

引文格式: 张振文, 姚方杰, 张作达, 等. 基于木薯茎秆屑栽培的黑木耳品质评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(2): 330–335. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202106008

基于木薯茎秆屑栽培的黑木耳品质评价*

张振文^{1,2}, 姚方杰², 张作达³, 林立铭¹, 余厚美¹, 王琴飞¹, 李开绵^{1,3**}

(1. 中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所, 国家薯类加工技术研发分中心, 海南海口 571101;

2. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 3. 海南大学 热带作物学院, 海南海口 570228)

摘要:【目的】评价和筛选适合于木薯茎秆屑基料栽培的黑木耳品系。【方法】利用高效液相色谱技术分析 10 个黑木耳品系的品质指标, 采用贴近度和氨基酸评价法比较分析其营养品质。【结果】10 个品系的黑木耳在木薯茎秆屑基料中生长良好, 平均袋产量 (518.41 ± 25.90) g, 其中 C67 的袋产量最高 $[(766.00 \pm 38.30)$ g]; 从品质指标看, C67 的总糖含量最高 $[(37.87 \pm 2.27)$ mg/g], AC11 的海藻糖和葡萄糖含量均为最低, 分别为 (18.89 ± 1.06) 和 (4.82 ± 0.13) mg/g。从贴近度看, 10 个品系黑木耳蛋白质含量与全鸡蛋蛋白质含量的贴近度为 0.678~1.040, 其中 C26 的贴近度最高, 与全鸡蛋蛋白的营养水平相当。氨基酸评价结果显示: 有 5 个品系黑木耳的 5 种氨基酸 RC 值大于 1, 说明该氨基酸相对过剩, 多数品系异亮氨酸和色氨酸为第 1 或第 2 限制氨基酸; SRC 值分析表明: C26 的氨基酸营养品质最佳。【结论】木薯茎秆屑代料栽培黑木耳具有较好的可行性, 但存在品系间适应性和营养品质的显著差异问题, 栽培前需要注意筛选适宜的黑木耳品系。

关键词: 木薯茎秆; 黑木耳; 氨基酸; 品质评价

中图分类号: S646.604.7

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2022) 02-0330-06

Evaluation on the Quality of *Auricularia auriculas* Based on Dust of Cassava Stalks

ZHANG Zhenwen^{1,2}, YAO Fangjie², ZHANG Zuoda³, LIN Liming¹,

YU Houmei¹, WANG Qinfei¹, LI Kaimian^{1,3}

(1. Tropical Crops of Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, National Potato Processing R&D Center, Haikou 571101, China; 2. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3. College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: [Purpose] To evaluate and screen the black fungus (*Auricularia heimuer*) lines which were suitable for cultivation based on dust of cassava stalks. [Methods] HPLC technique was used to detect for ten lines of black fungus, the close degree and evaluation of amino acids were evaluated for their nutritional quality. [Results] Ten lines of black fungus grew well with an average per bag yield of (518.41 ± 25.90) g, and the highest per bag yield was C67 $[(766.00 \pm 38.30)$ g]. In terms of quality indexes, the total sugar content of C67 was the highest $[(37.87 \pm 2.27)$ mg/g], while the trehalose and glucose contents of AC11 were the lowest, which were (18.89 ± 1.06) and (4.82 ± 0.13) mg/g.

收稿日期: 2021-06-15

修回日期: 2022-02-24

网络首发日期: 2022-03-22

*基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFF0213502-4); 国家木薯产业技术体系 (CARS-11-HNZZW)。

作者简介: 张振文 (1975—), 男, 福建诏安人, 博士, 研究员, 主要从事农产品采后与贮藏研究。

E-mail: scuta96@163.com

**通信作者 Corresponding author: 李开绵 (1964—), 男, 海南儋州人, 学士, 研究员, 主要从事遗传育种研究。E-mail: likaimian@sohu.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20220319.2056.002.html>



respectively. The close degree of proteins contents of ten lines of black fungus and whole egg proteins were from 0.678 to 1.040, and the index of C26 was the highest, which was similar to the nutritional level of whole egg. Evaluation results of amino acids showed that the RC value of five kinds of amino acids in five black fungus lines was greater than one, which was showed amino acids were excessive, while the isoleucine and tryptophan were the 1st or the 2nd limiting amino acid among black fungus. The SRC value analysis showed that the amino acid nutritional quality of C26 was the best.

