

微生物发酵对五种中药渣营养价值的影响

黎智华^{1,2}, 李华伟², 苏家宜², 印遇龙², 王德云¹, 孔祥峰^{1,2*}

¹南京农业大学动物医学院, 南京 210095; ²中国科学院亚热带农业生态研究所 湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心 农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站, 长沙 410125

摘要: 本文旨在探讨微生物发酵处理对中药渣营养价值的影响。试验选用九味肝泰胶囊、柴胡、王中华口服液、黄芪和滋肾补脑液等五种常见中药的药渣进行微生物发酵, 然后测定发酵前后其中常规营养成分和氨基酸含量的变化。结果显示, 与发酵前相比, 发酵后九味肝泰胶囊, 柴胡 1 号、2 号和 3 号, 王中华口服液 1 号、2 号和 3 号, 黄芪 2 号和 3 号以及滋肾补脑液 1 号药渣中粗蛋白质含量分别升高了 59.63%, 18.55%, 66.17% 和 66.88%, 26.27%, 46.89% 和 48.69%, 26.37% 和 13.23% 以及 13.38% ($P < 0.05$); 柴胡 1 号、2 号和 3 号, 王中华口服液 1 号、2 号和 3 号药渣中粗脂肪的含量分别降低了 52.20%, 44.70% 和 55.32%, 19.29%, 47.99% 和 54.49% ($P < 0.05$); 发酵后柴胡 1 号、2 号和 3 号, 黄芪 1 号、2 号和 3 号, 滋肾补脑液 1 号和 2 号药渣中的粗纤维含量分别降低了 37.50%, 36.84% 和 24.91%, 23.24%, 21.11% 和 28.62%, 24.21% 和 20.51% ($P < 0.05$); 发酵后柴胡 1 号、2 号和 3 号, 黄芪 1 号、2 号和 3 号药渣氨基酸总含量分别增加了 228.93%, 135.67% 和 201.97%, 101.09%, 95.87% 和 70.47%。综上所述, 微生物发酵处理可提高中药渣中粗蛋白质和氨基酸的含量, 降低粗纤维和粗脂肪的含量, 从而改善其营养价值。

关键词: 中药渣; 微生物发酵; 常规营养成分; 氨基酸

中图分类号: S853.74

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.S.017

Effects of Microbial Fermentation on Nutritional Values of Five Chinese Herb Residues

LI Zhi-hua^{1,2}, LI Hua-wei², SU Jia-yi², YIN Yu-long², WANG De-yun¹, KONG Xiang-feng^{1,2*}

¹College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

²Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock, Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of microbial fermentation process for Chinese herb residues (CHR) on their nutritional values. Five common CHR, including residues of Jiuwei Gantai Capsule (RJGC), residues of *Radix Bupleuri* (RRB), residues of Wangzhonghua Oral Liquid (RWOL), residues of *Radix Astragalus* (RRA), and residues of Kidney-nourishing and Brain-tonifying Liquid (RKBL) were fermented. Then the contents of routine nutrients and amino acids of the CHR and fermented CHR were determined. Results showed that compared with the CHR, the contents of crude protein in the fermented RJGC; RRB No. 1, No. 2, and No. 3; RWOL No. 1, No. 2, and No. 3; RRA No. 2 and No. 3, and RKBL No. 1 increased ($P < 0.05$) by 59.63%; 18.55%, 66.17%, and 66.88%; 26.27%, 46.89%, and 48.69%; 26.37% and 13.23%, and 13.38%, respectively. The contents of ether extract in the fermented RRB No. 1, No. 2, and No. 3; RWOL No. 1, No. 2, and No. 3 decreased ($P < 0.05$) by 52.20%, 44.70%, and 55.32%; 19.29%, 47.99%, and 54.49%, respectively. The contents of crude fiber in the fermented RRB No. 1, No. 2, and No. 3; RRA No. 1, No. 2, and No. 3; RKBL No. 1 and No. 2 decreased ($P < 0.05$) by 37.50%, 36.84%, and 24.91%; 23.24%, 21.11%, and 28.62%; 24.21% and 20.51%, respectively. The contents of total amino acids in the fermented RRB No. 1, No. 2, and No. 3; RRA No. 1, No. 2, and No. 3 increased by 228.93%, 135.67%, and 201.97%;

