计算

鲜味氨基酸与呈味核苷酸的协同作用所产生的鲜味强度,既可以显著提高鲜味效果,也具有协同和增鲜效果。等鲜浓度值的计算公式^[26]为: $Y = \sum a_i b_i + 1.218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j)$, 式中: Y 为等鲜浓度 [g MSG/(100 g)]; a_i 为鲜味氨基酸(谷氨酸或天冬氨酸)含量 [g/(100 g)]; a_j 为呈鲜核苷酸(5'-GMP、5'-IMP、5'-XMP、5'-AMP)含量 [g/(100 g)]; b_i 为鲜味氨基酸相对谷氨酸比值(谷氨酸 = 1、天冬氨酸 = 0.077); b_j 为呈鲜核苷酸相对 5'-肌苷酸比值(5'-GMP = 2.3、5'-IMP = 1、5'-XMP = 0.61、5'-AMP = 0.18); 1.218 为协同作用常数。

1.11 数据分析

数据处理与分析采用 SPSS 19.0 软件。

2 结果与分析

2.1 蛋白质营养评价

2 个香菇菌株 'L808' 和 ww808 子实体中的粗蛋白含量分别为 (23.29 ± 0.04) g/(100 g) 和 (27.21 ± 0.28) g/(100 g), ww808 菌株的粗蛋白含量约为 'L808' 菌株的 1.17 倍。2 个香菇菌株均含有 17 种常见氨基酸(色氨酸未检测), ww808 菌株的水解氨基酸总量及必需氨基酸总量均高于 'L808' 菌株(表 1), 分别为 'L808' 菌株的 1.22 和 1.13 倍。'L808' 和 ww808 菌株的必需氨基酸(EAA)与总氨基酸(TAA)比值 E/T 分别为 0.34 和 0.31, 必需氨基酸(EAA)与非必需氨基酸(NEAA)的比值 E/N 分别为 0.52 和 0.46。FAO/WHO 提出的理想蛋白模式为 E/T 达到 0.4 和 E/N 在 0.6 以上^[9-10], 表明 2 个香菇菌株中的氨基酸均接近 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式, 属于质量较好的蛋白质。

表 1 2 个香菇菌株水解氨基酸含量

Table 1 Hydrolytic amino acids content of *Lentinula edodes* strains 'L808' and ww808

g·(100 g)⁻¹干重

氨基酸	'L808' 菌株	ww808 菌株	氨基酸	'L808' 菌株	ww808 菌株
天冬氨酸 Asp	1.38 ± 0.03	1.63 ± 0.01	酪氨酸 Tyr	0.49 ± 0.01	0.54 ± 0.01
苏氨酸 Thr	0.79 ± 0.01	0.90 ± 0.03	苯丙氨酸 Phe	0.65 ± 0.00	0.72 ± 0.01
丝氨酸 Ser	0.79 ± 0.01	0.90 ± 0.01	赖氨酸 Lys	0.84 ± 0.00	0.96 ± 0.02
谷氨酸 Glu	3.55 ± 0.01	5.01 ± 0.03	组氨酸 His	0.30 ± 0.01	0.34 ± 0.01
甘氨酸 Gly	0.77 ± 0.00	0.88 ± 0.02	精氨酸 Arg	0.80 ± 0.00	0.96 ± 0.01
丙氨酸 Ala	0.91 ± 0.01	1.00 ± 0.04	脯氨酸 Pro	0.60 ± 0.02	0.71 ± 0.01
缬氨酸 Val	0.83 ± 0.01	0.92 ± 0.01	TAA	14.99 ± 0.03	18.30 ± 0.09
半胱氨酸 Cys	0.29 ± 0.00	0.57 ± 0.02	EAA	5.11 ± 0.02	5.76 ± 0.01
甲硫氨酸 Met	0.24 ± 0.00	0.26 ± 0.03	NEAA	9.88 ± 0.02	12.54 ± 0.09
异亮氨酸 Ile	0.66 ± 0.03	0.75 ± 0.01	E/T	0.34 ± 0.00	0.31 ± 0.00
亮氨酸 Leu	1.11 ± 0.01	1.25 ± 0.03	E/N	0.52 ± 0.00	0.46 ± 0.00