[**Conclusion**] It is feasible to cultivate black fungus cultivated based on dusts of cassava stalks, but there are significant differences in adaptability and nutritional quality between lines of black fungus, so it is necessary to select adaptable black fungus lines before cultivation.

Keywords: cassava stalks; *Auricularia heimuer*; amino acid; quality evaluation

食用菌被联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization, FAO) 评为健康食品, 中国是食用菌栽培最早的国家。据报道, 2019 年中国食用菌总产量达 3 933.87 万 t, 占全球总产量的 70%^[1]; 其中, 黑木耳为第二大食用菌, 主要分布于黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古等地^[2]。黑木耳 (*Auricularia heimuer*) 为担子菌亚门 (Basidiomycotina) 木耳目 (Auriculariales) 木耳科 (Auriculariaceae) 木耳属 (*Auricularia*) 真菌, 同属的 10 余种真菌中以黑木耳的营养价值最高。黑木耳富含多种氨基酸 (包括 8 种人体必需氨基酸), 矿物质元素铁和钙含量分别是肉类食品的 70~100 倍, 是一种药食同源的优质原料, 是人类健康饮食的重要食物^[3-5]; 黑木耳还具有很好的保健功能, 包括抗氧化、降血脂和提高免疫力等药理及生理功能^[5-6]。黑木耳多糖和氨基酸组成是影响黑木耳功能的关键^[7-8]。段木栽培是黑木耳的传统栽培方式, 而南方木材来源十分有限, 导致“北耳南扩”受到一定影响。因此, 利用南方充裕的热带作物副产物作为栽培的生物质料是拓展“北耳南扩”的主要方法^[9]。

木薯 (*Maihot seculenta* Crantz) 是大戟科 (Euphorbiaceae) 植物, 是世界三大薯类作物之一, 也是中国南方重要的粮饲兼用作物, 主要分布于广西、广东和海南等华南地区。据估算, 华南地区每年产生近 300 万 t 木薯茎秆, 其中 90% 以上被丢弃在田间, 不仅浪费资源, 也给生态环境带来诸多负面影响。研究表明: 木薯茎秆具有适合食用菌生长的碳氮比和丰富的矿物质^[10], 是食用菌栽培的理想基质。因此, 本研究以 10 个黑木耳品系为研究对象, 利用木薯茎秆屑为主要栽培基料栽培黑木耳, 并对栽培的黑木耳品质进行评

价, 筛选出适合林下立体栽培的黑木耳品系, 为木薯茎秆栽培黑木耳技术的应用推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黑木耳菌种来源于吉林农业大学园艺学院, 分别是 C11、C18、C26、C67、C68、C117、C217、C617、AC11 和 AP 品系。栽培基料配方包括木薯秆屑 46.8%、杂木屑 31.2%、麦麸 20%、石灰 1%、石膏 1% 和适量水, 搅匀后使基料含水量为 (58±2)%, 以手轻捏培养料有水渗出但不外滴为准, 然后装袋, 压紧, 每袋料湿质量 1.0~1.1 kg; 灭菌和接种后备用。每个品系设置 100 个菌袋。

1.2 发菌和栽培管理

发菌条件和出菇管理方法参考王琴飞等^[11]的方法。发菌: 在 22~25 ℃ 环境下遮光发菌约 25 d, 待发白的菌丝长满代料后准备扎孔出耳; 催芽: 用干净的扎孔器给代料扎孔 6~8 排, 开口直径 0.3~0.4 cm, 开口数 180~220 个, 放置于温度 20~25 ℃、相对湿度 80% 条件下催芽约 10 d; 出耳: 菌丝封住催芽孔后 (即耳线形成) 于室外温度 20~25 ℃、相对湿度 80%~85% 的遮阴或林下出耳, 每天自动淋水约 5 次, 每次 10 min; 摘耳: 室外出耳约 15 d 即可摘耳。

1.3 检测指标及方法

每个品系选取 30 个菌袋为调查对象, 黑木耳采收后先自然晾干, 70 ℃ 烘干至恒质量或晒干, 用样品粉碎机粉碎, 过 100 目筛, 贮藏于 4~8 ℃ 条件下备用。参考 GB 5009.3—2016^[12]的方法测定含水量; 采用蒽酮比色法^[13]测定总糖含