101.09%, 95.87%, and 70.47%, respectively. In conclusion,

收稿日期: 2016-12-28 接受日期: 2017-05-02

基金项目: 湖南省战略性新兴产业科技攻关项目(2014GK1007); the microbial fermentation process can increase the contents of 中央驻湘科研机构技术创新发展专项(2013TF3006); crude protein and amino acids, while decrease the contents of 中国工程院咨询研究项目(2015-XY-41) crude fiber and ether extract in the CHR, which improve their

* 通信作者 E-mail: nnkxf@isa.ac.cn

nutritional values.

Key words: Chinese herb residues; microbial fermentation; routine nutrients; amino acids

我国中药渣的年产生量高达 3000 万吨^[1],若对其处理不当就会造成环境污染。随着养殖业的规模化发展,豆粕、玉米等传统大宗饲料原料已不能满足饲料市场的需求。作者在之前的研究中发现,中药渣含有一定量的粗蛋白质、粗脂肪和氨基酸等营养物质,可作为饲料添加剂的生产原料^[2]。但由于植物细胞壁的存在,中药渣中胞内活性物质不易被动物直接吸收和利用,从而导致其在饲料中添加量大,在浪费资源的同时也破坏了饲料的营养配比^[3]。

微生物发酵过程能够破坏植物细胞壁,降解植物药材中的纤维素,还可按照微生物中所含的特定酶定向转化某些化合物而产生新化合物^[4]。以中药渣为原料发酵生产功能饲料,既可以减轻环境污染,又能解决日益紧迫的饲料短缺问题,同时这种新型饲料原料具有增强动物免疫力、调节代谢、促进生长和改善肉质等保健功效^[5]。目前,关于微生物发酵对中药及药渣活性成分含量和功能变化的研究报道较多^[6,7],但对中药及其药渣中营养成分影响的研究报道较少。因此,本文选用五种常用中药的药渣进行微生物发酵,探讨发酵对其营养成分的影响,

为发酵中药渣用作饲料原料提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 中药渣和菌种的来源

本试验共选用 5 种水提中药渣,其中九味肝泰胶囊药渣、王中华药渣和滋肾补脑液药渣由湖南民康生物技术研究提供,柴胡药渣和黄芪药渣由伟达湖南科技有限公司提供(表 1)。将中药渣置于 65 °C 干燥 48 h,回潮一昼夜后常规粉碎,装入自封袋中 4 °C 保存备用。

枯草杆菌(*Bacillus subtilis*)、纳豆芽孢菌(*Bacillus natto*)、乳酸芽孢菌(*Lactobacillus sporogenes*)、地衣芽孢菌(*Bacillus licheniformis*)、啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)、产朊假丝酵母(*Candida utilis*)、亮菌(*Armillariella tabescens*)、白灵菇(*Pleurotus ferulae* Lanzi)、苦白蹄(*Laricifomes officinalis*)、羊肚菌(*Morchella*)、松乳菇(*Lactarius deliciosus*)、松茸(*Tricholoma matsutake*)、裂褶菌(*Schizophyllum commune*)和虎奶菇(*Pleurotus tuber-regium*)等均由湖南民康生物技术研究提供。

表 1 五种中药渣的基本信息

Table 1 Basic information of five Chinese herb residues

样品 Sample	主要组份药 Major ingredient
九味肝泰胶囊药渣 Residues of Jiawei Gantai Capsules (RJGC)	三七、郁金、蜈蚣(不去头足)、酒炙大黄、黄芩、山药、茯苓、姜黄和五味子
柴胡药渣 Residues of Radix Bupleuri (RRB)	柴胡
王中华口服液药渣 Residues of Wangzhonghua Oral Liquid (RWOL)	当归、熟地、淮山、党参、枸杞、大枣、骨头和黄芪
黄芪药渣 Residues of Radix Astragalus (RRA)	黄芪
滋肾补脑液药渣 Residues of Kidney-nourishing and Brain-nourishing Liquid (RKBL)	枸杞子、女贞子、金樱子、菟丝子、覆盆子、制首乌、黄芪、肉桂、白芍、蜜炙甘草、丹参和淫羊藿

