

发酵中药渣对围产期母猪和哺乳仔猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响

李华伟^{1,2}, 姬玉娇¹, 张 婷¹, 吴灵英², 印遇龙¹, 孔祥峰^{1,3*}

¹中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室 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; ²武汉轻工大学, 动物科学与营养工程学院, 武汉 430023; ³湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 长沙 410128

摘要: 为了探讨发酵中药渣在妊娠母猪饲料中添加的可行性, 试验选用 2~4 胎次、预产期相近的二元妊娠母猪 60 头, 随机分为对照组、中药渣组和发酵中药渣组, 比较研究饲料添加黄芪、当归、益母草和金银花等中药渣发酵前后对围产期母猪和哺乳仔猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响。结果表明: 与对照组相比, 中药渣组母猪产后 14 和 21 d 血浆 ALT 活性显著升高 ($P < 0.05$), 7 日龄仔猪血浆 ALP 活性显著降低 ($P < 0.05$); 发酵中药渣组母猪产后 7 d 血浆 ALT 和 CAT 活性、产后 14 d 血浆 ALP 和 GSH-Px 活性以及产后 21 d 血浆 ALT 和 CAT 活性均显著升高 ($P < 0.05$), 产后 14 和 21 d 血浆 MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$), 14 日龄仔猪血浆 MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$)、T-AOC 活性显著升高 ($P < 0.05$), 21 日龄仔猪血浆 CAT 活性显著升高 ($P < 0.05$)。证实了饲料添加发酵中药渣可改变围产期母猪及哺乳仔猪的机体代谢、增强机体抗氧化能力。

关键词: 妊娠母猪; 哺乳仔猪; 发酵中药渣; 生化参数; 抗氧化指标

中图分类号: S853.74

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.9.022

Effects of Fermented Herbal Residues on Plasma Biochemical Parameters and Antioxidant Indexes in Peripartum Sows and Suckling Piglets

LI Hua-wei^{1,2}, JI Yu-jiao¹, ZHANG Ting¹, WU Ling-ying², YIN Yu-long¹, KONG Xiang-feng^{1,3*}

¹Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Hunan 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;

²School of Animal Science and Nutritional Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

³Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Changsha 410128, China

Abstract: This study was conducted to explore the possibility of dietary supplementation with fermented herbal residues (HR) in pregnant sows. Sixty crossbred pregnant sows with close expected date of delivery during 2-4 parities were used and randomly allocated to one of three groups, representing the control group, HR group and fermented HR group, to determine the effects of HR and fermented HR, from *Radix Astragali*, *Radix Angelicae Sinensis*, *Leonurus Artemisia* and *Lonicera Japonica*, on plasma biochemical parameters and antioxidant indexes in peripartum sows and suckling piglets. The results showed that, compared with the control group, dietary HR supplementation significantly increased ($P < 0.05$) the plasma activity of ALT in sows at postpartum 14 and 21 d, while significantly decreased ($P < 0.05$) the plasma activity of ALP in piglets at 7 days of age; dietary supplementation with fermented HR significantly increased ($P < 0.05$) the plasma activities of ALT and CAT in sows at postpartum 7 d, ALP and GSH-Px in sows at postpartum 14 d, and ALT and CAT in sows at postpartum 21 d, as well as of T-AOC in piglets at 14 days of age and CAT in piglets at 21 days of age, while significantly decreased ($P < 0.05$) the plasma contents of MDA in sows at postpartum 14 and 21 d, as well

as of MDA in piglets at 14 days of age. It confirmed that dietary supplementation with fermented HR alter the metabolism and improve the antioxidant capacity in peripartum sows and suckling piglets.

收稿日期: 2017-02-20 接受日期: 2017-06-06

基金项目: 湖南省战略性新兴产业科技攻关项目 (2014GK1007); 中央驻湘科研机构技术创新发展专项 (2013TF3006); 中国工程院咨询研究项目 (2015-XY-41)

* 通信作者 E-mail: nnkxf@isa.ac.cn

Key words: pregnant sows; suckling piglets; fermented herb residues; biochemical parameters; antioxidant indexes