量;参考王琴飞等^[1]的方法测定海藻糖含量;参考 GB 5009.124—2016^[14]的方法测定氨基酸含量。蛋白质评价包括贴近度和氨基酸评价。参考彭裕红^[15]的方法计算氨基酸贴近度;参考朱圣陶等^[16]的方法进行氨基酸评价,分别计算各品系的氨基酸比值 (ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数 (ratio coefficient of amino acid, RC) 和比值系数分 (score of RC, SRC)。RAA=1 表示样品必需氨基酸含量与 FAO/WHO 推荐含量^[16]一致;RAA 大于 1 表示样品必需氨基酸含量优于 FAO/WHO 推荐含量。SRC 表示样品蛋白质的氨基酸组成与 FAO/WHO 推荐含量^[16]的差异,变异系数 (CV)=0 时,表示两者一致,此时 SRC 值为 100;CV 值越大,则 SRC 值越小,表示样品蛋白质营养品质与推荐模式相差越远。各指标的计算公式为:

$$RAA = \frac{\text{样品中氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO 评分标准模式相应氨基酸含量}};$$

$$RC = \frac{\text{样品中氨基酸 RAA}}{\text{氨基酸 RAA 平均值}};$$

$$SRC = 100 - CV \times 100。$$

1.4 数据统计分析

使用 Excel 2010 和 Origin 8.5 进行数据处理。

2 结果与分析

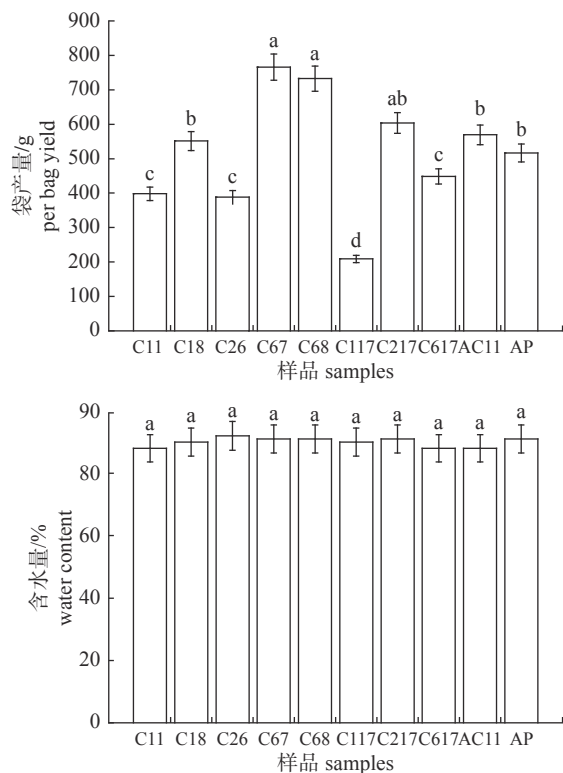
2.1 产量和含水量比较

由图 1 可知: C67 的袋产量最高,达 (766.00±38.30) g, 其次是 C68[(732.60±36.30) g], 而 C117 品系的产量显著低于其他品系, 仅为 (209.10±10.50) g, 各品系平均袋产量达 (518.41±25.90) g。此外, 各品系的含水量在 87.79%~92.00% 之间, 含水量 90% 以上的品系有 7 个, 其中 C26 的含水量最高, 达 (92.0±4.6)%, 而 AC11 品系含水量最低。

2.2 品质分析

由图 2 可知: C67 的总糖含量最高, 达 (37.87±2.27) mg/g, 其次是 C18[(35.05±4.04) mg/g], 两者均显著高于其他品系; C217 的总糖含量最低, 仅为 (22.881±3.16) mg/g。此外, C67 的海藻

糖含量最高, 达 (54.28±0.63) mg/g; AC11 的最低, 仅为 (18.89±1.06) mg/g。C11 的葡萄糖含量最高, 达 (18.58±0.31) mg/g; AC11 的最低, 仅为 (4.82±0.13) mg/g。



注: 不同小写字母表示各品系间差异显著 ($P<0.05$); 下同。

Note: Different lowercase letters mean significant difference among each lines ($P<0.05$); the same as below.