如表 2 所示, 'L808' 和 ww808 菌株的必需氨基酸总含量分别为 412.94 mg/g pro 和 393.99 mg/g pro, 均明显优于 WHO/FAO 模式 (350 mg/g pro), 但低于鸡蛋模式 (497 mg/g pro), 且 'L808' 菌株蛋白质量优于 ww808 菌株。从单个氨基酸来看, 'L808' 菌株除 Met + Cys 之外, 其他必需氨基酸含量均高于 WHO/FAO 模式值, 而 ww808 菌株除 Lys 和 Leu 外, 其他氨基酸含量也均高于 WHO/FAO 模式值。基于 AAS 计算的 'L808' 和 ww808 菌株的第一限制氨基酸分别是 Met + Cys 和 Lys, 除此之外, 其他必需氨基酸含量均

高于标准模式蛋白。根据 CS 计算的‘L808’和 ww808 菌株的第一限制氨基酸分别是 Met + Cys 和 Ile, ‘L808’菌株中除 Met + Cys 化学评分低于 ww808 菌株外,其他氨基酸化学评分均高于 ww808 菌株,比 ww808 菌株更接近鸡蛋蛋白。氨基酸平衡性分析表明,‘L808’和 ww808 菌株的氨基酸比值系数分别为 0.89—1.18 和 0.88—1.19,‘L808’菌株的 Thr 和 Met + Cys 以及 ww808 菌株的 Met + Cys 和 Lys 分别正负向偏离平衡谱最远,经计算两个香菇菌株的氨基酸比值系数分 SRC 分别为 88.98 和 87.69,均高于部分粮食作物小麦(72.47)、大米(70.50)以及卵清蛋白(81.22)。(‘L808’和 ww808 菌株的 EAAI 分别为 78.57 和 76.19,说明‘L808’菌株蛋白中必需氨基酸均衡性、相互之间比例均优于 ww808 菌株。

表 2 2 个香菇菌株蛋白的必需氨基酸营养特征分析

Table 2 Essential amino acid nutritional characteristics analysis of protein of *Lentinula edodes* strains ‘L808’ and ww808

氨基酸	含量/(mg·g ⁻¹ pro)			AAS		CS		RC		
	‘L808’ 菌株	ww808 菌株	WHO/FAO 模式	鸡蛋 模式	‘L808’ 菌株	ww808 菌株	‘L808’ 菌株	ww808 菌株	‘L808’ 菌株	ww808 菌株
Thr	53.11 ± 0.35	49.50 ± 0.29	40	51	132.78 ± 0.89	123.75 ± 0.73	104.14 ± 0.70	97.06 ± 0.57	1.18 ± 0.01	1.13 ± 0.01
Lys	56.44 ± 0.35	52.95 ± 0.57	55	64	102.63 ± 0.64	96.29 ± 0.53	88.19 ± 0.56	82.75 ± 0.89	0.91 ± 0.00	0.88 ± 0.01
Leu	73.56 ± 0.43	67.70 ± 0.54	70	88	105.08 ± 0.61	96.71 ± 0.77	83.59 ± 0.49	76.93 ± 0.62	0.93 ± 0.01	0.89 ± 0.01
Ile	43.56 ± 0.41	40.95 ± 0.47	40	66	108.89 ± 0.73	102.36 ± 0.76	65.99 ± 0.62	62.04 ± 0.71	0.98 ± 0.01	0.94 ± 0.01
Met + Cys	34.89 ± 0.63	44.95 ± 0.36	35	55	99.69 ± 0.91	128.43 ± 1.03	63.44 ± 0.15	81.73 ± 0.65	0.89 ± 0.01	1.19 ± 0.01
Phe + Tyr	76.22 ± 0.29	68.79 ± 0.42	60	100	127.04 ± 0.49	114.65 ± 0.69	76.22 ± 0.30	68.79 ± 0.42	1.13 ± 0.00	1.05 ± 0.00
Val	54.89 ± 0.42	50.23 ± 0.45	50	73	109.78 ± 0.84	100.45 ± 0.90	75.19 ± 0.58	68.80 ± 0.62	0.98 ± 0.01	0.92 ± 0.01