随着我国中药加工产业的迅速发展,全国每年产生中药渣(含植物提取废渣)3000~5000万吨^[1]。若对其处置不当,长期堆放易腐败发臭,不仅造成资源浪费,还会污染环境。由于受提取手段和提取效率的制约,中药渣中残留多种生物活性成分和营养物质。例如,半夏厚朴汤药渣中残留有49.8%的挥发油^[2],黄芪药渣中残留有72.1%的黄芪苷^[3]。另外,中药渣中还含有蛋白质、纤维素和无机盐等营养成分^[4]。利用现代发酵工艺对中药渣进行发酵处理,不仅可以降低中药渣中纤维素的含量,还能提高粗蛋白质和氨基酸的含量^[5]。近年来研究表明,发酵五味子药渣能够提高仔猪的免疫功能^[6];熟地、山楂、陈皮、麦芽和甘草等中药渣的发酵产物可提高断奶仔猪的养分消化率、调节血脂浓度、提高机体抗氧化能力,从而提高其生长性能^[7,8]。母猪的健康状态直接影响其繁殖性能和使用年限,也影响着仔猪的生长发育和健康^[9]。笔者前期研究表明,围产期饲料中添加由黄芪、当归、益母草和金银花等组成的发酵中药渣可提高母猪的产活仔数和仔猪的断奶窝增重^[10],改善母猪肠道菌群平衡、增加短链脂肪酸含量,这有利于机体的能量供给和健康^[11]。血浆生化参数和抗氧化指标的变化可以反映机体健康状况。因此,本试验进一步研究了该发酵中药渣对围产期母猪及其哺乳仔猪血浆生化参数和抗氧化指标的影响,为其在母猪饲料配方中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 发酵中药渣制备

试验所用的中药渣由湖南圣雅凯生物科技有限公司提供。取水提后的中药渣,按黄芪4、当归2、益母草2、金银花2配比(以干品计),利用湿度控制系统将中药渣含水量控制在40%~60%。按0.4%的比例接种复合菌种(含枯草芽孢杆菌、酵母菌、乳酸菌和丁酸梭菌等,活菌量 $\geq 2 \times 10^{10}$ cfu/g),枯草芽孢杆菌、酵母菌、乳酸菌和丁酸梭菌分别制作对应的菌种培养基,然后分别按常规装罐、灭菌、冷却、接种、培养操作,得液体菌种,再将四种液体菌种混合,混合重量配比为2:1:2:1,置于25~30℃条件下发酵3d,每天翻动1~2次,发酵后减压真空干燥、粉碎、包装。经测定,中药渣制剂含DM 95.63%、CP 10.03%、CF 8.00%和EE 6.8%,发酵中药渣制剂含DM 95.02%、CP 14.92%、CF 2.22%和EE 5.29%。

1.2 试验动物、分组与饲养管理

本研究动物饲养试验于2015年9~11月在位于湖南新五丰永安分公司的中国科学院亚热带农业生态研究所动物实验基地进行。试验选用2~4胎次、预产期相近的妊娠85d的健康二元母猪60头,随机分为3组,每组20头,单栏饲养。在基础饲料中分别添加3kg/t的米糠(对照组)、中药渣(中药渣组)和发酵中药渣(发酵中药渣组)。基础饲料的组成及营养水平见表1。从产前21d开始饲喂,到产后28d结束。试验期间按猪场日常管理程序,给试验猪喂料、饮水和免疫。

表1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Ingredients and nutrient levels of basal diets (air-dry basis; %)

项目 Items	妊娠母猪饲料 Pregnant sows' diet	泌乳母猪饲料 Lactating sows' diet
原料 Ingredients		
玉米 Corn	60.30	58.65
麦麸 Wheat bran	23.50	5.00
小麦粉 Wheat flour		2.00
豆油 Soybean oil		4.00
豆粕 Soybean meal	12.00	20.50
酶解蛋白粉 Enzymic protein powder		3.00
鱼粉 Fish meal		2.50
赖氨酸 Lys	0.12	0.15

续表 1 (Continued Tab. 1)

项目 Items	妊娠母猪饲料 Pregnant sows' diet	泌乳母猪饲料 Lactating sows' diet
苏氨酸 Thr	0.03	0.05
缬氨酸 Val		0.10
防霉剂 Antimildew agent	0.05	0.05
妊娠母猪预混料 Pregnant sows' premix ¹⁾	4.00	
泌乳母猪预混料 Lactating sows' premix ²⁾		4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾		
消化能 DE(MJ/Kg)	15.23	15.56
干物质 DM	98.00	97.74
粗脂肪 EE	5.16	6.02
粗纤维 CF	3.60	3.54
粗蛋白质 CP	14.17	19.78
粗灰分 Ash	5.61	5.95
赖氨酸 Lys	0.98	1.53
蛋氨酸 Met	0.12	0.16
苏氨酸 Thr	0.68	0.99

注:^{1),2)} 预混料组成分别符合 NRC(2012) 推荐的妊娠母猪和泌乳母猪营养需要量;³⁾ 消化能为计算值,其余指标为实测值。

Note:^{1),2)} The composition of premix meet the nutritional needs that NRC (2012) recommended for pregnant or lactating sows, respectively; ³⁾ DE is calculated value, and others are measured values.

