

水稻秸秆和玉米芯栽培料对棕色蘑菇子实体营养成分的影响

梁晓丽^{1,2}, 臧玉茹², 孙太萍², 董倩倩², 秦文兰², 王新风^{2,3}, 陈忠明¹, 纪丽莲^{3,4,*}

(1.扬州大学食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225127;

2.淮阴师范学院生命科学院, 江苏省生物质能与酶技术重点实验室, 江苏 淮安 223300;

3.淮阴师范学院 江苏省高校区域现代农业与环境保护协同创新中心, 江苏 淮安 223300;

4.淮阴师范学院生命科学院, 江苏省环洪泽湖生态农业生物技术重点实验室, 江苏 淮安 223300)

摘 要: 测定水稻秸秆和玉米芯2种栽培料上生长的棕色蘑菇和双孢菇子实体中营养成分和氨基酸含量。采用蛋白营养评价方法, 对2种蘑菇的营养价值进行全面评价。结果表明, 水稻秸秆栽培料上生长的棕色蘑菇粗纤维和游离氨基酸含量较高, 分别为12.46%和12.11%; 玉米芯栽培料上生长的棕色蘑菇粗蛋白质含量高达45.03%; 同种栽培料条件下棕色蘑菇粗蛋白质、灰分、粗纤维含量均高于双孢菇, 但总糖、游离氨基酸及可溶性蛋白含量比双孢菇低。2种栽培料上生长的棕色蘑菇必需氨基酸种类齐全, 玉米芯栽培料上生长的蘑菇氨基酸和必需氨基酸总量都高于水稻秸秆栽培料生长的蘑菇, 其氨基酸含量比例都接近世界卫生组织/联合国粮食及农业组织推荐的理想模式, 其第一限制氨基酸都为蛋氨酸+半胱氨酸, 亮氨酸都为第二限制氨基酸; 比较2种栽培料条件下的子实体蛋白质氨基酸评分、化学评分和营养指数, 棕色蘑菇指标均比双孢菇高, 且水稻秸秆为栽培料时, 棕色蘑菇与双孢菇差异更显著。结果说明, 玉米芯为栽培料上生长的棕色蘑菇营养价值优于水稻秸秆。

关键词: 棕色蘑菇; 水稻秸秆; 玉米芯; 营养成分

A Comparative Study of the Influence of Cultivation with Rice Straw and Corn Cob on Nutrients in Fruit Bodies of *Agaricus brunnescens* Peck

LIANG Xiaoli^{1,2}, ZANG Yuru², SUN Taiping², DONG Qianqian², QIN Wenlan², WANG Xinfeng^{2,3}, CHEN Zhongming¹, JI Lilian^{3,4,*}

(1. College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 2. Jiangsu Key Laboratory for Biomass-Based Energy and Enzyme Technology, School of Life Science, Huaiyin Normal University, Huaian 223300, China;

3. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Regional Modern Agriculture & Environmental Protection,

Huaiyin Normal University, Huaian 223300, China; 4. Jiangsu Key Laboratory for Eco-Agricultural Biotechnology

around Hongze Lake, School of Life Science, Huaiyin Normal University, Huaian 223300, China)

Abstract: The contents of nutrients and amino acids in the fruit bodies of *Agaricus brunnescens* Peck and *Agaricus bisporus* were measured. Further we evaluated the nutritional values of the two mushrooms based on nutritional evaluation of proteins. The results showed that *Agaricus brunnescens* Peck cultivated with rice straw contained high contents of crude fiber and free amino acids (12.46% and 12.11%, respectively), and the crude protein content was as high as 45.03% when cultivated with corn cobs. Crude protein, ash and crude fiber contents of *Agaricus brunnescens* Peck were higher than those of *Agaricus bisporus* under the same cultivation condition, whereas total sugar, free amino acids and soluble proteins were less abundant in *Agaricus brunnescens* Peck than in *Agaricus bisporus*. *Agaricus brunnescens* Peck cultivated with either of the two materials contained a wide variety of amino acids with higher contents of total amino acids and essential amino acids obtained with corn cob cultivation. Moreover, the amino acid composition from corn cob cultivation was close to the WHO/FAO recommended ideal pattern, with methionine and cystine being the first limiting amino acids and leucine being the second limiting amino acid. Using each cultivation material, *Agaricus brunnescens* Peck had higher amino acid score (AAS),

