

玉米浆发酵液对杏鲍菇营养价值和非挥发性呈味物质含量的影响

The effect on nutritional value and non-volatile flavor substance content of *Pleurotus eryngii* with fermentable corn steep liquor

李 晶¹ 郑喜群¹ 刘晓兰²

LI Jing¹ ZHENG Xi-qun¹ LIU Xiao-lan²

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 齐齐哈尔大学, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

(1. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;

2. Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China)

摘要:目的:拟以玉米浆发酵液部分替代麸皮用于培养杏鲍菇,提高玉米浆的综合利用价值。方法:在杏鲍菇培养基中添加 6% 玉米浆发酵液替代传统基质部分氮源,测定子实体营养价值和氨基酸、有机酸、可溶性糖醇、5'-核苷酸等非挥发性呈味物质含量的差异。结果:试验组和对照组杏鲍菇氨基酸 CS 值分别为 50.31 和 48.93, BV 值分别为 157.99 和 144.61, NI 值分别为 30.8 和 28.0, EAARR 值分别为 0.854 和 1.025, 在多评价体系下试验组营养价值高于对照组;试验组呈味氨基酸含量 24.187 g/100 g、可溶性糖醇含量 32.14 g/100 g、有机酸含量 4 277.258 mg/kg、5'-核苷酸含量 280.05 mg/100 g 均高于对照组,综合分析等量鲜味浓度 EUC 试验组(595.14 g MSG/100 g)鲜味呈鲜效果较对照组(565.65 g MSG/100 g)突出,处于第二水平,鲜味明显,呈强烈的鲜味。结论:采用玉米浆发酵液部分替代传统培养杏鲍菇基质中的氮源,能显著提高杏鲍菇子实体营养价值和呈味物质含量。

关键词:玉米浆;杏鲍菇;营养价值;呈味物质

Abstract: Objective: In order to improve the comprehensive utilization value of corn steep liquor, fermentable corn steep liquor was used to partially replace bran for cultivation of *Pleurotus*

eryngii. Methods: 6 percent of the nitrogen source in the traditional matrix was replaced by fermentable corn steep liquor in the cultivation of *P. eryngii*, and the differences in non-volatile flavor composition and nutritional value were analyzed by measuring the content and composition of free amino acids, organic acids, soluble glycol, 5'-nucleotides. Results: The results showed that the chemical scores of *P. eryngii* amino acids were 50.31 and 48.93, the BV values were 157.99 and 144.61, and the NI values were 30.8 and 28.0 respectively; EAARR values were 0.854 and 1.025, and the nutritional value of the experimental group was higher than that of the control group under the multi-evaluation system, in which the content of aromatic amino acids was 24.187 g/100 g; the soluble glycol content was 32.14 g/100 g, and the organic acid content was 4 277.258 mg/kg, 5'-nucleotide content was 280.05 mg/100 g were higher than the control group. Comprehensive analysis of the equivalent umami concentration EUC experimental group (595.14 g MSG/100 g) umami higher effect than the control group (565.65 g MSG/100 g), and the umami taste was obvious and strong. Conclusion: The nutrient value and the content of non-volatile flavoring substances in the fruiting body of *P. eryngii* could be significantly increased by using corn slurry fermentation liquid to partially replace the nitrogen source in the traditional culture medium.

Keywords: corn steep liquor; *Pleurotus eryngii*; nutritive value; flavor substance

基金项目:黑龙江省百千万工程玉米重大科技专项(编号:2019ZX06B02);中央支持地方高校发展改革资金高水平人才项目(编号:2020GSP08);粮食副产物加工与利用教育部工程研究中心项目资助

作者简介:李晶,女,黑龙江八一农垦大学在读硕士研究生。

通信作者:郑喜群(1963—),男,黑龙江八一农垦大学教授,博士。

E-mail: zhengxiqun@126.com

刘晓兰(1962—),女,齐齐哈尔大学教授,博士。

E-mail: liuxiaolan001@126.com

收稿日期:2021-06-02

湿法制备玉米淀粉时,玉米浸泡水经浓缩形成的副产物——玉米浆,具有可溶性蛋白含量高、黏度大、色泽深和易吸水的特点。据报道^[1],中国每年生产 2 450 万 t 玉米淀粉,约产生 80 万~90 万 t 玉米浆。目前玉米浆除少量用作发酵培养基外,主要被喷在玉米皮上(喷浆玉米皮),