图 1 黑木耳产量和含水量

Fig. 1 Yield and water content of black fungus

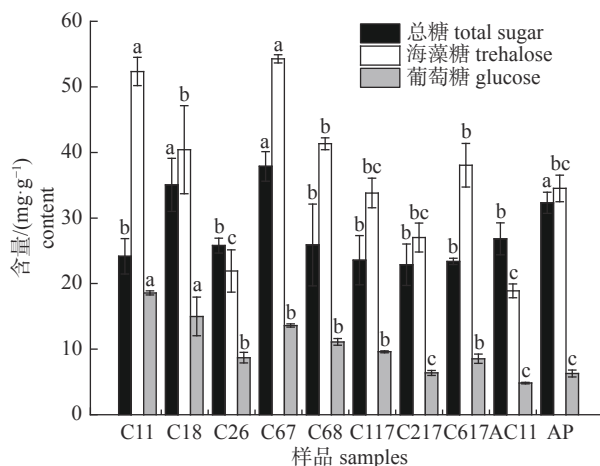


图 2 黑木耳总糖、海藻糖和葡萄糖含量 (DW)

Fig. 2 Total sugar, trehalose and glucose contents of black fungus (DW)

2.3 贴适度分析

由表 1 可知: 10 个黑木耳品系中, C26 的总氨基酸含量最高, 达 1934.12 mg/g, C617 品系总氨基酸含量最低, 仅为 808.00 mg/g。由表 2 可

知: 10 个黑木耳品系与全鸡蛋蛋白的贴适度在 0.678~1.040 之间, 平均为 0.823, 其中 C26 与全鸡蛋蛋白的贴适度最高, 与全鸡蛋蛋白的营养水平相当; 而 C117 与全鸡蛋蛋白的贴适度最低。

表 1 黑木耳氨基酸含量
Tab. 1 Amino acid content of black fungus mg/g

氨基酸 amino acid	C11	C18	C26	C67	C68	C117	C217	C617	AC11	AP
天冬氨酸 Asp	188.28	174.79	208.24	96.98	120.11	78.33	127.10	74.43	86.10	130.86
丝氨酸 Ser	103.14	101.84	119.71	64.38	79.35	55.56	75.56	45.72	51.35	68.69
谷氨酸 Glu	207.89	198.20	246.76	136.49	164.13	104.72	144.38	76.38	101.40	167.57
甘氨酸 Gly	89.44	87.55	108.24	62.17	74.18	50.83	71.78	47.67	49.79	81.71
丙氨酸 Ala	139.66	132.84	160.29	75.43	101.36	60.28	100.66	57.98	67.17	96.81
半胱氨酸 Cys	14.50	15.20	19.12	15.47	14.40	18.89	14.84	17.00	10.89	21.61
组氨酸 His	312.37	319.80	424.41	342.62	294.57	288.89	323.56	262.60	274.64	380.74
酪氨酸 Tyr	41.90	33.74	37.06	14.64	22.55	13.06	20.78	14.77	11.93	31.38
精氨酸 Arg	71.18	69.31	90.59	38.13	49.18	28.61	47.77	23.14	27.23	55.07
脯氨酸 Pro	81.65	63.53	80.00	22.66	41.30	0.00	42.91	0.00	18.67	25.46
天冬酰胺 Asn	0.53	0.09	1.03	0.89	1.21	0.46	0.68	0.16	0.26	0.00
谷氨酰胺 Gln	45.94	30.94	23.89	25.31	22.13	27.31	42.88	47.06	24.44	51.06
缬氨酸 Val*	50.23	44.08	45.29	15.47	24.18	13.06	25.64	12.82	16.86	20.72
蛋氨酸 Met*	28.47	30.40	35.29	31.22	30.71	25.56	28.61	28.43	19.71	34.05
异亮氨酸 Ile	28.47	27.05	29.71	14.37	16.58	12.78	18.35	12.27	11.41	18.06
亮氨酸 Leu	95.89	85.12	98.24	37.41	55.43	30.00	56.67	30.11	37.60	51.52
苯丙氨酸 Phe	58.28	48.03	57.94	17.13	29.89	9.72	31.03	14.50	18.15	28.13
赖氨酸 Lys	70.91	68.09	80.59	31.22	47.28	25.00	46.42	20.35	28.79	36.12
苏氨酸 Thr	61.24	50.77	58.82	18.79	30.43	14.72	30.49	17.28	19.97	29.01
色氨酸 Trp	4.85	5.28	8.90	8.78	4.07	4.43	5.19	5.33	5.68	6.33
合计 total	1694.82	1586.65	1934.12	1069.56	1223.04	862.21	1255.30	808.00	882.04	1334.90

注: “*”表示必需氨基酸; 下同。
Note: “*” means essential amino acid; the same as below.