收稿日期: 2014-12-01

基金项目: 江苏省农业科技资助创新资金项目 (CX (13) 4002; CX (13) 3026);

江苏省大学生实践创新训练计划项目 (201410323033Y); 淮安市新农村发展研究院项目 (2013HANF007)

作者简介: 梁晓丽 (1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品质量与安全评价。E-mail: qingmuchaye@163.com

*通信作者: 纪丽莲 (1965—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品化学与营养学。E-mail: jll2663@sina.com

chemical score (CS) and nutritional index (NI) than *Agaricus bisporus*, and the differences were particularly significant by rice straw cultivation. These results suggest that the nutritional value of *Agaricus brunnescens* Peck growing on corn cob is superior to that on rice straw.

Key words: *Agaricus brunnescens* Peck; rice straw; corn cob; nutritional components

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 16-0180-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201516033

棕色蘑菇 (*Agaricus brunnescens* Peck) 俗称棕蘑, 隶属于担子菌纲 (Basidiomycotina), 伞菌目 (Agaricales), 蘑菇科 (Agaricaceae), 蘑菇属 (*Agaricus*)^[1], 为双孢菇的近缘种。其盖大柄粗、菌肉肥厚, 菇盖表皮细胞含有褐色素呈黄褐色, 菇盖多生纤维状鳞片又名褐鳞蘑菇, 根据其品味幽香的商品特性, 又称“香口蘑”^[2]。其口感比白蘑菇更细嫩鲜美, 香味比香菇更加浓郁适口, 食用时有肉的口感, 又没有肉类对人体的危害, 被誉为“素牛排”。是近年我国开发的人工栽培食用菌新品种, 也是欧美市场及发达国家最畅销的食用菌名贵品种。

棕色蘑菇除具备一般蘑菇所具有的高蛋白、低脂肪、低胆固醇特点外, 还含有多糖和粗三萜等活性物质, 及其占其干质量约10%的低分子纤维素——膳食纤维, 是典型的高蛋白低脂肪, 含有丰富的维生素、多糖、纤维素和矿物质的珍稀功能性食、药两用菌^[3-8]。研究^[9-12]认为, 常食用棕色蘑菇对降血脂、降血糖、改善心脑血管及肾功能和增强人体免疫力方面有非常好的作用。此外, 还有防癌抗癌、保肝护肝、美容驻颜等作用^[13-14]。因此, 棕色蘑菇是一种极具发展潜力的高档珍稀食用菌, 在食品、药品及保健品行业上有着广阔的应用前景。

蘑菇为草腐菌类, 生产中常用的栽培方法以粪草栽培为主, 主要成分是禽畜粪便和稻草。目前沼渣^[15]、玉米芯 (秸秆)^[16-17]、棉籽壳^[18]等工农业生产废弃料也被广泛应用于蘑菇栽培, 随着我国玉米种植面积的增加, 玉米芯正被越来越多的用于蘑菇生产中。研究水稻秸秆和玉米芯2种栽培料条件下棕色蘑菇子实体的营养成分, 并对2种栽培料条件下蘑菇子实体的营养价值进行评价。研究结果对棕色蘑菇资源的开发和利用有着重要的实践意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

采收以水稻秸秆和玉米芯为主要栽培料, 温室大棚

畦栽方式生长的苏棕5号棕色蘑菇和双孢菇As2796新鲜、无病虫害子实体, 50℃烘干, 粉碎过60目筛备用。

牛血清蛋白 美国Biosharp公司; 葡萄糖、浓硫酸、石油醚、苯酚、浓盐酸、十六烷基三甲铵、丙酮、氢氧化钠、甲醛、五水合硫酸铜、硫酸钾均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

UDK152型全自动凯式定氮仪 嘉盛 (香港) 科技有限公司; T6新世纪紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; KDN-20C型消化炉 上海洪纪仪器设备有限公司; BS423S型电子分析天平 北京赛多利斯仪器系统有限公司; SSXF-2.2-18型马弗炉 上海康路仪器设备有限公司; L-8900氨基酸自动分析仪 日本日立公司。