1.2 发酵中药渣的制备

按照糟渣微生物固体发酵方法^[5,8,9]对中药渣进行发酵。在中药渣粉中加入 10% (W/W) 的基础营养料(玉米粉:麦麸:豆粕粉按 4:3:3 混合,再加入 3% 的 K_2HPO_4 、1.5% 的 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 和适量水,混合,高压灭菌后接种,置恒温箱内进行第一次发酵;如需二次发酵,将第一次发酵的菌质加入 5% 基

础营养料,高压灭菌,再接种进行第二次培养。发酵菌种包括酵母菌、食药真菌和益生菌,均为摇床培养的液态菌种(其中食药真菌菌种呈白色菌丝球状);菌种用量(V/W):酵母菌和益生菌为 5%、食药真菌为 10%;通气有氧发酵,自然 pH 值;发酵温度:酵母菌为 30 °C、食药真菌为 28 °C、益生菌为 37 °C;发酵时间:酵母菌为 1~2 d、食药真菌为 2~3 d,

至菌体呈绒毯状菌丝。

九味肝泰胶囊药渣首次用亮菌和白灵菇混合菌发酵,至长满白色菌丝,然后用等比例的枯草杆菌、纳豆芽孢菌、乳酸芽孢菌、地衣芽孢菌和啤酒酵母混合菌发酵,至生长平衡期;柴胡药渣设处理 1、2 和 3,分别用松乳菇、羊肚菌和苦白蹄发酵,至长满菌丝;王中华口服液药渣首次用产朊假丝酵母发酵,然后用食药真菌发酵,设处理 1、2 和 3,分别接种松茸、裂褶菌和虎奶菇,至长满白色菌丝;黄芪药渣设处理 1、2 和 3,分别用苦白蹄、羊肚菌和松乳菇发酵,至长满菌丝;滋肾补脑液药渣设处理 1 和 2,分别用虎奶菇和裂褶菌发酵,至长满白色菌丝,然后进行菌丝自溶处理。

1.3 常规营养成分含量测定

干物质、粗灰分、粗脂肪和粗蛋白质含量参照张丽英(2003)的方法^[10]测定;总能量采用精密快速自动热量计(长沙开元仪器厂)测定;粗纤维、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量分别按照 GBT 6434-2006、NY/T1459-2007 和 GBT 20806-2006 方法使用 FT12 型全自动纤维测定仪(德国格哈特)测定。

1.4 氨基酸含量测定

称取上述恒重中药渣 0.5000 g 于安培瓶中,加入 10 mL 6 mol/L 盐酸,用酒精喷灯封口,110 °C 消化 22 h,然后转移至 100 mL 容量瓶并用蒸馏水定容,吸取 1 mL 溶液稀释 5 倍,再吸取稀释液 1 mL 经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后,用 L-8800 型全自动氨基酸分析仪(日立公司)测定其中氨基酸的含量,并计算其中芳香族氨基酸(Aromatic AA,苯丙氨酸+酪氨酸)、支链氨基酸(BCAA,亮氨酸+异亮氨酸+缬氨酸)、直链氨基酸(SCAA,丙氨酸+甘氨酸)、酸性氨基酸(Acidity AA,天冬氨酸+谷氨酸+半胱氨酸+脯氨酸)、碱性氨基酸(Alkalescence AA,组氨酸+赖氨酸+精氨酸)和羟基氨基酸(Hydroxy AA,苏氨酸+丝氨酸)的含量。

1.5 数据分析

数据首先采用 Excel 2010 进行初步整理,然后再用 SAS 9.2 软件对试验结果进行单因素方差分析,显著性采用 Duncan 氏法进行多重比较。数据以“平均值±标准误”表示, $P < 0.05$ 时表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 中药渣发酵前后常规营养成分的含量

