

不同灵芝培养料及其菌糟营养成分分析

杨丽秋^{1,2}, 范锦琳^{1,2}, 刘欣怡^{1,2}, 林占熿^{1,2}, 刘斌^{2,3}

(1. 福建农林大学 生命科学学院, 福建 福州 350002; 2. 国家菌草工程技术研究中心, 福建 福州 350002;

3. 福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350002)

摘 要:以 4 种不同配方灵芝培养基(木屑、常规菌草、巨菌草、巨菌草沼渣)及其菌糟为试材, 采用国标法测定灵芝培养基及其菌糟中的粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、粗灰分和氨基酸含量, 并利用苯酚硫酸法、国标法分别测定出芝后菌糟粗多糖、重金属含量。结果表明:4 种灵芝菌糟营养丰富, 粗蛋白质含量分别为 8.86%、9.22%、12.40%、9.42%; 粗多糖含量分别为 3.0%、4.5%、4.7%、3.3%; 4 种菌糟所含氨基酸种类齐全, 含量丰富; 重金属含量在饲料卫生标准规定的范围内, 且远低于有机肥料的标准。因此, 4 种灵芝菌糟在用作饲料及饲料添加剂、肥料、无土栽培基质等方面具有很大的开发潜力。

关键词:菌草; 沼渣; 灵芝菌糟; 营养成分

中图分类号:S 567.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)08-0140-04

菌草是指适于栽培食(药)用菌的野生和人工种植的草本植物, 是为突破“菌林矛盾”应运而生的新兴产物^[1]。以菌草为主要原料, 栽培食用菌后的废弃物培养基称为菌草菌糟。研究表明, 菌草经食用菌菌丝分解后其营养成分进一步提升, 富含蛋白质、必需氨基酸、矿质元素, 而且还含有菌丝体多糖、黄酮、生物碱、植物甾醇等可提高动物机体免疫力和调节代谢功能的生物活性物质^[2], 具有很高的饲用和农工价值。

菌糟各成分含量主要与栽培原料、菌种和采收时间等因素有关, 不同栽培原料、不同菌种的菌糟营养成分存在较明显的差异^[3-6]。该试验以灵芝菌种韩芝为试材, 对 4 种不同配方灵芝培养基(木屑、常规菌草、巨菌草、巨菌草沼渣)及其菌糟的粗蛋白质、

粗脂肪、粗纤维、粗灰分和氨基酸等指标进行测定与分析, 并对出芝后菌糟粗多糖和重金属含量进行了比较, 以期对菌草灵芝菌糟和沼渣灵芝菌糟的综合开发利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试灵芝菌种为韩芝(*Ganoderma lucidum*), 由福建省农业科学院提供。灵芝灭菌后培养基及其菌糟均由福建农林大学菌草研究所提供, 培养基配方见表 1。

1.2 试验方法

分别采集灭菌后 4 种不同配方灵芝培养基(木屑、常规菌草、巨菌草、巨菌草沼渣)及出芝后菌糟, 置于 55℃ 恒温干燥箱内烘干至恒重后粉碎, 过 40 目筛备用。

1.3 项目测定

粗蛋白质含量测定参照 GB/T15673-2009; 粗脂肪含量测定参照 GB/T15674-2009; 粗纤维含量测定参照 GB/T5009.10-2003; 粗多糖含量测定参照 NY/T1676-2008; 氨基酸含量测定参照 GB/T5009.124-2003; 粗灰分含量测定参照 GB/T12532-2008; 镉含量测定参照 GB 5009.15-2014; 铅含量测定参照 GB 5009.12-2010; 砷含量测定参照 GB 5009.11-2014; 汞含量测定参照 GB 5009.17-2014。

第一作者简介:杨丽秋(1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食药菌。E-mail:1529295357@qq.com.