1.3 方法

1.3.1 基本成分测定

水分含量: 参照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》105℃直接干燥法; 粗蛋白含量: 参照GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法; 粗脂肪含量: 参照GB 5009.6—2010《食品中脂肪的测定》索氏抽提法; 总灰分含量: 参照GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》550℃马弗炉灼烧法; 总糖含量: 按GB/T 15672—2009《食用菌中总糖含量的测定》苯酚-硫酸法; 粗纤维含量: 采用酸性洗涤法^[19]; 游离氨基酸含量: 采用甲醛滴定法^[19]。

1.3.2 氨基酸含量的测定

委托江苏省农业科学院食品研究所测定, 17种氨基酸含量测定按GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》方法进行。

1.3.3 子实体营养价值评价

化学评分 (chemical score, CS) 采用联合国粮食及农业组织 (Food and Agriculture Organization, FAO) 的方法^[20]计算确定; 氨基酸评分 (amino acid score, AAS) 采用文献^[21]的方法、必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 采用文献^[22]的方法、生物价 (biological value, BV) 采用文献^[23]的方法、营养指数 (nutritional index, NI) 采用文献^[24]的方法计算。

2 结果与分析

2.1 2种蘑菇子实体主要营养成分含量

表1 2种栽培料条件下棕色蘑菇与双孢菇子实体主要营养成分含量
Table 1 The contents of main nutritional components in fruit bodies of *Agaricus brunnescens* Peck and *Agaricus bisporus* growing on both cultivation materials

营养成分	水稻秸秆		玉米芯	
	g/100 g			
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇
水分	93.27±1.86 ^a	90.38±0.87 ^b	92.95±1.46 ^a	90.14±0.27 ^b
粗蛋白	43.56±2.43 ^a	40.99±2.00 ^b	45.03±1.62 ^a	41.01±1.84 ^b
粗脂肪	1.83±0.15	1.60±0.28	1.58±0.34	1.42±0.15
总糖	10.76±0.16 ^a	13.15±0.16 ^b	9.86±1.29 ^a	12.92±0.06 ^b
总灰分	13.44±0.10 ^a	9.34±0.03 ^b	12.69±0.06 ^a	9.20±0.04 ^b
粗纤维	12.46±0.18 ^{a*}	8.33±0.01 ^b	10.44±0.30 ^c	7.24±0.38 ^d
游离氨基酸	12.11±0.25 ^a	12.96±0.61 ^a	9.78±0.25 ^b	12.90±0.35 ^a
可溶性蛋白	4.11±0.12 ^a	6.16±0.32 ^b	5.04±0.21 ^b	6.38±0.34 ^b

注：同行不同字母表示差异显著（ $P<0.05$ ）；*差异极显著（ $P<0.01$ ）。

由表1可知，2种栽培料的棕色蘑菇鲜菇含水量相对高于双孢菇（ $P<0.05$ ），粗蛋白和纤维素也都高于双孢菇（ $P<0.01$ ）。其中直接影响食用菌的嫩度、鲜度和口感^[25]的水分以水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇为最高，达93.27%；4种蘑菇含水量都在90%左右，与一般的食用菌含水量相当^[26-29]。实验测得的棕色蘑菇粗蛋白含量高达40%以上，要明显高出其他食用菌^[30]，一般食用菌粗蛋白含量平均在19%~35%之间^[31]，如香菇18.32%、黑木耳8.10%、松口蘑17.00%、花脸香蘑33%等^[32]。且以玉米芯作为培养料条件下的棕色蘑菇蛋白质含量大于以水稻秸秆作为培养料的棕色蘑菇（ $P<0.05$ ），并比同种栽培料条件下的双孢菇含量高（ $P<0.01$ ）。棕色蘑菇灰分含量都在10%以上，较其他食用菌中的灰分含量高^[25-26,28,31,33-34]，且明显高于同种栽培料条件下的双孢菇（ $P<0.01$ ）。玉米芯栽培的棕色蘑菇的粗纤维含量达10.44%，水稻秸秆栽培的棕色蘑菇更是高达12.46%，不仅明显高于双孢菇（ $P<0.01$ ），更远高于许多其他食用菌^[25-26,33-34]。棕色蘑菇粗脂肪含量低于2%，远低于常见的4.0%^[35]。以水稻秸秆为栽培料条件下的2种蘑菇粗脂肪含量皆小于以玉米芯为栽培料条件下的2种蘑菇，并且棕色蘑菇的粗脂肪含量略高于双孢菇。