作为饲料出售,但因为色泽深、口感差、易霉变、难贮藏,应用效果不佳。姜未公等^[1]研究发现通过微生物发酵制得的玉米浆发酵液,氨基酸态氮含量高达2.3%,可溶性蛋白质含量高达18.22%,糖含量高达8.60%,具有广阔的应用潜力。

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)也被称为“平菇之王”,是药食两用的珍贵食用菌^[2]。其品质的重要指标是风味物质^[3]与蛋白质营养价值。风味包括香味与滋味^[4],香味主要依赖于挥发性风味成分;滋味则取决于其非挥发性呈味物质的种类及含量^[5-7]。杏鲍菇具有独特的滋味,主要归因于其含有的游离氨基酸、5'-核苷酸、可溶性糖(醇)、有机酸等小分子物质^[8]。食用菌品质的优良也可以利用蛋白质营养价值评价体系反映。

目前,杏鲍菇培养基质的主要组成有棉籽壳、木屑、玉米芯、玉米粉、豆粕、米糠、麸皮等等。通常还以少量的糖、石膏粉、碳酸氢钙等为辅料。研究^[9-10]证明,杏鲍菇培养基质组成成分对其产量、生产成本、风味物质和营养价值等品质有着直接的影响。但近期受到国内外环境影响,豆粕、麸皮等氮源价格攀升,急需寻求替代氮源。玉米浆发酵液不仅含有食用菌生长所需的氮源、碳源和生长因子等营养物质,而且价格低廉,来源广泛。研究拟以玉米浆发酵液部分替代麸皮用于培养杏鲍菇,分析不同培养基质组成对杏鲍菇子实体营养价值和呈味物质的影响,旨在为玉米浆的综合利用提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

杂木屑、麸皮、石灰、石膏:武汉周玉麟食用菌研究所;

杏鲍菇菌种、玉米浆发酵液:黑龙江八一农垦大学植物蛋白功能因子研究与开发实验室;

乙酸、酒石酸、苹果酸、乳酸、抗坏血酸、琥珀酸、柠檬酸、延胡索酸、海藻糖、甘露醇和阿拉伯糖标准品:上海源叶生物科技有限公司;

5'-核苷酸(5'-GMP、5'-CMP、5'-UMP、5'-IMP、5'-XMP、5'-AMP)标准品:上海安谱实验科技股份有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

超净工作台:SW-CJ型,苏州安泰空气技术有限公司;

立式压力蒸汽灭菌器: SX-500型,上海天美有限公司;

全温振荡培养箱: ZQZY-C8V型,上海知楚仪器设备有限公司;

氨基酸自动分析仪: LA8080型,日立科学仪器有限

公司;

高效液相色谱: 1200型,美国安捷伦公司。

1.2 方法

1.2.1 培养基质配方 采用常规工厂化培养基质配方为对照组,配方(CK):杂木屑78%、麸皮20%、蔗糖1%、石灰1%、石膏1%。按照与对照组培养基质碳氮比相同的原则,根据前期试验结果确定试验组配方:杂木屑86%、麸皮5%、玉米浆发酵液6%、蔗糖1%、石灰1%、石膏1%。

1.2.2 培养方法 挑取1 cm³大小的菌种接于摇瓶中培养。选用17 cm×35 cm的聚丙烯菌袋,按照常规方法拌料,装袋,套环封口,121℃灭菌2 h。接种后于26℃下发菌,菌丝满袋后开口,开始出菇管理。待菇体成熟采摘。