2.2 呈味物质分析与鲜味评价

2.2.1 可溶性糖(醇)含量

2 个香菇菌株中主要检测到 3 种糖(醇),其他种类的糖(醇)含量相对太低,可忽略不计。如表 3 所示,含量最高的是甘露醇,其次是阿拉伯糖醇,海藻糖含量最低。‘L808’菌株的可溶性糖(醇)总量较 ww808 菌株高,且阿拉伯糖醇和海藻糖含量均高于 ww808 菌株,甘露醇含量在 2 个菌株中差异不大。

表 3 2 个香菇菌株的可溶性糖(醇)含量

Table 3 Soluble sugar(alcohol) content of *Lentinula edodes* ‘L808’ and ww808mg·g⁻¹

可溶性糖(醇)	‘L808’菌株	ww808 菌株
阿拉伯糖醇	37.12 ± 0.16	27.90 ± 0.55
海藻糖	26.51 ± 0.12	17.70 ± 0.22
甘露醇	76.28 ± 0.59	78.02 ± 0.62
总量	139.91 ± 0.84	123.62 ± 1.04

2.2.2 有机酸含量

如表 4 所示,2 个香菇菌株中共检测到 5 种有机酸,其中琥珀酸含量最高,其次是苹果酸。‘L808’和 ww808 菌株的有机酸种类相同,但无论是单个有机酸含量还是有机酸总量,ww808 菌株均高于‘L808’菌株。其中,ww808 菌株的有机酸总量、琥珀酸、苹果酸含量分别是‘L808’菌株的 2.49 倍、3.07 倍和 2.18 倍。

表 4 2 个香菇菌株的有机酸含量

Table 4 Organic acids content of *Lentinula edodes* strains ‘L808’ and ww808mg·g⁻¹

有机酸	‘L808’菌株	ww808 菌株
苹果酸	13.35 ± 0.11	29.16 ± 0.49
乙酸	2.09 ± 0.01	2.76 ± 0.05
柠檬酸	1.26 ± 0.08	1.97 ± 0.14
延胡索酸	0.76 ± 0.03	1.05 ± 0.05
琥珀酸	14.78 ± 0.31	45.44 ± 0.68
总量	32.22 ± 0.21	80.38 ± 1.18

2.2.3 游离氨基酸差异分析

如表 5 所示,‘L808’菌株的游离氨基酸含量稍低于 ww808 菌株。2 个香菇菌株中谷氨酸含量均为最高,它是主要的呈鲜氨基酸种类,‘L808’和 ww808 菌株的谷氨酸含量分别占鲜味氨基酸总量的 94.51% 和 89.02%。‘L808’菌株鲜味氨基酸含量略高于 ww808 菌株,2 个香菇菌株中鲜味氨基酸含量均处于低

水平(鲜味氨基酸含量 $< 5 \text{ mg/g}$)^[27]。‘L808’和 ww808 菌株的甜味氨基酸在 3 种滋味氨基酸中含量最高,其中丙氨酸含量仅次于谷氨酸,也是主要的甜味氨基酸,其与鲜味物质相互作用可达到提鲜的效果。

表 5 2 个香菇菌株的游离氨基酸含量

Table 5 Free amino acids content of *Lentinula edodes* strains ‘L808’ and ww808mg·g⁻¹干重

氨基酸	‘L808’菌株	ww808 菌株	氨基酸	‘L808’菌株	ww808 菌株
天冬氨酸 Asp	0.20 ± 0.00	0.38 ± 0.00	甲硫氨酸 Met	0.08 ± 0.00	0.08 ± 0.00
谷氨酸 Glu	3.44 ± 0.01	3.08 ± 0.01	缬氨酸 Val	0.71 ± 0.00	0.68 ± 0.01
丝氨酸 Ser	0.76 ± 0.00	0.85 ± 0.00	半胱氨酸 Cys	0.25 ± 0.00	0.19 ± 0.01
甘氨酸 Gly	0.84 ± 0.00	0.83 ± 0.00	赖氨酸 Lys	0.84 ± 0.00	0.91 ± 0.00
苏氨酸 Thr	0.93 ± 0.00	1.10 ± 0.00	酪氨酸 Tyr	0.33 ± 0.00	0.34 ± 0.00
丙氨酸 Ala	1.76 ± 0.01	1.69 ± 0.00	EAA	3.99 ± 0.01	4.34 ± 0.01
脯氨酸 Pro	0.65 ± 0.00	0.60 ± 0.01	TAA	13.27 ± 0.01	13.95 ± 0.01
组氨酸 His	0.19 ± 0.00	0.25 ± 0.00	鲜味氨基酸	3.64 ± 0.00	3.46 ± 0.01
异亮氨酸 Ile	0.39 ± 0.01	0.41 ± 0.00	甜味氨基酸	4.94 ± 0.01	5.08 ± 0.00
亮氨酸 Leu	0.52 ± 0.00	0.64 ± 0.01	苦味氨基酸	3.28 ± 0.01	3.98 ± 0.01
苯丙氨酸 Phe	0.52 ± 0.00	0.52 ± 0.01	无滋味氨基酸	1.41 ± 0.00	1.44 ± 0.00
精氨酸 Arg	0.87 ± 0.01	1.40 ± 0.00			