2.2 2种蘑菇子实体的氨基酸组成与含量

采用酸水解法测定的2种蘑菇子实体中氨基酸的组成与含量见表2，在测得的17种氨基酸中，必需氨基酸与非必需氨基酸种类齐全，含量最高的是谷氨酸。研究^[36]表明，谷氨酸是哺乳动物获得净氨基氮的主要氨基酸。并且谷氨酸能在人体内与血氨结合形成对机体无害的谷氨酰胺，可解除组织代谢过程中产生的氨毒害作用，参与脑组织代谢，使脑机能活跃^[37]。表2中，以水稻秸秆为

主栽培料的棕色蘑菇的氨基酸总量为31.035 g/100 g（以干质量计，下同），以玉米芯为主栽培料的棕色蘑菇的氨基酸总量为33.291 g/100 g。2种蘑菇的必需氨基酸分别占总氨基酸总量的27.95%和28.58%，表明以玉米芯为栽培料的棕色蘑菇中必需氨基酸的比例高于水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇，但在同种栽培料条件下与双孢菇中必需氨基酸含量比例差异不显著。

表2 2种栽培料条件下蘑菇子实体中氨基酸组成与含量
Table 2 Amino acid composition and contents in fruit bodies of two mushrooms

氨基酸	水稻秸秆		玉米芯	
	g/100 g			
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇
天冬氨酸Asp	2.819±0.020	3.036±0.015	3.232±0.013	2.925±0.025
苏氨酸Thr	1.362±0.003	1.430±0.020	1.572±0.010	1.477±0.008
丝氨酸Ser	1.365±0.008	1.394±0.002	1.529±0.001	1.468±0.011
谷氨酸Glu	7.491±0.011	9.267±0.003	7.868±0.012	8.876±0.098
甘氨酸Gly	1.355±0.007	1.342±0.009	1.495±0.002	1.463±0.057
丙氨酸Ala	2.02±0.009	1.774±0.014	2.134±0.013	2.273±0.008
半胱氨酸Cys	0.397±0.017	0.292±0.011	0.323±0.015	0.348±0.003
缬氨酸Val	1.447±0.010	1.480±0.001	1.587±0.015	1.575±0.006
蛋氨酸Met	0.388±0.018	0.341±0.006	0.415±0.115	0.384±0.003
异亮氨酸Ile	1.050±0.008	1.014±0.004	1.121±0.011	1.117±0.006
亮氨酸Leu	1.744±0.015	1.703±0.018	1.866±0.115	1.849±0.003
酪氨酸Tyr	0.877±0.002	0.894±0.014	0.845±0.005	0.895±0.016
苯丙氨酸Phe	1.168±0.009	1.158±0.006	1.279±0.013	1.283±0.004
赖氨酸Lys	1.516±0.002	1.551±0.008	1.676±0.004	1.610±0.047
组氨酸His	0.603±0.102	0.576±0.006	0.684±0.057	0.614±0.024
精氨酸Arg	1.592±0.081	1.729±0.008	1.709±0.003	1.800±0.013
脯氨酸Pro	1.194±0.004	1.298±0.014	1.251±0.011	1.993±0.017
氨基酸总含量	31.035±0.261	32.528±0.016	33.291±0.221	34.109±0.029

2.3 2种蘑菇子实体的蛋白质营养评价

表3 2种栽培料条件下蘑菇子实体必需氨基酸质量分数（粗蛋白）与FNB/IOM模式比较

Table 3 Comparison of essential amino acid content (mg/g crude protein) in fruit bodies of two mushrooms with the FNB/IOM model					
必需氨基酸	mg/g protein				FNB/IOM 模式
	水稻秸秆		玉米芯		
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇	
苏氨酸Thr	31.3	34.9	34.9	36.0	27
缬氨酸Val	33.2	36.1	35.2	38.4	32
亮氨酸Leu	40.0	41.5	41.4	45.1	55
异亮氨酸Ile	24.1	24.7	24.9	27.2	25
蛋氨酸+半胱氨酸Met+Cys	18.0	15.4	16.4	17.8	25
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	46.9	50.1	47.2	53.1	47
赖氨酸Lys	34.8	37.8	37.2	39.3	51
必需氨基酸总量	86.7	86.8	95.2	93.0	
必需氨基酸占总氨基酸比例/%	27.95	26.68	28.58	27.25	