1.2.3 氨基酸含量测定 随机选取两组各3袋成熟子实体,清洗去泥根,切片。经过冷冻干燥、粉碎处理得到菇粉。氨基酸含量采用氨基酸分析仪测定。

1.2.4 蛋白质营养价值评价

(1) 化学评分(CS):参照文献^[11]。按式(1)计算。

$$c_s = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c_s ——化学评分,%;

m_1 ——试验蛋白质相对氨基酸含量,g;

m_2 ——鸡蛋蛋白质氨基酸含量,g。

(2) 必需氨基酸指数(EAAI)和生物价(BV):采用Seligson等^[12]的方法。EAAI还可以用于计算生物价(BV),按式(2)、式(3)计算。

$$E_{AAI} = \sqrt[n]{\frac{100 \times P_A}{S_A} \times \frac{100 \times P_B}{S_B} \times \dots \times \frac{100 \times P_G}{S_G}}, \quad (2)$$

$$B_V = 1.09 \times E_{AAI} - 11.7, \quad (3)$$

式中:

E_{AAI} ——必需氨基酸指数;

B_V ——生物价;

P ——待测蛋白质中必需氨基酸的含量,%;

S ——标准鸡蛋蛋白中对应必需氨基酸的含量,%;

n ——待测蛋白质中必需氨基酸的个数。

(3) 必需氨基酸相对比值(EAARR):采用赵建幸^[13]的方法,按式(4)计算。

$$E_{AARR} = 1 - \frac{\sum |R - 1|}{n}, \quad (4)$$

式中:

E_{AARR} ——必需氨基酸相对比值;

R ——待测蛋白质中必需氨基酸含量与标准鸡蛋蛋白中对应必需氨基酸含量的比值;

n ——待测蛋白质中必需氨基酸的个数。

(4) 营养指数(NI):采用FAO^[14]提出的方法。按

式(5)计算。

$$N_i = \frac{E_{AAI} \times P_p}{100}, \tag{5}$$

式中：

N_i ——营养指数；

P_p ——蛋白质的百分含量，%。

1.2.5 有机酸含量测定 采用高效液相色谱法^[15]。

1.2.6 可溶性糖醇测定 采用液相色谱法^[16]。

1.2.7 5'-核苷酸测定 采用高效液相色谱法^[17]。

1.2.8 等量鲜味浓度值(EUC)计算 参照文献[18]。采用谷氨酸钠(mono sodium glutamate,MSG)的含量来表示,按式(6)计算。

$$Y = \sum a_i b_i + 1\ 218(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j), \tag{6}$$

式中：

Y ——等量鲜味浓度值,g MSG/100 g；

a_i ——鲜味氨基酸,g/100 g；

a_j ——呈鲜核苷酸含量,g/100 g；

b_i ——呈鲜氨基酸相对谷氨酸的值；

b_j ——呈鲜核苷酸相对 5'-肌苷酸的值；

1 218——协同作用常数。

1.2.9 统计分析 采用 SPSS 22.0、Microsoft Excel 进行统计学分析。

2 结果与讨论

2.1 玉米浆发酵液对杏鲍菇子实体营养价值的影响

2.1.1 氨基酸组成和含量 氨基酸的组成和含量直接决定了食物蛋白质的优良程度。由表 1 可知,试验组杏鲍菇中总氨基酸含量显著高于对照组($P<0.05$)。其中,谷氨酸含量是对照组的 1.30 倍;亮氨酸含量是对照组的 2.00 倍;丙氨酸含量是对照组的 1.21 倍;必需氨基酸含量是对照组的 1.19 倍。试验组氨基酸含量高可能与玉米浆发酵液的加入有关。玉米浆发酵液中含有大量氨基酸和多肽,进入菌丝体中实现了氮的转移。而试验组的苏氨酸、酪氨酸和甘氨酸含量低于对照组,可能是由于氨基酸的不均衡性导致的,与任亚倩等^[19]的研究结果类似。

2.1.2 化学评分(CS) CS 值越接近鸡蛋蛋白模式,蛋白营养价值越高。由表 2 可知,杏鲍菇中苯丙氨酸和酪氨酸含量相对缺乏,是第一限制氨基酸,而亮氨酸、甲硫氨酸和半胱氨酸异常丰富,造成了必需氨基酸的组成平衡性与鸡蛋蛋白模式具有较大差异,所以 CS 值离散度较高。试验组杏鲍菇的 CS 值为 50.31,高于对照组 CS 值 48.93,是对照组的 102.8%,表明其营养价值更高。氨基酸组成的这种不平衡的特性在香菇、金针菇、双孢菇等多种食用菌中均存在^[20]。杏鲍菇可能也存在氨基酸组成不均衡性。