责任作者:刘斌(1969-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事食品生物技术及农副产品综合利用等研究工作。E-mail:liubin618@hotmail.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31370146); 福建省科技重大专项专题资助项目(2014NZ0002-1); 国家科技支撑计划子课题资助项目(2014BAD15B01-6); 福建农林大学科技发展资金资助项目(KF2015053)。

收稿日期:2016-12-13

表 1 灵芝培养基配方

Table 1	Formulas of <i>Ganoderma lucidum</i> culture medium								%
配方 Formula	木屑 Sawdust	芒萁 <i>Dicranopteris dichotooma</i>	巨菌草 JUJUNCAO	五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i>	沼渣 Biogas residue	麦麸 Wheat bran	玉米粉 Corn flour	石膏 Gypsum	
木屑 Sawdust	76	—	—	—	—	20	3	1	
常规菌草 JUNCAO	—	30	—	53	—	15	—	2	
巨菌草 JUJUNCAO	—	—	76	—	—	20	3	1	
巨菌草沼渣 JUJUNCAO biogas residue	40	—	—	—	41	15	3	1	

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 20.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同配方灵芝培养基及其菌糟的营养成分比较

由表 2 可知,4 种灵芝培养基在经菌种转化后,木屑、巨菌草沼渣、常规菌草、巨菌草菌糟的粗蛋白质含量分别提高了 26.21%、54.68%、46.58%、51.59%。培养基中的成分经灵芝菌种的转化和生物固氮作用,合成子实体蛋白质和菌体蛋白质,灵芝采收后,菌糟含有大量的残留菌体蛋白,使菌糟粗蛋白质含量显著提高^[7]。粗蛋白质含量为:巨菌草>巨菌草沼渣>常规菌草>木屑。木屑、巨菌草沼渣、

常规菌草、巨菌草菌糟的粗纤维含量分别下降了 5.78%、47.22%、32.01%、43.56%。灵芝菌种在生态转化的过程中,以粗纤维为主要碳源,培养基经过菌丝体的酶解作用等过程,将木质素、纤维素和半纤维素等进行了不同程度地降解,从而导致培养基中粗纤维含量降低^[8]。粗纤维含量为:巨菌草<常规菌草<巨菌草沼渣<木屑,其中木屑菌糟粗纤维含量为 37.5%,显著高于其它 3 种菌糟。各种菌糟的粗脂肪含量均不高,在 0.42%~1.24%。粗脂肪含量为:常规菌草>巨菌草>木屑>巨菌草沼渣。菌丝和子实体生长过程中消耗培养基中的养分,矿物质消耗相对较少^[9],因此相较于初始培养基而言,各种菌糟的灰分含量逐渐增大。

表 2 灵芝培养基及其菌糟营养成分含量

Table 2	Content of nutritional components of <i>Ganoderma lucidum</i> culture medium and their spent mushroom substrates						%
配方 Formula	样品 Sample	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	粗灰分 Crude ash		
木屑 Sawdust	培养基	7.02	0.90	39.8	3.29		
	菌糟	8.86	0.81	37.5	5.26		
巨菌草沼渣 JUJUNCAO biogas residue	培养基	6.09	0.90	46.8	6.81		
	菌糟	9.42	0.42	24.7	12.97		
常规菌草 JUNCAO	培养基	6.29	1.20	32.8	8.47		
	菌糟	9.22	1.24	22.3	14.44		
巨菌草 JUJUNCAO	培养基	8.18	1.08	32.6	9.63		
	菌糟	12.40	0.94	18.4	17.40		

2.2 4 种灵芝培养基及菌糟氨基酸含量比较

由表 3 可知,4 种灵芝培养基及其菌糟均检测到 17 种氨基酸(色氨酸未测定),包括 7 种必需氨基酸和 10 种非必需氨基酸。4 种菌糟与其初始培养基相比,总氨基酸(TAA)、必需氨基酸(EAA)、必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)、必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)含量均有不同程度提高。木屑分别提高了 29.72%、48.21%、14.11%、22.12%。巨菌草沼渣分别提高了 44.31%、50.00%、3.94%、6.25%。常规菌草分别提高了 45.11%、49.14%、2.79%、4.22%。巨菌草分别提高了 31.22%、42.75%、