由表 2 可见,与发酵前相比,发酵后九味肝泰胶囊、柴胡 2 号和 3 号、王中华口服液 2 号和 3 号药渣的粗灰分含量分别升高了 43.56%、14.47% 和 11.17%、21.12% 和 21.29% ($P < 0.05$),而发酵后的柴胡 1 号以及黄芪 1 号、2 号和 3 号药渣的粗灰分含量分别降低了 11.38% 以及 30.08%、8.59% 和 22.10% ($P < 0.05$);柴胡 1 号、2 号和 3 号以及王中华口服液 1 号、2 号和 3 号药渣中粗脂肪含量分别降低了 52.20%、44.70% 和 55.32% 以及 19.29%、47.99% 和 54.49% ($P < 0.05$),而发酵后滋肾补脑液 1 号药渣的粗脂肪含量升高了 32.18% ($P < 0.05$);发酵后九味肝泰胶囊,柴胡 1 号、2 号和 3 号,王中华口服液 1 号、2 号和 3 号,黄芪 2 号和 3 号以及滋肾补脑液 1 号药渣中粗蛋白质含量分别升高了 59.63%、18.55%、66.17% 和 66.88%、26.27%、46.89% 和 48.69%、26.37% 和 13.23% 以及 13.38% ($P < 0.05$)。发酵后柴胡 1 号、2 号和 3 号,黄芪 1 号 2 号和 3 号,滋肾补脑液 1 号和 2 号药渣中的粗纤维含量分别降低了 37.50%、36.84% 和 24.91%、23.24%、21.11% 和 28.62%、24.21% 和 20.51% ($P < 0.05$);而发酵后王中华口服液 1 号、2 号和 3 号药渣的粗纤维含量分别升高了 65.01%、53.80% 和 74.07% ($P < 0.05$)。柴胡 2 号和 3 号以及王中华口服液 1 号和 3 号药渣酸性洗涤纤维含量分别升高了 37.19%、59.28%、98.70% 和 153.70% ($P < 0.05$);九味肝泰胶囊药渣中性洗涤纤维含量降低了 32.88%,而王中华口服液 1 号、2 号和 3 号药渣中性洗涤纤维含量分别升高了 39.04%、22.79% 和 30.41% ($P < 0.05$)。五种中药渣发酵前后的能量值介于 16.51 ~ 19.12 MJ/KG,差异不显著。

2.2 中药渣和发酵中药渣中氨基酸的含量

由表 3 可见,发酵前后九味肝泰胶囊药渣的氨基酸总含量变化不大。与发酵前相比,王中华口服液药渣除了 1 号的直链氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸和总氨基酸以及 2 号的支链氨基酸含量降低,其余各类氨基酸含量均增加;柴胡 1 号、2 号和 3 号以及黄芪 1 号、2 号和 3 号药渣中各类氨基酸含量均增加,其中氨基酸总含量分别增加了 228.93%、135.67% 和 201.97% 以及 101.09%、95.87% 和 70.47%;滋肾补脑液 1 号和 2 号药渣中各类氨基酸含量均降低,总氨基酸含量分别降低 39.08% 和 54.35%。

表2 中药渣和发酵中药渣的常规营养成分含量

Table 2 Routine nutrient contents of Chinese herb residues (CHR) and Fermented CHR