表 1 氨基酸组成与含量[†]

Table 1 The composition of amino acids ($n=3$)

氨基酸	含量/(10^{-2} g·g ⁻¹)	
	对照组	试验组
异亮氨酸	0.917±0.001 ^a	0.891±0.000 ^a
亮氨酸	1.527±0.001 ^b	3.052±0.002 ^a
甲硫氨酸	1.372±0.000 ^a	1.319±0.001 ^a
半胱氨酸	未检出	未检出
苯丙氨酸	0.670±0.000 ^b	0.910±0.000 ^a
酪氨酸	0.394±0.000 ^a	0.275±0.000 ^b
苏氨酸	1.152±0.001 ^a	0.947±0.000 ^b
缬氨酸	1.251±0.001 ^b	1.421±0.000 ^a
赖氨酸	1.039±0.001 ^a	0.770±0.001 ^a
丝氨酸	1.331±0.001 ^a	1.342±0.001 ^a
谷氨酸	2.918±0.002 ^b	3.777±0.002 ^a
甘氨酸	1.867±0.001 ^a	1.636±0.001 ^b
丙氨酸	2.236±0.001 ^b	2.727±0.002 ^a
天门冬氨酸	2.080±0.002 ^b	2.530±0.002 ^a
组氨酸	0.392±0.000 ^b	0.649±0.001 ^a
精氨酸	1.127±0.001 ^a	0.845±0.001 ^a
脯氨酸	1.474±0.001 ^b	2.463±0.002 ^a
必需氨基酸总量	8.322±0.006 ^b	9.959±0.004 ^a
非必需氨基酸总量	13.425±0.008 ^b	15.595±0.012 ^a
总氨基酸含量	21.747±0.014 ^b	25.554±0.016 ^a

[†] 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 2 化学评分(CS)

Table 2 Chemistry score

氨基酸	CS 值	
	对照组	试验组
异亮氨酸	63.89	57.32
亮氨酸	79.80	147.24
蛋氨酸+半胱氨酸	114.71	124.62
苯丙氨酸+酪氨酸	48.93	50.31
苏氨酸	103.86	78.84
缬氨酸	78.81	82.65
赖氨酸	74.66	51.07

2.1.3 必需氨基酸指数(EAAI)和生物价(BV) EAAI 和 BV 是评价蛋白的必需氨基酸和被人体利用的程度。由表 3 可知,在 EAAI 评价模式中,试验组 EAAI 值比对照组的高出 20.52,表明试验组的相对营养价值更高。在 BV 评价模式中,试验组 BV 值比对照组的高出 13.38,一定程度上反映了试验组在人体内的消化吸收率要高于对照组。说明试验组必需氨基酸的含量和组成均有所改善,更利于人体吸收。

表 3 必需氨基酸指数(EAAI)和生物价(BV)
Table 3 Essential amino acid index (EAAI) and biovalent (BV)

组别	EAAI	BV
对照组	143.41	144.61
试验组	163.93	157.99

2.1.4 必需氨基酸相对比值(EAARR)和营养指数(NI)

EAARR 表示越接近 100,蛋白的利用率越高。NI 是综合蛋白质含量与其氨基酸组成双因素来反映蛋白质价值。待测蛋白质 NI 越高,营养价值越高。由表 4 可知,试验组杏鲍菇子实体 EAARR 值大于 1,表示营养相对过剩,对照组 EAARR 值小于 1,表示营养相对不足,且试验组 EAARR 的数值更接近 1,表明试验组营养价值比对照组更高些。试验组杏鲍菇子实体 NI 值比对照组高 9%,表明在该评价体系下,试验组杏鲍菇子实体营养价值相对更高。综合这两个指标,试验组的营养价值均变好,可能是试验组培养基质的氮源更容易被吸收所致。