蛋白质的营养不仅取决于蛋白质的含量，还与氨基酸的种类、必需氨基酸的组成及比例、限制氨基酸的最低含量等有关。表3为2种栽培料情况下的蘑菇子实体氨基酸组成与含量，同美国食物营养研究会（Food and

Nutrition Board, FNB) 和美国全国科学院医学研究所 (Institute of Medicine, IOM), 根据1~3岁儿童必需氨基酸需要量提出的氨基酸评分模式^[38]比较。

食物蛋白质的氨基酸组成比例虽不尽相同, 其营养价值的优劣主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量和组成比例。蛋白质中缺少某些必需氨基酸时, 其他氨基酸就不可能被充分利用^[39], 从而降低了总蛋白质的消化率和食物的营养价值。由表3可知, 棕色蘑菇的必需氨基酸与FNB/IOM模式相近, 说明棕色蘑菇必需氨基酸营养比较均衡, 有很高的营养价值。

2.4 2种蘑菇子实体氨基酸评分

依据1.3.3节方法的评价标准, 氨基酸评分为实验蛋白质中某一必需氨基酸占世界卫生组织 (World Health Organization, WHO)/FAO评分模式中相应氨基酸含量的百分比。AAS值越接近100, 反映食物蛋白与人体蛋白越接近, 蛋白质的营养价值就越高。表4为棕色蘑菇和双孢菇的氨基酸评分。

表4 2种栽培料条件下蘑菇氨基酸评分
Table 4 Amino acid scores of two mushrooms

必需氨基酸	水稻秸秆		玉米芯		WHO/FAO 模式
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇	
苏氨酸Thr	78.25	87.25	87.25	90.00	40
缬氨酸Val	66.40	72.20	70.40	76.80	50
亮氨酸Leu	57.14	59.29	59.14	64.43	70
异亮氨酸Ile	60.25	61.75	62.25	68.00	40
蛋氨酸+半胱氨酸Met+Cys	51.43	44.00	46.86	50.86	35
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	78.17	83.50	78.67	88.50	60
赖氨酸Lys	63.27	68.73	67.64	71.45	55
AAS	51.5	44.1	46.8	51.0	

由表4可知, 在以水稻秸秆为主栽培料时, 棕色蘑菇蛋白质氨基酸评分较高, 第一限制氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸, 第二限制氨基酸为亮氨酸。这一点与双孢菇及大部分食用菌的限制氨基酸多为含硫氨基酸相符^[40]。

2.5 2种蘑菇子实体蛋白质CS

2种蘑菇子实体蛋白质CS值采用1.3.3节中方法计算。即待测蛋白质中某一必需氨基酸与其必需氨基酸总量之比, 同鸡蛋模式蛋白中相应必需氨基酸相对含量之比的比值。结果见表5。

表5 2种栽培料条件下蘑菇蛋白质的CS
Table 5 Chemical scores of proteins in two mushrooms

必需氨基酸	水稻秸秆		玉米芯		鸡蛋模式
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇	
苏氨酸Thr	133.61	141.42	143.38	136.56	51
缬氨酸Val	99.01	102.19	101.03	101.77	73
亮氨酸Leu	98.95	97.46	98.57	99.15	88
异亮氨酸Ile	79.49	77.34	79.05	79.73	66
蛋氨酸+半胱氨酸Met+Cys	71.25	57.86	62.48	62.61	55
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	102.10	103.53	98.90	102.73	100
赖氨酸Lys	118.37	122.05	121.79	118.80	64
CS	71.25	57.86	62.48	62.61	

研究^[40]表明, CS值越接近100, 与标准蛋白的组成越接近, 营养价值就越高。由表5可知, 2种蘑菇在不同栽培料的情况下, 除异亮氨酸和含硫氨基酸的CS值为70以上, 其余必需氨基酸的CS值都在100左右, 说明不同栽培主料条件下的2种蘑菇的氨基酸含量较均衡, 其中棕色蘑菇蛋白质中的氨基酸化学评分在水稻秸秆栽培料条件下高于双孢菇, 在玉米芯为栽培主料条件下2种蘑菇的CS差异不显著。