样品 Sample	时间 Time	粗灰分 Crude ash (%)	粗蛋白质 Crude protein (%)	粗脂肪 Ether extract (%)	总能 Gross energy (MJ/KG)	粗纤维 Crude fiber (%)	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber (%)	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (%)
九味肝泰胶囊药渣 RJGC	发酵前	4.73 ± 0.14 ^b	6.52 ± 0.60 ^b	1.17 ± 0.11	18.03 ± 0.16	15.1 ± 1.00	34.16 ± 1.33	66.33 ± 4.63 ^a
	发酵后	6.79 ± 0.11 ^a	10.42 ± 0.22 ^a	0.84 ± 0.07	17.84 ± 0.40	13.48 ± 0.51	30.03 ± 0.97	44.52 ± 1.77 ^b
	增长率	43.56	59.63	-28.52	-1.08	-10.71	-12.07	-32.88
柴胡药渣 RRB	发酵前	19.45 ± 0.21 ^b	6.92 ± 0.10 ^c	6.27 ± 0.01 ^a	18.54 ± 0.06	34.78 ± 1.49 ^a	41.70 ± 1.79 ^c	57.87 ± 1.37
	发酵后1号	17.23 ± 0.18 ^c	8.20 ± 0.08 ^b	3.00 ± 0.95 ^b	18.09 ± 0.07	21.74 ± 1.85 ^b	49.96 ± 0.43 ^{bc}	58.70 ± 1.63
	增长率	-11.38	18.55	-52.20	-2.43	-37.50	19.82	1.44
	发酵后2号	22.26 ± 0.29 ^a	11.5 ± 0.08 ^a	3.47 ± 0.23 ^b	17.55 ± 0.26	21.97 ± 0.78 ^b	57.2 ± 5.40 ^{ab}	59.00 ± 1.88
	增长率	14.47	66.17	-44.70	-5.35	-36.84	37.19	1.94
发酵后3号	21.62 ± 0.61 ^a	11.55 ± 0.07 ^a	2.8 ± 0.13 ^b	18.28 ± 0.20	26.12 ± 0.71 ^b	66.41 ± 1.37 ^a	61.94 ± 1.77	
	增长率	11.17	66.88	-55.32	-1.41	-24.91	59.28	7.04
	发酵前	9.14 ± 0.01 ^b	12.01 ± 0.12 ^c	8.84 ± 0.02 ^a	18.36 ± 0.11	8.89 ± 0.81 ^b	16.19 ± 1.89 ^c	34.03 ± 0.76 ^c
王中华口服液药渣 RWOL	发酵后1号	9.40 ± 0.56 ^b	15.17 ± 0.62 ^b	7.14 ± 0.71 ^b	19.12 ± 0.13	14.66 ± 0.94 ^a	32.17 ± 1.92 ^{ab}	47.32 ± 0.50 ^a
	增长率	2.89	26.27	-19.29	4.11	65.01	98.70	39.04
	发酵后2号	11.07 ± 0.07 ^a	17.64 ± 0.10 ^a	4.6 ± 0.09 ^c	18.28 ± 0.25	13.67 ± 0.51 ^a	26.49 ± 3.14 ^{bc}	41.79 ± 0.46 ^b
增长率	21.12	46.89	-47.99	-0.44	53.80	63.62	22.79	
发酵后3号	11.08 ± 0.38 ^a	17.86 ± 0.12 ^a	4.02 ± 0.23 ^c	17.53 ± 0.43	15.47 ± 0.45 ^a	40.97 ± 3.40 ^a	44.38 ± 1.90 ^{ab}	
	增长率	21.29	48.69	-54.49	-4.50	74.07	153.07	30.41
	发酵前	8.78 ± 0.31 ^a	15.34 ± 0.01 ^c	2.92 ± 0.90	18.15 ± 0.85	39.26 ± 0.97 ^a	45.08 ± 1.68	64.06 ± 1.29
黄芪药渣 RRA	发酵后1号	6.14 ± 0.10 ^d	14.92 ± 0.01 ^c	1.71 ± 0.02	18.1 ± 0.13	30.13 ± 0.89 ^{bc}	48.57 ± 4.60	65.8 ± 4.44
	增长率	-30.08	-2.76	-41.38	-0.24	-23.24	7.74	2.71
	发酵后2号	8.03 ± 0.03 ^b	19.39 ± 0.28 ^a	2.11 ± 0.01	18.00 ± 0.90	30.97 ± 0.12 ^b	55.82 ± 4.24	65.65 ± 0.32
增长率	-8.59	26.37	-27.91	-0.82	-21.11	23.84	2.48	
发酵后3号	6.84 ± 0.10 ^c	17.37 ± 0.10 ^b	1.85 ± 0.15	17.87 ± 0.61	28.02 ± 0.06 ^c	39.58 ± 1.43	59.02 ± 2.22	
	增长率	-22.10	13.23	-36.85	-1.50	-28.62	-12.20	-7.88
	发酵前	7.97 ± 0.05	12.53 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.06 ^b	16.51 ± 0.46	32.66 ± 0.87 ^a	52.82 ± 4.00	65.63 ± 0.51
滋肾补脑液药渣 RKBL	发酵后1号	7.83 ± 0.18	14.21 ± 0.1 ^a	1.35 ± 0.05 ^a	17.60 ± 0.23	24.75 ± 0.5 ^b	50.55 ± 3.13	61.95 ± 3.78
	增长率	-1.75	13.38	32.18	6.58	-24.21	-4.29	-5.61
	发酵后2号	7.57 ± 0.17	12.49 ± 0.48 ^b	1.14 ± 0.01 ^b	17.75 ± 0.51	25.96 ± 0.28 ^b	55.67 ± 0.35	57.80 ± 1.10
增长率	-5.08	-0.34	11.85	7.51	-20.51	5.40	-11.93	