2.2 玉米浆发酵液对非挥发性呈味物质的影响

2.2.1 可溶性糖和多元醇含量 由表 5 可知,试验组和对照组中杏鲍菇可溶性糖或多元醇含量最高的是海藻糖,其次是甘露醇、葡萄糖,阿拉伯糖含量最低。两组之间,甘露醇、葡萄糖和阿拉伯糖含量差异显著($P<0.05$),其中试验组的阿拉伯糖和甘露醇含量分别是对照组的 1.45,1.37 倍。海藻糖具有温和的甜度可以提高菌菇的品质;甘露醇是唯一检测到的糖醇,其含量对食用菌产生的甜味有直接影响。玉米浆发酵液是含有大量分子量低的肽和大分子蛋白质的速效、长效氮源,可使杏鲍菇子实体

表 4 必需氨基酸相对比值(EAARR)和营养指数(NI)

Table 4 The relative ratio of essential amino acids (EAARR) and Nutrition index (NI)

组别	EAARR	NI
对照组	0.854	28.0
试验组	1.025	30.8

表 5 可溶性糖和多元醇含量[†]

Table 5 The content of soluble sugar and polyol ($n=3$)

可溶性糖醇	单位	含量	
		对照组	试验组
海藻糖	g/100 g	25.58±0.02 ^a	25.36±0.01 ^a
甘露醇	g/100 g	2.75±0.01 ^b	3.76±0.01 ^a
葡萄糖	g/100 g	2.74±0.01 ^b	2.98±0.01 ^a
阿拉伯糖	mg/kg	269.58±0.01 ^b	391.44±0.01 ^a
总量	g/100 g	31.10±0.05 ^b	32.14±0.04 ^a

[†] 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

利用蛋白迅速积累营养量,使子实体可溶性糖或醇含量上升。

2.2.2 有机酸含量 食用菌有机酸与风味物质的形成代谢密切相关。试验从杏鲍菇子实体中检测出 6 种有机酸,见表 6。由表 6 可知,试验组有机酸总含量显著高于对照组($P<0.05$)。有机酸含量升高可能是玉米浆发酵液培养基质中多糖含量丰富,分解糖类时产生大量有机酸。试验组杏鲍菇苹果酸、琥珀酸、酒石酸、抗坏血酸含量均较对照组高,其中苹果酸含量最高,是对照组的 3.1 倍,为主要有机酸;琥珀酸含量比对照组提高了 0.214 mg/kg。琥珀酸与钠盐具有良好的呈鲜效果,同时,参与氨基酸、挥发性酯类以及芳香族化合物的合成,一定程度上影响其他风味物质的合成代谢^[21-23]。其中添加玉米浆组的柠檬酸含量可能是由于柠檬酸参与三羧酸循环被消耗,并生成了氨基酸,与上述试验组氨基酸含量提高的结论相符。

2.2.3 呈味氨基酸 由表 7 可知,杏鲍菇含丰富的呈味氨基酸,其中鲜味氨基酸含量试验组比对照组高 0.309 g/100 g,是对照的 1.06 倍。甜味氨基酸含量试验组比对照组高 1.055 g/100 g,是对照组的 1.13 倍。甜

表 6 有机酸含量[†]

Table 6 The content of organic acid ($n=3$)

有机酸	mg/kg · DW	
	对照组	试验组
苹果酸	792.580±0.040 ^b	2 448.340±0.060 ^a
柠檬酸	1 201.250±0.020 ^a	1 065.080±0.030 ^b
延胡索酸	880.970±0.010 ^a	763.260±0.010 ^b
琥珀酸	0.283±0.001 ^b	0.497±0.001 ^a
酒石酸	0.032±0.000 ^a	0.041±0.001 ^a
抗坏血酸	0.024±0.000 ^b	0.040±0.000 ^a
总量	2 875.139±0.071 ^b	4 277.258±0.101 ^a

[†] 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 7 芳香族氨基酸含量[†]

Table 7 Aromatic amino acid content ($n=3$)