8.79%、13.87%。表明 4 种培养基经灵芝菌种转化后,菌糟的氨基酸种类齐全,营养更丰富。

氨基酸含量为:巨菌草(5.38%)>常规菌草(5.05%)>巨菌草沼渣(4.95%)>木屑(4.67%)。必需氨基酸含量为:巨菌草(1.97%)>巨菌草沼渣(1.83%)>常规菌草(1.73%)>木屑(1.66%)。从氨基酸、必需氨基酸总量来看,巨菌草菌糟含量最高,木屑菌糟含量最低,常规菌草菌糟和沼渣菌糟介于二者之间。另外,4 种菌糟中甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸、天冬氨酸等鲜味氨基酸含量也十分丰富,可能赋予这 4 种菌糟较浓郁的鲜味。

表 3 灵芝培养基及其菌糟氨基酸含量

Table 3 Content of amino acids of <i>Ganoderma lucidum</i> culture medium and their spent mushroom substrates %								
氨基酸 Amino acids	木屑 Sawdust		巨菌草沼渣 JUJUNCAO biogas residue		常规菌草 JUNCAO		巨菌草 JUJUNCAO	
	1	2	1	2	1	2	1	2
天冬氨酸	0.26	0.50	0.30	0.55	0.31	0.52	0.35	0.66
苏氨酸*	0.16	0.28	0.18	0.31	0.18	0.30	0.21	0.37
丝氨酸	0.19	0.28	0.60	0.29	0.18	0.29	0.21	0.32
谷氨酸	0.94	0.80	0.64	0.79	0.79	0.96	0.96	0.87
甘氨酸	0.22	0.33	0.22	0.34	0.22	0.35	0.28	0.39
丙氨酸	0.22	0.32	0.24	0.35	0.24	0.34	0.32	0.40
胱氨酸	0.020	0.003	0.002	0.003	0.020	0.003	0.010	0.003
缬氨酸*	0.24	0.30	0.20	0.33	0.27	0.32	0.31	0.35
蛋氨酸*	0.03	0.07	0.08	0.08	0.04	0.07	0.06	0.10
异亮氨酸*	0.14	0.21	0.15	0.23	0.14	0.22	0.16	0.25
亮氨酸*	0.28	0.41	0.30	0.45	0.28	0.42	0.33	0.47
酪氨酸	0.06	0.10	0.13	0.11	0.06	0.12	0.07	0.10
苯丙氨酸*	0.22	0.23	0.21	0.25	0.19	0.26	0.22	0.25
赖氨酸*	0.05	0.16	0.10	0.18	0.06	0.14	0.09	0.18
组氨酸	0.07	0.13	0.08	0.11	0.06	0.11	0.08	0.13
精氨酸	0.04	0.17	0.11	0.16	0.06	0.21	0.06	0.15
脯氨酸	0.46	0.38	0.33	0.42	0.38	0.42	0.38	0.39
TAA	3.60	4.67	3.43	4.95	3.48	5.05	4.10	5.38
EAA	1.12	1.66	1.22	1.83	1.16	1.73	1.38	1.97
NEAA	2.48	3.01	2.21	3.12	2.32	3.32	2.72	3.41
E/T	31.11	35.55	35.57	36.97	33.33	34.26	33.66	36.62
E/N	45.16	55.15	55.20	58.65	50.00	52.11	50.74	57.78

注:1 指灭菌后培养料,2 指出芝后菌糟;TAA 为总氨基酸;EAA 为必需氨基酸;NEAA 为非必需氨基酸;* 表示必需氨基酸。

Note:1 indicates *Ganoderma* culture medium and 2 indicates spent mushroom substrate;TAA is total amino acids;EAA is essential amino acids;NEAA is non-essential amino acids;* indicates essential amino acids.