注:鲜味(Asp + Glu);甜味(Ser + Gly + Thr + Ala + Pro);苦味(His + Ile + Leu + Phe + Arg + Met + Val);无滋味(Cys + Lys + Tyr)

2.2.4 5'-核苷酸分析及鲜味评价

2 个香菇菌株中均检测出 5 种单核苷酸,未检测到 5'-XMP,‘L808’菌株的单核苷酸、鲜味核苷酸及总核苷酸含量均低于 ww808 菌株(表 6)。其中,5'-胞苷酸含量最高,在 2 个香菇菌株中相差也最大。2 个香菇菌株中鲜味核苷酸含量均处于低水平(鲜味核苷酸含量 $< 1 \text{ mg/g}$)^[27]。

表 6 2 个香菇菌株 5'-核苷酸含量及 EUC 评价

Table 6 The content of 5'-nucleotides and EUC value of *Lentinula edodes* strains ‘L808’ and ww808mg·g⁻¹

核苷酸	‘L808’菌株	ww808 菌株
5'-胞苷酸(5'-CMP)	10.82 ± 0.09	18.41 ± 0.19
5'-尿苷酸(5'-UMP)	0.47 ± 0.03	0.67 ± 0.01
5'-鸟苷酸(5'-GMP)	0.33 ± 0.01	0.51 ± 0.01
5'-肌苷酸(5'-IMP)	0.12 ± 0.00	0.21 ± 0.01
5'-腺苷酸(5'-AMP)	0.13 ± 0.00	0.15 ± 0.00
鲜味核苷酸	0.59 ± 0.02	0.86 ± 0.02
总核苷酸	11.87 ± 0.05	19.95 ± 0.18
EUC/[g MSG·(100 g) ⁻¹]	38.70 ± 1.23	53.38 ± 1.37

鲜味氨基酸和呈鲜核苷酸具有协同增鲜作用,等鲜浓度值(EUC)从量化上衡量了它们之间的协同作用。经计算,‘L808’和 ww808 菌株的 EUC 值分别为 38.70 g MSG/(100 g)和 53.38 g MSG/(100 g),‘L808’菌株的鲜味不及 ww808 菌株,其 EUC 值约为 ww808 菌株的 72.49%。2 个香菇菌株鲜味均处于第 3 水平[10—100 g MSG/(100 g)]^[28-29]。

3 结论与讨论

本研究对北方香菇栽培基地主栽品种‘L808’菌株及其突变菌株 ww808 蛋白质营养和呈味物质进行了研究与分析。‘L808’菌株的第一限制氨基酸是 Met + Cys,这与杨琴等^[30]研究结果一致。ww808 菌株子实体蛋白中 Met + Cys 的 AAS 值和 CS 值高于‘L808’菌株, Met 和 Cys 均是含硫氨基酸,表明 ww808 菌株子实体的含硫氨基酸较‘L808’菌株更丰富。其中蛋氨酸是必需氨基酸,在体内可转化成半胱氨酸或胱氨酸,但此反应不可逆转。含硫氨基酸不仅是食品中硫的主要供体,如为体内辅酶 A 和牛磺酸等含硫化合物提供硫原子,而且可以抑制食品褐变及美拉德反应,从而防止食品风味受到影响和营养价值降低。含硫化合物是食品风味的一大主体,含硫氨基酸及其衍生物是大多数含硫风味化合物的直接或间接前体物质,蛋氨酸加热可分解为有清香气味的二甲硫醚,半胱氨酸受热可降解产生氨、硫化氢和乙醛,它们都影响着食品产生香气。从笔者对两菌株挥发性风味成分分析结果可知,ww808 菌株的含硫化合物在菌丝体阶段仅为‘L808’菌株的 9.16%,而到子实体阶段其含量是‘L808’菌株的 64.61%^[7],其原因是否与 ww808 菌株子实体的含硫氨基酸含量较丰富有关有待进一步的验证。除 Met + Cys 之外,‘L808’菌株子