芳香族氨基酸	g/100 g	
	对照组	试验组
鲜味氨基酸(Glu+Asp)	4.998±0.002 ^b	5.307±0.002 ^a
甜味氨基酸(Ala+Gly+Ser+Thr)	8.060±0.005 ^b	9.115±0.003 ^a
苦味氨基酸(His+Ile+Leu+Met+Phe+Val+Arg)	7.256±0.002 ^b	8.087±0.003 ^a
无滋味氨基酸(Cys+Lys+Tyr)	1.433±0.001 ^b	1.955±0.001 ^a
总量	21.747±0.010 ^b	24.187±0.009 ^a

[†] 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

味物质的存在可以掩盖苦味,有助于提升食用菌的整体风味。甜味氨基酸在杏鲍菇子实体中含量最高,甜味氨基酸与鲜味物质相互作用会有提鲜的效果,其趋势与甜味氨基酸总量正相关。经玉米浆发酵液培养后的味道更为鲜美,其原因与上述部分氨基酸含量提高有关。

2.2.4 5'-端核苷酸及 EUC 评价 由表 8 可知,杏鲍菇中检测到 5'-AMP、5'-GMP 和 5'-IMP,3 种 5'-端核苷酸对鲜味有突出贡献作用。5'-核苷酸与谷氨酸钠共同存在时,能增强鲜味协同作用,增加杏鲍菇的鲜味。试验组鲜味核苷酸含量比对照组的高出 0.91 mg/100 g。试验组 EUC 值(595.14 g MSG/100 g)比对照组高出 29.49 g MSG/100 g。Mau 等^[24]将 EUC 划分为 4 个水平,利用该划分标准可直接评价食用菌的呈鲜活性。第 1 水平 EUC > 1 000 g MSG/100 g,第 2 水平为 100~1 000 g MSG/100 g,第 3 水平为 10~100 g MSG/100 g,第 4 水平为 <10 g MSG/100 g。试验杏鲍菇 EUC 值均属于第 2 水平。说明玉米浆发酵液对杏鲍菇鲜味物质含量和 EUC 值有明显的提高作用,可能与玉米浆发酵液培养基质中富含生长因子 B 族维生素有关,参与形成辅酶,催化底物核酸生成核苷酸物质,使核苷酸含量增加^[25]。

表 8 呈鲜核苷酸含量[†]

Table 8 Umami nucleotide content ($n=3$)

	mg/100 g	
呈鲜核苷酸	对照组	试验组
尿嘧啶核苷酸 UMP	51.69±0.01 ^a	49.31±0.01 ^a
鸟嘌呤核苷酸 GMP	16.86±0.00 ^b	19.55±0.00 ^a
次黄嘌呤核苷酸 IMP	1.87±0.00 ^b	2.47±0.00 ^a
鲜味核苷酸 (UMP + GMP + IMP)	70.42±0.00 ^b	71.33±0.00 ^a
胞嘧啶核苷酸 CMP	132.89±0.06 ^b	161.63±0.04 ^a
腺嘌呤核苷酸 AMP	42.10±0.01 ^b	47.09±0.01 ^a
总核苷酸	245.41±0.08 ^b	280.05±0.06 ^a