2.3 不同配方灵芝菌糟粗多糖含量

从表 4 可知,在经菌种转化后,粗多糖含量为:巨菌草(4.7%)>常规菌草(4.5%)>沼渣(3.3%)>木屑(3.0%)。食药菌菌糟菌丝体多糖与子实体多糖具有相似的生物活性和功能,具有免疫、解毒和抗血凝等作用,有研究表明,菌糟菌丝体多糖具有提高畜禽免疫力和提高生产性能的作用^[10]。

表 4 灵芝菌糟粗多糖含量

Table 4 Content of polysaccharide of the spent <i>Ganoderma lucidum</i> substrate %				
成分 Components	木屑 Sawdust	巨菌草沼渣 JUJUNCAO biogas residue	常规菌草 JUNCAO	巨菌草 JUJUNCAO
粗多糖	3.0	3.3	4.5	4.7

2.4 不同配方灵芝菌糟的重金属含量

由表 5 可知,木屑、巨菌草沼渣、常规菌草菌糟的铅、镉、汞、砷等重金属含量均符合 GB/T13078-2001 饲料卫生标准中各动物饲料的限量标准;而巨菌草菌糟的铅、镉、汞、砷含量符合 GB/T13078-2001 饲料卫生标准中牛精料补充料的限量标准。但在鸡、猪配合饲料的限量标准方面略微超标,镉含量的超标可能是此次种植巨菌草的土壤中含有较高含量的镉造成的。因此,选择含镉较少的土壤种植巨菌草或可以避免菌糟中镉含量超标。4 种菌糟的重金属含量均远远低于我国有机-无机复混肥、比利时

表 5 灵芝菌糟重金属含量测定结果及饲料、肥料限量标准

Table 5 Heavy metal content of the spent *Ganoderma lucidum* substrate and the standard of feed or organic fertilizers

样品及饲料、肥料限量标准 Samples and the standard of feed or organic fertilizers	重金属含量 Heavy metal content/(mg·kg ⁻¹)			
	铅(Pb)	镉(Cd)	汞(Hg)	砷(As)
木屑菌糟	4.8	0.27	<0.01	0.17
巨菌草沼渣菌糟	4.4	0.33	<0.01	0.41
常规菌草菌糟 ^[11]	4.56	0.14	0.01	0.25
巨菌草菌糟	3.8	0.61	<0.01	0.42
GB/T13078-2001 牛精料补充料	≤8	—	—	≤10
GB/T13078-2001 鸡、猪配合饲料	5.0	0.5	0.1	2.0
GB/T18877-2002 有机-无机复混肥	150	10	5	50
比利时堆肥	120.0	1.5	1.0	—
荷兰堆肥(非常纯净)	65.0	0.7	0.2	—
德国堆肥	150.0	1.5	1.0	—
加拿大堆肥(A 级)	150.0	3.0	0.8	13.0
意大利堆肥	140.0	1.5	1.0	10.0

注:资料来源于文献^[12]。

Note:Data stem from reference^[12].

堆肥、荷兰堆肥、德国堆肥、德国堆肥、加拿大堆肥(A 级)、意大利堆肥等众多国家堆肥限量标准。

3 讨论

采收利用菌草栽培的灵芝剩下的培养料称为菌草灵芝菌糟,大多数被当作废料处理掉。张双双等^[11]以五节芒、芒萁为培养料栽培灵芝 Ga0801,研

究发现该菌糟中富含多种蛋白质,粗多糖以及丰富的氨基酸。灵芝菌糟可能具有很好的饲用或其它农作价值。灵芝菌糟替代甜菜粕喂养奶牛,研究发现菌草灵芝菌糟不会影响泌乳中期奶牛的产奶量,且不影响牛乳品质^[13]。池雪林^[14]在蛋鸡试验中也发现,菌草灵芝菌糟有提高鸡的产蛋量和饲料转化率。

该试验配制了4种不同配方的培养基,分别为木屑培养基(含76%木屑),沼渣培养基(含40%木屑与41%沼渣),常规菌草培养基(含30%芒萁与53%五节芒),巨菌草培养基(含76%巨菌草),用以栽培灵芝菌种韩芝,得到了4种不同配方的菌糟。通过测定其营养成分,发现木屑、常规菌草、巨菌草以及巨菌草沼渣这4种灵芝菌糟营养丰富,粗蛋白质含量分别为8.86%、9.22%、12.40%、9.42%;粗多糖含量分别为3.0%、4.5%、4.7%、3.3%;4种菌糟所含氨基酸种类齐全,含量丰富;重金属含量在饲料卫生标准规定的范围内,且远低于有机肥料的标准。因此,4种灵芝菌糟在用作饲料及饲料添加剂、肥料、无土栽培基质等方面具有很大的开发潜力。

参考文献

- [1] 林占熹,林辉. 菌草学(第二版)[M]. 北京:北京农业科学技术出版社,2003.
- [2] 李晶晶,袁广珍,李建国. 菌糠的营养价值及其在反刍饲料中的

应用[J]. 今日畜牧兽医,2008(6):59-60.