表 2 黑木耳的贴适度
Tab. 2 Close degree between of black fungus

品系 lines	贴适度 close degree	品系 lines	贴适度 close degree
C11	0.974	C117	0.678
C18	0.945	C217	0.829
C26	1.040	C617	0.689
C67	0.735	AC11	0.711
C68	0.825	AP	0.808

2.4 氨基酸评分

由表 3 可知: C11、C18 和 C26 的必需氨基酸中, 除异亮氨酸和色氨酸含量略低于 FAO/WHO 推荐氨基酸含量^[16]外, 其他氨基酸含量均优于 FAO/WHO 推荐含量; 其他品系的样品必需

氨基酸含量与 FAO/WHO 推荐含量相差较大, 仅有蛋氨酸+半胱氨酸含量整体优于 FAO/WHO 推荐含量。

进一步计算 RC 值, 结果 (表 4) 显示: C11、C18 和 C26 等 5 个品系中有 5 种氨基酸 RC 值大于 1, 说明与 FAO/WHO 氨基酸标准相比, 该氨基酸相对过剩; C117、C617 和 AP 中多数的氨基酸 RC 值小于 1, 说明该品系的氨基酸相对不足。各品系中, 异亮氨酸均为第 1 或第 2 限制氨基酸。

由表 5 可知: C26 品系的 SRC 值最大, 为 72.5, 营养较好, 比较接近 FAO/WHO 提出的标准营养模式; 而 C617 品系的氨基酸 CV 值最大 (0.641), 表明其 SRC 值分布较分散, 营养价值离

表 3 黑木耳的氨基酸 RAA 值
Tab. 3 RAA value of amino acid of black fungus

氨基酸 amino acid	FAO/WHO推荐氨基酸 含量/(mg·g ⁻¹) ^[16]	黑木耳品系 black fungus lines									
		C11	C18	C26	C67	C68	C117	C217	C617	AC11	AP
异亮氨酸 Ile*	40	0.71	0.68	0.74	0.36	0.41	0.32	0.46	0.31	0.29	0.45
亮氨酸 Leu*	70	1.37	1.22	1.40	0.53	0.79	0.43	0.81	0.43	0.54	0.74
赖氨酸 Lys*	55	1.29	1.24	1.47	0.57	0.86	0.45	0.84	0.37	0.52	0.66
蛋氨酸*+半胱氨酸 Met*+Cys	35	1.23	1.30	1.55	1.33	1.29	1.27	1.24	1.30	0.87	1.59
苯丙氨酸*+酪氨酸 Phe*+Tyr	60	1.67	1.36	1.58	0.53	0.87	0.38	0.86	0.49	0.50	0.99
苏氨酸 Thr*	40	1.53	1.27	1.47	0.47	0.76	0.37	0.76	0.43	0.50	0.73
缬氨酸 Val*	50	1.00	0.88	0.91	0.31	0.48	0.26	0.51	0.26	0.34	0.41
色氨酸 Trp*	10	0.49	0.53	0.89	0.88	0.41	0.44	0.52	0.53	0.57	0.63

表 4 黑木耳的 RC 值
Tab. 4 RC value of black fungus

氨基酸 amino acid	C11	C18	C26	C67	C68	C117	C217	C617	AC11	AP
异亮氨酸 Ile	0.613 ^{##}	0.638 ^{##}	0.593 [#]	0.577 ^{##}	0.564 ^{##}	0.651 ^{##}	0.611 [#]	0.596 ^{##}	0.553 [#]	0.583 ^{##}
亮氨酸 Leu	1.180	1.148	1.121	0.858	1.077	0.874	1.077	0.836	1.042	0.950
赖氨酸 Lys	1.110	1.169	1.170	0.912	1.170	0.927	1.123	0.720	1.015	0.848
蛋氨酸*+半胱氨酸 Met+Cys	1.057	1.230	1.242	2.142	1.753	2.589	1.652	2.525	1.696	2.052
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.438	1.287	1.265	0.850	1.189	0.774	1.149	0.949	0.972	1.280
苏氨酸 Thr	1.319	1.198	1.175	0.754	1.035	0.750	1.015	0.840	0.968	0.936
缬氨酸 Val	0.865	0.832	0.724	0.497 [#]	0.658	0.532 [#]	0.682 ^{##}	0.499 [#]	0.654 ^{##}	0.535 [#]
色氨酸 Trp	0.418 [#]	0.499 [#]	0.711 ^{##}	1.410	0.554 [#]	0.902	0.690	1.036	1.100	0.816

注：“#”为第1限制氨基酸；“##”为第2限制氨基酸。
Note: “#” means the 1st limiting amino acid; “##” means the 2nd limiting amino acid.