[†] 同行字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

3 结论

采用玉米浆发酵液部分替代传统培养杏鲍菇基质中的氮源,能显著提高杏鲍菇子实体营养价值和挥发性呈味物质含量。其中杏鲍菇子实体营养价值评价体系化学评分、必需氨基酸指数、生物价、必需氨基酸相对比值及营养指数水平显著提高,说明杏鲍菇子实体营养价值提高。同时,杏鲍菇子实体呈鲜、呈甜氨基酸、可溶性糖或醇、有机酸、呈鲜 5'-核苷酸含量和等量鲜味浓度值也显著提高。有关玉米浆发酵液对杏鲍菇挥发性香气物质的影响还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 姜未公, 刘晓兰. 毛霉水解玉米浆制备植物蛋白调味液的条件初探[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2019, 35(2): 68-72.
JIANG Wei-gong, LIU Xiao-lan. Study on the conditions for the preparation of vegetable protein seasoning liquid by hydrolysis corn pulp by *Trichoderma*[J]. Journal of Qiqihar University (Natural Science Edition), 2019, 35(2): 68-72.
- [2] 高学峰, 李华, 杨继红, 等. 不同葡萄品种枝条培养料对杏鲍菇生长的影响[J]. 北方园艺, 2015(5): 163-166.
GAO Xue-feng, LI Hua, YANG Ji-hong, et al. Effects of different grape varieties' branch cultivation materials on the growth of *Pleurotus eryngii*[J]. Northern Horticulture, 2015(5): 163-166.
- [3] 王小红, 钱弊, 张卫明. 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.
WANG Xiao-hong, QIAN Bi, ZHANG Wei-ming. Research progress on flavor components in edible fungus[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2015(5): 163-166.
- [4] 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.
YOU Xing-yong, YANG Yong, LI Yan-ping. The studies of nonvolatile taste compounds of edible fungi[J]. China Condiment, 2008(8): 32-35, 47.
- [5] 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.
LI Xia, LIU Shang-jun, ZHANG Hao. Study on enzymatic extraction of flavor substance from *lentinus edodes* using cellulase[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 33(1): 34-37.
- [6] 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.
- [7] 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.
CHU Yan-pei, ZHANG Jiu-kui. Study on the clearly defining the concept of food flavour ingredients[J]. China Condiment, 2010, 35(9): 22-25.
- [8] 温泉, 王锡昌. 食用菌风味物质的研究及应用进展[J]. 长江大学学报(自科版)农学卷, 2006, 3(4): 211-213, 229, 9.
WEN Quan, WANG Xi-chang. Research and application progress of flavor compounds of edible fungi[J]. Journal of Yangtze University (Nat Sci Edit), 2006, 3(4): 211-213, 229, 9.
- [9] 袁滨, 徐丽红, 连燕萍, 等. 不同培养基质对杏鲍菇产量及品质的影响[J]. 热带农业科学, 2020, 40(4): 31-36.
YUAN Bin, XU Li-hong, LIAN Yan-ping, et al. Effects of different culture substrates on yield and quality of *Pleurotus eryngii*[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2020, 40(4): 31-36.
- [10] 李润, 杨焱, 刘晓风, 等. 食用菌风味影响因素及其评价研究进展[J]. 食用菌学报, 2020, 27(4): 202-214.
LI Run, YANG Yan, LIU Xiao-feng, et al. Research progress on influential factors and evaluation of edible fungi flavor[J]. Acta