注:营养成分含量均以干物质为基础。增长率(%) = 100 × (发酵后 - 发酵前) / 发酵前。同列数据肩标不同字母表示差异显著(P < 0.05)。下同。

Note: Nutrient contents are based on dry matter. Growth rate (%) = 100 × (after fermentation - before fermentation) / before fermentation. Data in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05). The same as below.

3 讨论

中药中含有多种营养成分,可通过测定其中多糖、蛋白质/氨基酸、脂肪/脂肪酸等营养物质的含量来评价其营养价值^[11]。中药渣多为植物药材来源,富含粗纤维,若直接用作饲料添加剂的原料,其中的

粗纤维可能会成为抗营养因子,降低日粮中营养物质的利用率。本研究中,经微生物发酵后,九味肝泰胶囊、柴胡1号、黄芪3号和滋肾补脑液1号药渣的粗纤维含量分别降低了10.71%、37.50%、28.62%和24.21%。因此,微生物发酵可大大提高其利用率,这与王兵^[12]等人的结论一致,这是因为微生物

表3 中药渣和发酵中药渣的氨基酸含量

Table 3 Contents of amino acids in Chinese herb residues (CHR) and Fermented CHR

样品 Sample	时间 Time	芳香族氨基酸 Aromatic AA (%)	支链氨基酸 BCAA (%)	直链氨基酸 SCAA (%)	酸性氨基酸 Acidic AA (%)	碱性氨基酸 Alkaline AA (%)	羟基氨基酸 Hydroxy AA (%)	总氨基酸 Total AA (%)
九味肝泰胶囊药渣 RJGC	发酵前	0.44	1.37	0.96	2.60	0.82	0.74	6.98
	发酵后	0.37	1.37	0.93	2.32	0.75	0.76	6.54
	增长率	-15.91	0.00	-3.12	-10.77	-8.54	2.70	-6.30
柴胡药渣 RRB	发酵前	0.28	0.62	0.58	1.28	0.36	0.43	3.56
	发酵后 1 号	0.83	2.42	1.57	4.05	1.28	1.42	11.71
	增长率	196.43	290.32	170.69	216.41	255.56	230.23	228.93
	发酵后 2 号	0.65	1.83	1.13	2.72	1.00	1.01	8.39
	增长率	132.14	195.16	94.83	112.50	177.78	134.88	135.67
	发酵后 3 号	0.87	2.26	1.44	3.59	1.24	1.26	10.75
	增长率	210.71	264.52	148.28	180.47	244.44	193.02	201.97
王中华口服液药渣 RWOL	发酵前	0.79	2.28	1.59	4.87	1.77	1.17	12.64
	发酵后 1 号	0.99	2.35	1.53	3.86	1.45	1.35	11.62
	增长率	25.32	3.07	-3.77	-20.74	-18.08	15.38	-8.07
	发酵后 2 号	1.27	2.24	1.74	5.86	1.93	1.49	14.76
	增长率	60.76	-1.75	9.43	20.33	9.04	27.35	16.77
	发酵后 3 号	1.57	3.55	2.11	7.08	2.86	1.83	19.32
	增长率	98.73	55.70	32.70	45.38	61.58	56.41	52.85
黄芪药渣 RRA	发酵前	0.85	1.89	1.10	2.82	1.46	1.10	9.21
	发酵后 1 号	1.24	3.04	1.82	7.73	2.65	1.73	18.52
	增长率	45.88	60.85	65.45	174.11	81.51	57.27	101.09
	发酵后 2 号	1.40	3.30	1.94	6.76	2.65	1.71	18.04
	增长率	64.71	74.60	76.36	139.72	81.51	55.45	95.87
	发酵后 3 号	1.15	2.94	1.68	5.89	2.33	1.47	15.70
	增长率	35.29	55.56	52.73	108.87	59.59	33.64	70.47
滋肾补脑液药渣 RKBL	发酵前	1.00	2.35	1.64	4.76	1.62	1.32	12.77
	发酵后 1 号	0.70	1.18	1.11	2.95	0.63	0.94	7.78
	增长率	-30.00	-49.79	-32.32	-38.03	-61.11	-28.79	-39.08
	发酵后 2 号	0.59	1.03	0.63	1.92	0.83	0.69	5.83
增长率	-41.00	-56.17	-61.59	-59.66	-48.77	-47.73	-54.35	