表 5 黑木耳的 SRC 值
Tab. 5 SRC value of black fungus

品系 lines	CV值 CV value	SRC值 SRC value	品系 lines	CV值 CV value	SRC值 SRC value
C11	0.348	65.20	C117	0.656	34.43
C18	0.301	69.90	C217	0.342	65.80
C26	0.275	72.50	C617	0.641	35.90
C67	0.534	46.60	AC11	0.342	65.80
C68	0.405	59.50	AP	0.484	51.60

标准模式氨基酸的营养价值相差较远。

3 讨论

目前，从基料上分，黑木耳栽培有段木栽培和代料栽培；从栽培方式分，有全日露天栽培、林下挂袋栽培和设施栽培等。随着“北耳南扩”的需要，高温型黑木耳林下或设施代料栽培成为新的发展模式^[2,17-18]，且栽培的黑木耳有较好的营养品质^[4,19]。本研究表明：利用木薯茎秆为栽培基料

开展林下立体栽培，多数品系生长迅速，袋产量最高达 766.00 g，产量稳定，具有较好的可行性。从品质看，10 个黑木耳品系的总糖、海藻糖、葡萄糖和氨基酸含量均有一定差异，说明各品系存在对木薯茎秆基料适应性的差异，这可能是由于各品系黑木耳的胞外酶活性存在差异所导致^[20]。可见，筛选合适的菌种是代料栽培黑木耳的关键^[9,21-23]，且用木薯茎秆屑栽培的黑木耳其总糖、海藻糖和葡萄糖含量高于其他研究报道^[11]，说明木薯茎秆屑代料栽培黑木耳有一定的品质优势，这为木薯产区木薯茎秆的综合利用提供新的方式，具有较大发展潜力^[24-26]。

蛋白质和氨基酸评价是食物营养品质评价的主要方法。1973 年，FAO/WHO 共同推荐使用标准模式评价食物氨基酸比例，以此表示食物的营养价值，国内也广泛应用^[16,27-30]。本研究采用同样的评价方法对 10 个黑木耳品系的蛋白质和氨基酸进行评价，结果发现多数品系符合 FAO/

WHO 推荐的评价标准,部分品系的蛋白营养水平接近甚至超过全鸡蛋蛋白,且多数品系的氨基酸 RC 值>1,说明多数黑木耳的氨基酸含量相对丰富,只有少部分的氨基酸相对不足(RC<1)。从 SRC 评分还发现,异亮氨酸均为第1或第2限制氨基酸,据报道,植物蛋白质来源丰富,但许多植物蛋白的主要限制氨基酸是赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸^[31]。可见,黑木耳作为日常膳食营养补充是可行的。

4 结论

利用 46.8% 的木薯茎秆屑代料栽培黑木耳具有较好的可行性,但存在品系间适应性和营养品质的差异问题,木薯茎秆屑代料栽培黑木耳需要注意筛选适宜的黑木耳品系。

[参考文献]