2.6 2种蘑菇子实体EAAI、BV与NI

2种蘑菇子实体EAAI、BV与NI按公式(1)~(3)计算:

$$EAAI = (t_{\text{苏氨酸}}/s_{\text{苏氨酸}} \times t_{\text{赖氨酸}}/s_{\text{赖氨酸}} \times \dots \times t_{\text{缬氨酸}}/s_{\text{缬氨酸}})^{1/n} \quad (1)$$

$$BV = 1.09EAAI - 11.7 \quad (2)$$

$$NI = EAAI \times PP/100 \quad (3)$$

式中: PP为实验蛋白含量/%。

表6 2种栽培料条件下蘑菇的EAAI、BV和NI
Table 6 EAAI, BV and NI of two mushrooms

项目	水稻秸秆		玉米芯	
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇
EAAI	64.31	66.62	66.31	71.70
BV	58.40	60.92	60.58	66.45
NI	28.01	27.31	29.86	29.40

营养学理论更多地强调蛋白质中的氨基酸平衡。研究^[41]发现, 当膳食中氨基酸比例不均衡, 某一种氨基酸过多时, 可导致动物进食量下降与严重生长障碍, 如大量的蛋氨酸和赖氨酸可使脑中异亮氨酸、亮氨酸及精氨酸耗竭。由表6可知, 由玉米芯为栽培料的双孢菇的EAAI和BV最高, 但营养指数在2种不同的栽培料条件下, 都是棕色蘑菇相对比双孢菇高, 表明棕色蘑菇食用后的蛋白吸收和利用率相对较高。

2.7 2种蘑菇子实体呈味氨基酸组成和含量

表7 2种栽培料条件下2种蘑菇呈味氨基酸组成
Table 7 Flavor amino acid composition of two mushrooms

氨基酸种类	水稻秸秆		玉米芯	
	棕色蘑菇	双孢菇	棕色蘑菇	双孢菇
天冬氨酸Asp	2.819	3.036	3.232	2.925
谷氨酸Glu	7.491	9.267	7.868	8.876
甘氨酸Gly	1.355	1.342	1.495	1.463
丙氨酸Ala	2.020	1.774	2.134	2.273
鲜味氨基酸总量	13.69	15.42	14.73	15.44
占氨基酸总量比例	44.10%	47.40%	44.24%	45.26%
酪氨酸Tyr	0.877	0.894	0.845	0.895
缬氨酸Val	1.447	1.480	1.587	1.575
芳香氨基酸总量	2.32	2.37	2.43	2.47
占氨基酸总量比例	7.49%	7.30%	7.31%	7.24%

食用菌因其味道鲜美深受消费者的喜爱, 2种蘑菇中呈味氨基酸的组成和含量见表7。天冬氨酸和谷氨酸

是主要的呈鲜味氨基酸,丙氨酸是鲜味料中的一种增效剂,甘氨酸作为增鲜剂,它能产生浓厚的甜味以掩盖部分咸味和苦味,与其他呈味氨基酸同用有助鲜的作用^[42]。由表7可知,水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇的鲜味氨基酸总量为13.69 g/100 g,玉米芯为栽培料的棕色蘑菇为14.73 g/100 g,分别占总氨基酸的44.10%和44.24%。2种蘑菇在不同栽培料条件下组内的呈味氨基酸占总氨基酸的比例基本无差异,而双孢菇中的呈味氨基酸较棕色蘑菇多。棕色蘑菇的芳香氨基酸在总氨基酸中所占的比例略高于双孢菇。以上结果表明棕色蘑菇是一种味道鲜美的食用菌,有独特芳香气味(肉的香味)的食用菌。

3 结 论

近些年,随着现代人类生活节奏的加快和快餐饮食的普及,加上环境污染和食品安全问题的增多,越来越多的人患上了高血压、高血脂、糖尿病、动脉粥样硬化和癌症等多种疾病。因此人们在关注健康的同时对食物的营养搭配越来越重视,有着“健康食品”美誉的食用菌也越来越受到人们的青睐。其中的菌菇珍品——棕色蘑菇,是近年人工栽培食用菌市场上异军突起的新品种。随着棕色蘑菇栽培在国内各地的推广,使用水稻秸秆和玉米芯为栽培料生产的蘑菇在营养成分上各有千秋,以玉米芯为培养料的棕色蘑菇粗蛋白和可溶性蛋白含量高于水稻秸秆作为栽培料的棕色蘑菇,以水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇在粗脂肪、总糖、灰分、粗纤维和游离氨基酸含量上都显著高于玉米芯为栽培料的棕色蘑菇。因此,从上述营养素含量分析看出,2种栽培料对其上生长的棕色蘑菇营养素含量有一定的影响。而在同一栽培料条件下棕色蘑菇在蛋白质、水分、灰分、粗纤维含量要高,但总糖、游离氨基酸及可溶性蛋白含量比双孢菇低。