实体蛋白中其他必需氨基酸的 AAS 值、CS 值及 EAAI 值均远高于 ww808 菌株。综合可知,‘L808’菌株子实体蛋白质营养较 ww808 菌株更均衡、相互之间的比例更优。

本试验表明,两菌株子实体中呈味物质的种类相同,因此其滋味差异主要体现在呈味物质的含量及强度上。可溶性糖(醇)是食用菌产生甜味的主要物质,其种类以及含量直接影响食用菌的滋味与口感。甘露醇是一类新型的低能量甜味剂,能够预防龋齿,适合糖尿病患者、肥胖者使用;阿拉伯糖醇是生产木糖醇的重要中间体;海藻糖甜度较低,近年来常被应用于食品中。‘L808’菌株子实体的阿拉伯糖醇、海藻糖等可溶性糖(醇)含量比 ww808 菌株更高,因此‘L808’菌株子实体甜味强度更大。ww808 菌株子实体中检测到的有机酸含量均较‘L808’菌株高,特别是琥珀酸含量相差较大,琥珀酸及其钠盐具有较好的呈鲜效果,被广泛应用于呈鲜剂;苹果酸具有提神的酸度和微苦味。两菌株中乙酸、柠檬酸和延胡索酸含量较低,其中乙酸味道较刺激,柠檬酸具有清新的酸味,延胡索酸具有水果味,可作为饮料等的酸味剂,这些有机酸均在一定程度上影响着它们的呈味。氨基酸在人体新陈代谢中起着重要的作用,其呈味特性主要是鲜味、甜味、苦味和无味。Chen 等^[31]研究表明,呈苦味的氨基酸不具有味觉活性,高含量的可溶性糖(醇)产生的甜味可能将苦味成分遮掩;KOMATA 等^[32]研究表明,鲜、甜味氨基酸是香菇子实体中的主要氨基酸。本试验表明,ww808 菌株子实体中游离氨基酸及呈味核苷酸含量均较‘L808’丰富。‘L808’菌株和 ww808 菌株的 EUC 值分别为 38.70 g MSG/(100 g)和 53.38 g MSG/(100 g),‘L808’菌株的 EUC 仅为 ww808 菌株的 72.49%,表明 ww808 菌株中两类呈鲜成分协同作用更明显,ww808 菌株鲜味呈鲜效果较‘L808’菌株更突出。综上并结合两菌株挥发性成分分析,与突变菌株 ww808 菌株相比,‘L808’菌株的香味更浓郁、蛋白质营养更丰富,而 ww808 菌株滋味更鲜美、EUC 值更突出。ww808 菌株的香味虽不及‘L808’菌株浓郁,但其滋味更强,仍有一定的商业价值,如将其加工制作成调味品。基于对香菇浓郁的香味敏感而不食或少食的人群,本试验可为清香/无香型香菇育种方向提供理论支持,也可为进一步研究香菇风味形成机理提供参考。