- [1] 李江宇,迟蔚,刘斌,等.我国黑木耳产业经济发展现状及生产效益对比分析[J].食用菌,2019,41(6): 6. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8357.2019.06.002.
- [2] 胡笛,周杰.食用菌产业经济服务乡村振兴战略路径[J].中国食用菌,2021,40(2): 110. DOI: 10.13629/j.cnki.53-1054.2021.02.020.
- [3] 马腾茂.常见食用菌药理作用研究进展[J].中国果菜,2019,39(2): 39. DOI: 10.19590/j.cnki.1008-1038.2019.02.010.
- [4] 李瑞雪,汪泰初,王钰婷,等.3种黑木耳营养成分比较分析[J].农学学报,2018,8(3): 48.
- [5] 吕邵娃,单常芮,刘磊,等.黑木耳药理作用研究进展[J].食品与药品,2020,22(2): 154. DOI: 10.3969/j.issn.1672-979X.2020.02.015.
- [6] 王春亮,王运土.黑木耳多糖联合益生菌对高强度运动后免疫功能的调节作用[J].中国食用菌,2020,39(5): 212. DOI: 10.13629/j.cnki.53-1054.2020.05.062.
- [7] 赵鑫.黑木耳分级多糖抗氧化活性及其相关生理功能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [8] 屈咪,朱雨燕,周英骏,等.黑木耳多糖的消化产物对免疫功能的影响[J].食品科技,2021,46(4): 149. DOI: 10.13684/j.cnki.spkj.2021.04.023.
- [9] 王秋灵.黑木耳代料栽培替代基质开发及菇床废料资源化利用[D].杭州:浙江大学,2011.
- [10] DEWI P, INDRATI R, MILATI R, et al. Process design for bioconversion of cassava stalk through solid substrate fermentation[J]. Journal of Physics, 2020, 1567: 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1567/3/032054.
- [11] 王琴飞,蔡坤,林立铭,等.木薯茎秆基质比例对3种食用菌海藻糖含量的影响[J].食品科学,2016,37(18): 102. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201618017.
- [12] GB 5009.3—2016.食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
- [13] 陈琳.植物生物学教程[M].北京:农业科学技术出版社,2010.
- [14] GB 5009.124—2016.食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
- [15] 彭裕红.段木黑木耳与代料黑木耳产品质构分析与营养评价[J].中国食用菌,2019,38(3): 50. DOI: 10.13629/j.cnki.53-1054.2019.03.010.
- [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.
- [17] 姚方杰,张友民,陈影.我国黑木耳产业发展形势[J].北方园艺,2010(18): 209.
- [18] 景全荣,徐名汉,刘天舒,等.袋栽食用菌生产关键装备现状及发展趋势[J].农业工程,2020,10(4): 11. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1795.2020.04.003.
- [19] 陈雪凤,韦仕岩,吴圣进,等.不同黑木耳菌株的营养成分分析比较[J].食用菌,2016,38(2): 72. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8357.2016.02.037.
- [20] 耿丹萌.河北省主产区黑木耳品比研究及菌糠综合利用[D].保定:河北大学,2019.
- [21] 蔡雪涛,杜云昌,杨治明.不同木屑栽培对黑木耳品质的影响[J].中国食用菌,2012,31(1): 58. DOI: 10.13629/j.cnki.53-1054.2012.01.022.
- [22] 王晓丹.黑木耳栽培菌株比较试验[J].食药用菌,2019,27(1): 63.
- [23] 刘岩岩,李红,刘国丽,等.辽宁省主栽的14个黑木耳菌株品种初筛[J].中国食用菌,2020,39(4): 10. DOI: 10.13629/j.cnki.53-1054.2020.04.003.
- [24] 苏启苞.木薯秆屑、木薯渣栽培杏鲍菇的研究[J].中国食用菌,2007,26(3): 22. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8310.2007.03.007.
- [25] 韦仕岩,吴国平.木薯酒精渣栽培平菇、姬菇、茶树菇的试验[J].食用菌,2007,29(4): 31. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8357.2007.04.021.
- [26] 应雨呈,叶晓菊,胡国桃,等.南方代料栽培黑木耳模式的关键技术[J].食药用菌,2020,28(2): 128.
- [27] 王楠,王伟,刘彩琴,等.甲鱼蛋白质各组分的营养价值分析[J].食品工业科技,2015,36(8): 343. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.08.063.
- [28] 林忠宁,陈敏健,刘明香,等.双孢蘑菇菌脚氨基酸含量的测定及营养评价[J].氨基酸和生物资源,2011,33(4): 20. DOI: 10.14188/j.ajsh.2011.04.002.
- [29] 刘凯,徐东坡,段金荣,等.太湖秀丽白虾抱卵群体生物学特征及肌肉营养成分[J].上海海洋大学学报,2009,18(6): 695.
- [30] 江潇潇,叶宇飞,章豪,等.鸡蛋清、鸡蛋黄中17种氨基酸成分比较[J].浙江农业科学,2015,56(9): 1498. DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20150952.
- [31] 李群堂.天然食物营养治病[M].石家庄:河北科学技术出版社,2006.

责任编辑:何馨成