2种栽培料条件下,玉米芯栽培料上生长的蘑菇氨基酸和必需氨基酸总量都高于水稻秸秆栽培料生长的蘑菇,以玉米芯为栽培料的棕色蘑菇和双孢菇氨基酸总量和必需氨基酸含量高于以水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇和双孢菇,玉米芯为栽培料的棕色蘑菇的氨基酸评分也优于水稻秸秆棕色蘑菇。即玉米芯棕色蘑菇的蛋白质营养价值略高于水稻秸秆棕色蘑菇。

采用国际上通用的营养评价方法,对2种蘑菇在不同栽培料上生长的子实体蛋白质营养价值进行了全面评价,蛋白质的AAS、CS、EAAI、BV和NI 5项指标,除了EAAI棕色蘑菇低于双孢菇,两者的生物价差异不显著外,在蛋白质的AAS、CS和NI上棕色蘑菇均高于双孢菇子实体。玉米芯栽培料上生长的2种蘑菇氨基酸和必需氨基酸总量都高于水稻秸秆栽培料生长的蘑菇,其氨基酸含量比例都接近WHO/FAO推荐的理想模式,其第一限制

氨基酸都为蛋氨酸+半胱氨酸,亮氨酸都为第二限制氨基酸。采用上述评价方法,玉米芯栽培料上生长的蘑菇营养价值优于水稻秸秆栽培料。

综上所述,2种栽培料上生长的棕色蘑菇营养丰富,其子实体中粗蛋白含量高达40%以上,总糖含量在10%左右,总灰分和粗纤维含量在10%以上,脂肪含量小于2%,以玉米芯为栽培料的棕色蘑菇营养价值优于水稻秸秆为栽培料的蘑菇,且较高的芳香族氨基酸含量也让玉米芯为栽培料的棕色蘑菇比水稻秸秆为栽培料的棕色蘑菇的“牛排”香味更浓。因此,棕色蘑菇是一种高蛋白、低脂肪、低糖和高膳食纤维的健康食品,在作为人们餐桌上鲜食食品的同时,还可以作为一种功能性食品基料,有着广阔的开发前景。

参考文献:

- [1] 杨新美. 中国食用菌栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 248-254.
- [2] 潘湖生, 肖鸿勇. 褐色蘑菇栽培技术[J]. 现代园艺, 2010, 33(8): 60-61.
- [3] 李娜. 褐蘑菇多糖提取及含量的测定[J]. 光谱实验室, 2009, 26(1): 43-45.
- [4] 刘莹, 赵杰, 刘政. 酶法提取褐蘑菇水溶性膳食纤维的影响因素[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 252-253.
- [5] 刘莹, 赵杰, 刘政, 等. 褐蘑菇水不溶性膳食纤维提取工艺优化[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(8): 1647-1648.
- [6] 黄静, 沈芳, 闫晗. 褐蘑菇总三萜类化合物提取工艺的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2010, 33(10): 135-137.
- [7] REGINA P Z F, HELENA T G. Vitamins B₁ and B₂ contents in cultivated mushrooms[J]. Food Chemistry, 2008, 106(2): 816-819.
- [8] 刘莹. 褐蘑菇子实体活性多肽提取工艺[J]. 食用菌, 2009, 31(4): 10-11.
- [9] 刘莹. 褐蘑菇碱提物降血脂活性研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(7): 336-338.
- [10] 刘莹, 刘政, 黄静, 等. 褐蘑菇提取物对四氧嘧啶型糖尿病小鼠降血糖活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(2): 323-325.
- [11] CHANDRA L C, TRAORÉ D, FRENCH C, et al. White button, portabella, and shiitake mushroom supplementation up-regulates interleukin-23 secretion in acute dextran sodium sulfate colitis C57BL/6 mice and murine macrophage J.744.1 cell line[J]. US National Library of Medicine National Institutes of Health, 2013, 33(5): 388-396.
- [12] 刘莹. 褐蘑菇营养成分分析及玉米秸秆培养料研究[D]. 吉林: 东北师范大学, 2007: 13.
- [13] XU Tongtong, BEELMAN R B, LAMNERT J D. The cancer preventive effects of edible mushrooms[J]. Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry, 2012, 12(10): 1255-1263.
- [14] 李芳亮, 高杨, 刘莹, 等. 褐蘑菇水溶性多糖分级组分的抗氧化性能[J]. 食品科学, 2011, 32(21): 37-40.
- [15] 陈黎明, 孙宗荣, 万鲁长. 沼渣栽培双孢菇[J]. 农业知识, 2006, 57(26): 28.
- [16] 任玉凤, 杨晓峰, 董援朝, 等. 碎玉米芯栽培双孢菇高产技术[J]. 食用菌, 2004, 26(1): 23-24.
- [17] 李月梅. 玉米秸秆不同配方栽培双孢菇试验研究[J]. 农业与技术, 2007, 27(3): 24-27.
- [18] 白淑芳. 棉籽壳栽培双孢蘑菇新技术[J]. 中国食用菌, 1999, 18(4): 35-36.
- [19] 穆华荣, 于淑萍. 食品分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 7.