1.3 样品采集与分析

分别于母猪分娩当天以及产后 7、14 和 21 d, 每组随机选取 6 头母猪, 耳缘静脉采血; 于仔猪的 7、14 和 21 日龄, 每组随机选取 6 头仔猪, 前腔静脉采血, 肝素抗凝, 4000 rpm 离心 15 min, 取上清 -20 °C 保存。

采用 CX4 型全自动血液生化分析仪 (Beckman 公司) 测定血浆中总蛋白 (TP)、球蛋白 (GLB) 含量以及天门冬氨酸氨基转移酶 (AST)、丙氨酸氨基转移酶 (ALT) 和碱性磷酸酶 (ALP) 的活性, 生化试剂盒购自北京利德曼生化技术有限公司; 采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒, 检测血浆中过氧化氢酶 (CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 和总抗氧化力 (T-AOC) 的活性以及丙二醛 (MDA) 的含量。

1.4 数据统计与分析

试验数据以“平均值 ± 标准误”表示, 用

SPSS17.0 软件进行单因素方差分析, 并用 Duncan 氏法对各组数据平均值进行多重比较。P < 0.05 表示差异显著, 0.05 ≤ P < 0.1 表示有变化趋势。

2 结果与分析

2.1 中药渣和发酵中药渣对围产期母猪血浆生化参数的影响

由表 2 可知, 与对照组相比, 中药渣组母猪产后 14 和 21 d 血浆 ALT 活性显著增加 (P < 0.05); 发酵中药渣组母猪产后 1 d 血浆 TP 含量呈增加趋势 (P = 0.059), 产后 7 d 血浆 ALT 活性、产后 14 d 血浆 ALP 活性和产后 21 d 血浆 ALT 活性均显著增加 (P < 0.05)。与中药渣组相比, 发酵中药渣组母猪产后 7 d 血浆 ALP 和 ALT 活性均显著增加 (P < 0.05), 血浆 AST (P = 0.07) 活性呈增加趋势。

表 2 中药渣和发酵中药渣对围产期母猪血浆生化参数的影响 (n = 6)

Table 2 Effects of herbal residues (HR) and fermented HR on plasma biochemical parameters in peripartum sows (n = 6)

项目 Items	产后时间 Postpartum time (d)	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
总蛋白 TP (g/L)	1	60.72 ± 1.80	62.67 ± 0.53	64.93 ± 1.71
	7	68.92 ± 0.67	68.12 ± 0.65	70.60 ± 1.15

续表 2(Continued Tab. 2)

项目 Items	产后时间 Postpartum time (d)	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
球蛋白 GLB (g/L)	14	68.07 ± 1.20	66.60 ± 1.70	69.57 ± 1.24
	21	67.03 ± 0.97	66.03 ± 1.12	68.10 ± 2.02
	1	24.26 ± 0.81	25.10 ± 1.01	26.25 ± 1.97
	7	30.63 ± 0.66	30.72 ± 0.65	32.82 ± 1.29
	14	36.38 ± 1.22	35.09 ± 1.13	37.58 ± 2.17
天门冬氨酸氨基转移酶 AST (U/L)	21	33.62 ± 1.71	32.49 ± 1.34	34.58 ± 2.45
	1	29.04 ± 3.53	32.38 ± 2.08	26.68 ± 2.71
	7	24.67 ± 2.51	23.05 ± 0.80	28.18 ± 1.87
	14	24.32 ± 1.71	24.73 ± 1.41	24.83 ± 2.44
	21	23.30 ± 2.36	25.15 ± 1.42	27.67 ± 1.87
丙氨酸氨基转移酶 ALT (U/L)	1	35.66 ± 1.63	35.58 ± 1.51	35.63 ± 1.86
	7	34.92 ± 0.81 ^b	33.48 ± 1.05 ^b	39.82 ± 1.74 ^a
	14	25.10 ± 1.15 ^b	31.77 ± 1.29 ^a	28.90 ± 2.21 ^{ab}
	21	24.50 ± 1.97 ^b	31.33 ± 1.42 ^a	30.30 ± 1.36 ^a
	碱性磷酸酶 ALP (U/L)	1	36.66 ± 3.31	31.92 ± 1.89
7		23.37 ± 1.41 ^{ab}	20.08 ± 1.25 ^b	25.83 ± 2.11 ^a
14		25.88 ± 2.69 ^b	32.46 ± 2.79 ^{ab}	37.58 ± 3.40 ^a
21		29.87 ± 2.61	23.12 ± 3.71	32.36 ± 4.61

注:同行数据标注不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Values in the same row with different letters indicated significant difference ($P < 0.05$). Same as below.