- [3] 陈君琛,沈恒胜,汤葆莎,等. 食用菌菌糠再利用技术研究[J]. 中国农学通报,2006,22(11):410-412.
- [4] 潘军,刘博,廉红霞,等. 菌糠在饲料中的应用研究[J]. 家畜生态学报,2010,31(3):88-94.
- [5] 覃宝山,覃勇荣. 新型培养料栽培食用菌研究的现状及展望[J]. 中国农学通报,2010,26(16):223-228.
- [6] BELEWU M A, AYINDE O E, MORAKINYO A O. Biochemical changes of some waste agricultural residues after solid state fermentation[J]. Global Journal of Pure and Applied Sciences, 2007, 13(2): 161-164.
- [7] 王艳荣,王鸿升,王元元. 不同收获次数平菇菌糠的营养价值研究[J]. 江苏农业科学, 2010(4): 207-208.
- [8] 张纯,晏家友,张锦秀,等. 平菇菌糠的营养价值研究[J]. 中国饲料, 2012(3): 13-15.
- [9] 官福臣,张东雷,张玉铎,等. 平菇菌糠饲料的营养价值与安全性评估分析[J]. 中国畜牧兽医, 2012, 39(11): 86-89.
- [10] 张双双,陈晓斌,林冬梅,等. 菌草灵芝菌糟的饲用安全性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2013(4): 414-417.
- [11] 张双双,陈晓斌,林冬梅,等. 不同生长期菌草灵芝培养基成分测定与分析[J]. 中国食用菌, 2013(4): 23-24, 26.
- [12] 李书田,刘荣乐. 国内外关于有机肥料中重金属安全限量标准的现状与分析[J]. 农业环境科学学报, 2006(25): 777-782.
- [13] 张双双,陈晓斌,林应兴,等. 菌草灵芝菌糟对奶牛生产性能和血液生化指标的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2014(1): 75-79.
- [14] 池雪林. 中草药饲料添加剂降低鸡蛋胆固醇的研究[D]. 福州:福建农林大学, 2005.

Analysis of Nutritional Components of Different *Ganoderma lucidum* Culture Medium and Their Spent Mushroom Substrates

YANG Lihui^{1,2}, FAN Jinlin^{1,2}, LIU Xinyi^{1,2}, LIN Zhanxi^{1,2}, LIU Bin^{2,3}

(1. College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002; 2. China National Engineering Research Center of Juncao Technology, Fuzhou, Fujian 350002; 3. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract: The crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash and amino acids from mushroom culture medium and spent mushroom substrate were measured by national standard methods, while the contents of the polysaccharides and heavy metals in these substrates after *Ganoderma lucidum* cultivation were evaluated by phenol-sulfuric acid method and national standard method, respectively. The results showed that four spent *Ganoderma lucidum* substrates (sawdust, JUNCAO, JUJUNCAO and JUJUNCAO biogas residue) were rich in crude protein (8.86%, 9.22%, 12.40% and 9.42%), crude polysaccharide (3.0%, 4.5%, 4.7% and 3.3%). Amino acids were rich and varied in different substrates. The contents of heavy metals were in the prescribed of the feed hygiene standards, which were far lower than the standard of organic fertilizers. In a conclusion, the results indicated that four spent *Ganoderma lucidum* substrates could be used as feed additive selectively and had great potential for development in using as feed and feed additives, fertilizers and soilless culture substrate.

Keywords: JUNCAO; biogas residue; spent *Ganoderma lucidum* substrate; nutritional components