参 考 文 献

- [1] PEGLER D N. The genus *Lentinula* (Tricholomataceae tribe Collybieae) [J]. *Sydowia*, 1983, 36: 227-239.
- [2] 王小红,钱骝,张卫明,等. 食用菌呈味物质研究进展[J]. *中国野生植物资源*, 2009, 28(1): 5-8.
- [3] 游兴勇,许杨,李艳萍. 食用菌非挥发性呈味物质的研究[J]. *中国调味品*, 2008(8): 32-35, 47.
- [4] 李霞,刘尚军,张浩. 香菇风味物质的酶法提取工艺研究[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2012, 33(1): 34-37.
- [5] GUO L Q, LIN J Y, LIN J F. Non-volatile components of several novel species of edible fungi [J]. *China Food Chemistry*, 2007, 100: 643-649.
- [6] 楚炎沛,张九魁. 食品风味配料概念清晰界定的探讨[J]. *中国调味品*, 2010, 35(9): 22-25.
- [7] 余昌霞,汪虹,赵妍,等. 两个香菇菌株的挥发性物质比较[J]. *食用菌学报*, 2017, 24(4): 65-70.
- [8] 中华人民共和国国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [9] 张璐,弓志青,王文亮,等. 7 种大宗食用菌的呈味物质分析及鲜味评价[J]. *食品科技*, 2017, 42(3): 274-278, 283.
- [10] 于文清,彭艳芳,许迎迎,等. 5 种野生食用菌干品营养及鲜味成分分析和评价[J]. *天然产物研究与开发*, 2015, 27(2): 271-276.
- [11] 史琦云,邵威平. 八种食用菌营养成分的测定与分析[J]. *甘肃农业大学学报*, 2003, 38(3): 336-339.
- [12] FAO/WHO Expert Consultation. Protein quality evaluation report of the joint FAO/WHO expert consultation held in Bethesda [R]. Rome, 1989.
- [13] SELIGSON F H, MACKAY L N. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern [J]. *Journal of Nutrition*, 1984, 114: 682-691.
- [14] OSER B L. Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein [J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1951, 27: 396-402.
- [15] OSER B L. An integrated essential amino acid index for predicting the biological value of proteins [M] // *Protein and Amino Acid Nutrition*. Amester: Elsevier Inc., 1959: 281-295.
- [16] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价: 氨基酸比值系数法 [J]. *营养学报*, 1988, 10(2): 187-190.
- [17] 薛俊杰,唐庆九,刘艳芳,等. 蛹虫草水溶性多糖含量测定方法的比较和优化 [J]. *菌物学报*, 2012, 31(3): 443-449.
- [18] 周帅,刘艳芳,唐庆九,等. 高效阴离子色谱-脉冲安培检测法分析食用菌中海藻糖、甘露醇和阿糖醇 [J]. *食用菌学报*, 2011, 18(1): 49-52.
- [19] 谷镇. 食用菌呈香呈味物质分析及制备工艺研究 [D]. 上海: 上海师范大学, 2012.
- [20] 陈万超,杨焱,冯杰,等. 不同产地商业品种香菇的滋味成分分析及评价 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(8): 152-157.
- [21] TSENG Y H, LEE Y L, LI R C. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae* [J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(3): 409-415.

- [22] TSAI S Y, WENG C C, HUANG S J, et al. Nonvolatile taste components of *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia[J]. Food Science and Technology, 2006, 39:1066-1071.
- [23] TAYLOR M W, HERSHEY R A, LEVINE R A, et al. Improved method of resolving nucleotides by reverse phase high performance liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1981, 219:133-139.
- [24] LI W, CHEN W C, YANG Y, et al. Effect of culture substrates on taste component content and taste quality of *Lentinula edodes*[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2017, 52(4):981-991.
- [25] 张圣龙, 张劲松, 谢晓梅, 等. 不同品种灵芝中四种核苷类成分的含量比较[J]. 食用菌学报, 2012, 19(4):67-70.
- [26] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some α -amino acid and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 1991, 36:846-849.
- [27] YANG J H, LIN H C, MAU J L. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms[J]. Food Chemistry, 2001, 72(4):465-471.
- [28] MAU J L. The umami taste of edible and medicinal mushrooms[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2005, 7(1):119-126.
- [29] MAU J L, CHYAU C C, LI J Y, et al. Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45:4726-4729.
- [30] 杨琴, 杜双田, 鄧小娟, 等. 博湖大蘑菇蛋白质营养价值评价[J]. 食品科学, 2009, 30(5):100-103.
- [31] CHEN H K. Studies on the characteristics of taste-active components in mushroom concentrate and its powderization[D]. Taiwan, China: National Chung-Hsing University, 1986.
- [32] KOMATA Y. The taste and constituents of foods[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1969, 3:26.

(责任编辑: 闫其涛)