2.2 中药渣和发酵中药渣对围产期母猪血浆抗氧化能力的影响

由表 3 可知,与对照组相比,发酵中药渣组母猪产后 7 d 血浆 CAT 活性、产后 14 d 血浆 GSH-Px 活性、产后 21 d 血浆 CAT 活性均显著增加($P <$

0.05), 产后 14 和 21 d 血浆 MDA 含量显著降低($P < 0.05$)。与中药渣组相比,发酵中药渣组母猪产后 7 d 血浆 CAT 活性呈增加趋势($P = 0.09$), 产后 14 d 血浆 GSH-Px 活性和产后 21 d 血浆 CAT 活性显著增加($P < 0.05$)。

表 3 中药渣和发酵中药渣对围产期母猪血浆抗氧化能力的影响($n = 6$)Table 3 Effects of HR and fermented HR on plasma antioxidant ability in peripartum sows ($n = 6$)

项目 Items	产后日期 Postpartum time (d)	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
过氧化氢酶 CAT (U/mL)	1	7.35 ± 0.37	7.70 ± 1.10	7.61 ± 1.47
	7	7.49 ± 1.43 ^b	9.20 ± 1.34 ^{ab}	13.21 ± 1.44 ^a
	14	10.67 ± 1.93	16.91 ± 6.50	19.67 ± 5.76
	21	7.99 ± 2.39 ^b	10.01 ± 4.42 ^b	20.56 ± 1.52 ^a
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px (U/mL)	1	532.42 ± 10.74	512.91 ± 28.78	502.42 ± 26.35
	7	479.86 ± 14.75	508.34 ± 24.70	528.01 ± 37.53
	14	502.91 ± 21.67 ^b	493.90 ± 12.34 ^b	575.96 ± 17.17 ^a
	21	648.60 ± 29.29	658.57 ± 15.63	651.28 ± 48.52
丙二醛 MDA (nmol/mL)	1	1.89 ± 0.15	1.71 ± 0.16	1.79 ± 0.29
	7	1.96 ± 0.18	1.83 ± 0.11	1.78 ± 0.10
	14	1.86 ± 0.08 ^a	1.29 ± 0.14 ^{ab}	1.00 ± 0.26 ^b

续表 3 (Continued Tab. 3)

项目 Items	产后日期 Postpartum time (d)	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
总抗氧化能力 T-AOC (U/mL)	21	3.21 ± 0.54	2.17 ± 0.07	1.97 ± 0.10
	1	60.04 ± 2.84	60.29 ± 1.47	61.14 ± 2.58
	7	52.55 ± 2.31	51.99 ± 3.87	55.29 ± 2.62
	14	42.36 ± 4.02	49.34 ± 4.26	50.56 ± 2.71
	21	37.47 ± 3.00	32.68 ± 2.31	43.16 ± 5.47

2.3 中药渣和发酵中药渣对哺乳仔猪血浆生化参数的影响

龄血浆 ALP 活性显著降低 ($P < 0.05$)。其他指标各试验组间均无显著差异。

由表 4 可知,与对照组相比,中药渣组仔猪 7 日

表 4 中药渣和发酵中药渣对哺乳仔猪血浆生化参数的影响 ($n = 6$)Table 4 Effects of HR and fermented HR on plasma biochemical parameters in suckling piglets ($n = 6$)