- [20] FAO, ESN. Amino acid content of foods and biological data on proteins[J]. Nutrition Study, 1970, 24: 5-6.
- [21] BANO Z, RAJARATHRAM S. Pleurotus mushroom as a nutritious food in the tropical mushrooms biological nature and cultivation methods[M]. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982: 363-380.
- [22] 刘利娥, 宋少华, 刘金盾. 芝麻叶营养成分分析[J]. 食品科技, 2012, 37(2): 45-47; 51.
- [23] 白羽嘉, 陶永霞, 张莉, 等. 阿魏对阿魏菇氨基酸及挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 198-204. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201314040.
- [24] 张小爽, 陈健. 梭柄松苞菇子实体营养成分的测定与评价[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 343-350.
- [25] 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.
- [26] 何晋浙, 孙培龙, 朱建标, 等. 香菇营养成分的分析[J]. 食品研究与开发, 1999, 20(6): 44-46.
- [27] 申进文, 贾身茂, 吴洁洁, 等. 金针菇营养成分研究[J]. 中国食用菌, 1997, 16(5): 36-40.
- [28] 柯丽霞. 红汁乳菇和多汁乳菇的化学成分及其开发利用前景[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2000, 23(4): 391-394.
- [29] 杨宁波, 张建明. 鸡腿菇营养成分及应用价值[J]. 特种经济动植物, 2000(5): 31.
- [30] 中国预防医学科学院. 食品成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 11.
- [31] 梁英, 杨宏志, 陈艳. 富硒香菇、木耳营养成分分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2000, 12(4): 66-69.
- [32] 胡先运, 张文娟, 罗心毅, 等. 花脸香蘑海藻糖多糖及营养成分分析[J]. 食用菌, 2011(6): 60-62.
- [33] 敖常伟, 惠明, 李忠明, 等. 松乳菇营养成分分析及松乳菇多糖的提取分离[J]. 食品工业科技, 2003, 24(9): 77-79.
- [34] 邓百万, 杨海涛, 李志涛, 等. 红汁乳菇子实体营养成分的测定与分析[J]. 食用菌学报, 2004, 11(1): 49-51.
- [35] 王贺祥. 食用菌学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004: 6.
- [36] BOWMAN B A, RUSSELL M. 现代营养学[M]. 8版. 萨士安, 汪之顷, 译. 北京: 化学工业出版社, 2004: 54.
- [37] 沈同. 生物化学: 下册[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980: 560-564.
- [38] 蔡美琴. 医学营养学[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2007: 11.
- [39] 刘刚, 王辉, 周本宏. 松茸氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 中国食用菌, 2007, 26(5): 51-52.
- [40] 姜萍萍, 韩烨, 顾赛红, 等. 五种食用菌氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和牛物资源, 2009, 31(2): 67-71.
- [41] 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.
- [42] 郭蔼光. 基础生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 255-258; 275-276.