- Edulis Fungi, 2020, 27(4): 202-214.
- [11] 陆欢, 王瑞娟, 刘建雨, 等. 不同品种金针菇的营养成分分析与评价[J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 69-75.
- LU Huan, WANG Rui-juan, LIU Xiao-feng, et al. Analysis and evaluation of nutrient components in Different Varieties of *Flammulina velutipes*[J]. Food & Machinery, 2021, 37(6): 69-75.
- [12] SELIGSON F H, MACKEY L N. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern[J]. The Journal of Nutrition, 1984, 114(4): 682-691.
- [13] 赵建幸. 蛋白质营养评价新方法的研究: 必需氨基酸相对比值法[J]. 食品工业, 1991(5): 38-40.
- ZHAO Jian-xing. Study on a new method of protein nutrition evaluation: The relative ratio of essential amino acids[J]. The Food Industry, 1991(5): 38-40.
- [14] Food and Agricultural Organization of the United Nations. Amino acid content of foods and biological data on proteins[J]. Nutritional Studies, 1970, 24: 5-6.
- [15] 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, 166.
- CHEN Wan-chao, YANG Yan, FENG Jie, et al. Analysis and evaluation of flavor components of *lentinus edodes* from different producing areas[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(8): 152-157, 166.
- [16] 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.
- ZHOU Shuai, LIU Yan-fang, TANG Qing-jiu. Determination of arabinol, trehalose and mannitol in the fruit bodies of edible fungi using high performance anion chromatography-pulsed amperometric detection (HAPEC-PAD)[J]. Acta Edulis Fungi, 2011, 18(1): 49-52.
- [17] 杨华, 孙素玲, 陈维虎, 等. 浙东白鹅与朗德鹅肌肉营养成分比较与评价[J]. 食品与机械, 2020, 36(12): 28-33.
- YANG Hua, SUN Su-ling, CHEN Wei-hu, et al. Comparison and evaluation of muscle nutrition components between East Zhejiang white geese and landes geese[J]. Food & Machinery, 2020, 36(12): 28-33.
- [18] 于海龙, 李玉, 陈万超, 等. 不同品种干制香菇子实体等鲜浓度值差异分析[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 171-175.
- YU Hai-long, LI Yu, CHEN Wan-chao, et al. Analysis of differential EUC in dried fruiting bodies of different cultivars of *lentinus edodes*[J]. Food Science, 2018, 39(4): 171-175.
- [19] 任亚倩, 刘鑫, 刘兴建, 等. 以大米为基质培养杏鲍菇的营养成分分析及评价[J]. 食药菌, 2021, 29(2): 157-160.
- REN Ya-qian, LIU Xin, LIU Xing-jian, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of *Pleurotus eryngii* cultivated by rice substrate[J]. Edible and Medicinal Mushrooms, 2021, 29(2): 157-160.
- [20] 陈惜燕, 蒲鹏, 康靖全, 等. 8种食用菌游离氨基酸的组成及含量比较[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(5): 183-190.
- CHEN Xi-yan, PU Peng, KANG Jing-quan, et al. Comparison of composition and content of free amino acids in eight kinds of edible mushrooms[J]. Journal of Northwest A & F University (Nat Sci Ed), 2017, 45(5): 183-190.
- [21] 谷延泽. 白灵菇与杏鲍菇蛋白质的营养评价[J]. 河南农业, 2010(14): 50-51.
- GU Yan-ze. Nutritional evaluation of protein in *Pleurotus nebroidensis* and *Pleurotus eryngii*[J]. Agriculture of Henan, 2010(14): 50-51.
- [22] 江枝和, 翁伯琦, 林勇. 不同培养料对杏鲍菇子实体蛋白质营养的影响[J]. 西南农业大学学报, 2003(2): 147-149.
- JIANG Zhi-he, WENG Bo-qi, LIN Yong. Effects of different culture media on protein nutrition of *Pleurotus eryngii* fruitbody[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2003(2): 147-149.
- [23] 曹世宁, 陈相艳, 崔文甲, 等. 食用菌中呈味物质的研究进展[J]. 食品工业, 2016, 37(3): 231-234.
- CAO Shi-ning, CHEN Xiang-yan, CUI Wen-jia, et al. Research progress of flavor substances in edible fungi[J]. The Food Industry, 2016, 37(3): 231-234.
- [24] MAU J L, CHY 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: 4 726-4 729.
- [25] 党晓鹏. 维生素 B₆与畜禽蛋白质代谢[J]. 湖南饲料, 2016(2): 36-38.
- DANG Xiao-peng. Vitamin B₆ and protein metabolism of livestock and poultry[J]. Hunan Feed, 2016(2): 36-38.

(上接第 39 页)

- [31] 潘明芳. 植物乳杆菌 ZDY2013 对小鼠胃肠道微生态的影响及其对幽门螺杆菌感染的预防作用[D]. 南昌: 南昌大学, 2016: 1-2.
- PAN Ming-fang. Modulation of the mice gastrointestinal microbiota by *Lactobacillus plantarum* ZDY 2013 and its preventive effects against *Helicobacter pylori* infection[D]. Nanchang: Nanchang University, 2016: 1-2.
- [32] 华中一, 李洪梅, 孙建辉, 等. 鲜天麻提取物对小鼠肠道菌群结构的影响[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(5): 1 004-1 009.
- HUA Zhong-yi, LI Hong-mei, SUN Jian-hui, et al. Effect of fresh *Gastrodia elata* on gut microbiota in mice[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2019, 44(5): 1 004-1 009.
- [33] 何景江. 荞麦抗性淀粉对肠道菌群影响的研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2017: 18-19.
- HE Jing-jiang. Study on the effect of buckwheat resistant starch on intestinal flora[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2017: 18-19.