复合菌群能降解中药渣中的纤维素^[13]。而王中华口服液药渣经微生物发酵后其粗纤维含量反而升高,可能与药渣组分、发酵菌种和发酵工艺有关。此外,柴胡 2 号和 3 号以及王中华口服液 1 号和 3 号药渣的中性洗涤纤维含量均升高,而这几类药渣中粗蛋白质含量较高。本试验采用国标提出的中性洗涤纤维分析方法缺少除去蛋白质的处理措施,推测用该方法测得的中性洗涤纤维中会含有较多的残留蛋白质^[14]。粗脂肪是一种供能物质,发酵后柴胡和

王中华口服液药渣的粗脂肪含量均显著下降,其中粗脂肪含量最高者为王中华口服液药渣(8.84%),其发酵后最低含量为 4.02%。这与 Rizal 等人的结果相符合,可能是因为微生物发酵过程中产生了脂肪酶所致^[15],利用脂肪提供细胞生长的能量。

蛋白质是一切生命活动的必需基础物质,中药渣中含有一定量的粗蛋白质(6.52% ~ 15.34%)。九味肝泰胶囊、柴胡 3 号、王中华口服液 3 号、黄芪 2 号和滋肾补脑液 1 号药渣经微生物发酵后,其粗

蛋白质含量分别增加了 59.63%、66.88%、48.69%、26.37% 和 13.38%，这与李强^[16]等人的结果一致。有研究者认为，利用微生物发酵可以较好地提高药渣中单细胞蛋白质含量^[17]，即发酵过程中大量菌体蛋白的生成使发酵产物中的粗蛋白质含量升高，其可作为蛋白质饲料原料用于养殖生产。

氨基酸可作为蛋白质合成和糖异生底物、神经递质和信号分子的前体以及蛋白质周转的调节物等，以满足机体生长发育及组织修复更新的需要^[18]。本研究中，经微生物发酵后，柴胡、王中华口服液和黄芪药渣中支链氨基酸含量有所增加，其中亮氨酸可以提高断奶仔猪的免疫水平^[19]；在低蛋白质日粮中添加支链氨基酸可以增加断奶仔猪的采食量和肌肉重量，从而提高其生长性能^[20]。此外，酸性氨基酸、组氨酸等碱性氨基酸、甘氨酸等直链氨基酸不仅对动物的正常生长和维持是必需的，而且对多种生物活性物质的合成也是必需的^[21]。五种中药渣经发酵后其中支链氨基酸和酸性氨基酸的含量分别为 1.03%~3.55% 和 1.92%~7.73%，因此可用于补充饲料中的功能性氨基酸。

综上所述，微生物发酵后的九味肝泰胶囊、柴胡、黄芪和滋肾补脑液药渣的粗蛋白质以及柴胡和黄芪药渣的氨基酸含量均升高，粗纤维和粗脂肪含量均降低，其营养价值得到优化，可作为饲料添加剂原料用于养殖生产。

参考文献

- 1 Yang XQ (杨绪勤), Yuan B (袁博), Jiang JH (蒋继宏). Utilization of residues from Chinese medicinal herbs as a kind of bioresources. *J Jiangsu Norm Univ* (江苏师范大学学报), 2015, 33(3): 40-44.
- 2 Li ZH (黎智华), Zhu Q (祝倩), Ji YJ (姬玉娇), et al. Nutrient content in six Chinese herb residues. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2017, 29: 91-95.
- 3 Jiao QF (焦巧芳). Study of microbial strains screening for transformation and utilization of Chinese herbal medicine. Jinhua: Zhejiang Normal University (浙江师范大学), MSc. 2010.
- 4 Chen L (陈琳), Zhao T (赵婷), Hou ET (侯恩太), et al. Research overview on fermentation of traditional Chinese medicine. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2010, 38: 8274-8275.
- 5 Zhou Y (周勇), Jin X (金鑫), Xie LH (谢蓝华), et al. Development of functional feed from complex herb-medicine dregs by solid-state fermentation. *China Brewing* (中国酿

- 造), 2011, 30: 122-125.
- 6 Hussain A, Bose S, Wang JH, et al. Fermentation, a feasible strategy for enhancing bioactivity of herbal medicines. *Food Res Int*, 2016, 81: 1-16.
- 7 Wen YL, Yan LP, Chen CS. Effects of fermentation treatment on antioxidant and antimicrobial activities of four common Chinese herbal medicinal residues by *Aspergillus oryzae*. *J Food Drug Anal*, 2013, 21: 219-226.
- 8 Wu ZQ (吴振强). Solid State Fermentation Technology and Application. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- 9 Zhang ZY (张振宇), Tian XM (田雪梅), Song AR (宋爱荣). Enhancement of cytotoxic effect of mouse NK Cells by polysaccharide fractions from cultures of six edible Fungi grown on herbal residues. *Acta Edulis Fungi*, 2010, 17(3): 46-50.
- 10 Zhang LY (张丽英). Technologies of Feed Analysis and Feed Quality Detection, 2nd Ed. Beijing: Chinese Agricultural University Press, 2003.
- 11 Kong XF (孔祥峰), Wu X (吴信), Yin YL (印遇龙), et al. Research and development of Chinese herbal medicines as feed additives. *Anim Hus Vet Med* (畜牧与兽医), 2007, 39(11): 35-37.
- 12 Wang B (王兵), Wang XD (王向东), Qin L (秦岭), et al. Study on the protein feed stuff from herb-medicine residues by solid-state fermentation. *J Food Sci Biotechnol* (食品与生物技术学报), 2007, 26(4): 77-82.
- 13 Li YD (李亚丹), Guo YD (郭义东), Liu NF (刘逆夫), et al. Review on the degradation of traditional Chinese medicine slag by composite microbial flora. *Chem & Bioeng* (化学与生物工程), 2015, 32(4): 12-14, 25.
- 14 Chen JJ (陈姣姣), Lai HX (来航线), Ma JN (马军妮), et al. Influence factors on the neutral detergent fiber contents in apple pomace fermented feed. *Feed Ind* (饲料工业), 2015, 3: 16-20.
- 15 Rizal Y, Mahata ME, Joli I, et al. Improving the nutrient quality of juice wastes mixture through fermentation by using *Trichoderma viride* for poultry diet. *Pakistan J Nutr*, 2012, 11: 203-207.
- 16 Li Q (李强), Zheng XX (郑旭煦), Yin ZY (殷钟意), et al. Study on technique of producing protein feed from herb-medicine residues by White Rot Fungus solid-state fermentation. *Env Ecol Three Gorges* (三峡环境与生态), 2009, 2(2): 36-39.
- 17 Li SJ (李善家), Wang Y (王雅), Du GY (杜国英), et al. Production of single cell protein from Chinese medicinal herb residues by solid-state fermentation. *J Chin Med Mater* (中药材), 2016, 39(1): 59-62.