项目 Items	日龄 Day of age	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
总蛋白 TP (g/L)	7	46.77 ± 1.60	47.33 ± 1.07	48.46 ± 1.20
	14	48.88 ± 1.42	49.86 ± 0.84	51.73 ± 1.92
	21	49.68 ± 2.06	50.08 ± 0.62	51.40 ± 1.22
球蛋白 GLB (g/L)	7	27.98 ± 1.68	27.32 ± 2.17	27.80 ± 2.91
	14	15.75 ± 1.38	15.51 ± 1.10	17.17 ± 2.28
	21	13.63 ± 0.87	15.43 ± 0.51	15.24 ± 1.32
天门冬氨酸氨基转移酶 AST (U/L)	7	35.87 ± 2.88	41.37 ± 6.22	39.23 ± 3.39
	14	55.52 ± 5.81	60.84 ± 3.18	58.55 ± 2.64
	21	58.40 ± 5.98	54.92 ± 3.58	54.74 ± 4.62
丙氨酸氨基转移酶 ALT (U/L)	7	42.20 ± 1.29	37.52 ± 1.50	38.92 ± 2.66
	14	37.12 ± 2.71	40.30 ± 1.65	42.32 ± 3.70
	21	44.83 ± 3.62	39.57 ± 2.39	42.97 ± 1.16
碱性磷酸酶 ALP (U/L)	7	1763.90 ± 123.88 ^a	1467.92 ± 63.55 ^b	1753.18 ± 46.76 ^a
	14	1083.10 ± 55.29	1051.66 ± 98.76	1077.07 ± 161.35
	21	881.47 ± 86.39	902.07 ± 81.70	864.27 ± 32.89

2.4 中药渣和发酵中药渣对哺乳仔猪血浆抗氧化能力的影响

日龄血浆 MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$)、T-AOC 活性显著增加 ($P < 0.05$)、21 日龄血浆 CAT 活性显著增加 ($P < 0.05$)。与中药渣组相比,发酵中药渣组仔猪 14 日龄血浆 T-AOC 活性、21 日龄血浆 CAT 活性均显著增加 ($P < 0.05$)。

由表 5 可知,与对照组相比,中药渣组 ($P = 0.083$)和发酵中药渣组 ($P = 0.071$)仔猪 7 日龄血浆 T-AOC 活性均呈增加趋势;发酵中药渣组仔猪 14

表 5 中药渣和发酵中药渣对哺乳仔猪血浆抗氧化能力的影响 ($n = 6$)Table 5 Effects of HR and fermented HR on plasma antioxidant ability in suckling piglets ($n = 6$)

项目 Items	日龄 Day of age	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
过氧化氢酶 CAT (U/mL)	7	26.84 ± 3.68	31.96 ± 3.45	34.88 ± 2.75
	14	45.57 ± 7.32	42.43 ± 3.57	53.20 ± 5.42

续表 5 (Continued Tab. 5)

项目 Items	日龄 Day of age	对照组 Control group	中药渣组 HR group	发酵中药渣组 Fermented HR group
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px (U/mL)	21	39.98 ± 4.45 ^b	39.75 ± 3.30 ^b	53.99 ± 4.85 ^a
	7	248.70 ± 10.19	318.66 ± 48.04	317.87 ± 28.24
	14	420.50 ± 21.34	408.12 ± 11.68	444.37 ± 17.90
丙二醛 MDA (nmol/mL)	21	357.76 ± 16.03	379.02 ± 25.06	351.64 ± 34.27
	7	3.73 ± 0.42	3.33 ± 0.27	3.06 ± 0.19
	14	3.52 ± 0.37 ^a	2.95 ± 0.26 ^{ab}	2.31 ± 0.11 ^b
总抗氧化能力 T-AOC (U/mL)	21	2.18 ± 0.22	1.76 ± 0.11	1.83 ± 0.16
	7	78.51 ± 3.29	84.86 ± 1.27	85.15 ± 1.87
	14	82.12 ± 2.10 ^b	84.93 ± 1.67 ^b	92.58 ± 2.12 ^a
	21	89.03 ± 2.48	88.57 ± 1.37	91.99 ± 1.06

3 讨论

血浆 TP 含量反映了饲料中蛋白质水平以及机体对蛋白质的消化利用率^[12]。本研究中,饲料添加发酵中药渣后母猪及其仔猪血浆 TP 含量均有所增加,可能与发酵中药渣中含有大量有益微生物、菌体蛋白及其代谢产物有关,这有利于机体内蛋白质的积累。ALT 是动物体内重要的转氨酶,在氨基酸代谢以及蛋白质、脂肪和糖的代谢转化过程中发挥着重要作用^[13]。本研究在饲料中添加中药渣或发酵中药渣,可一定程度上增加母猪血浆中 ALT 活性,提示中药渣和发酵中药渣对机体氮代谢具有一定的促进作用。ALP 是一种广泛分布于机体各组织器官中的单脂磷酸水解酶,与脂肪、糖类和蛋白质的吸收、运输、合成等过程密切相关,其活性的高低可反映动物的生长性能^[14],即 ALP 活性与猪的日增重呈显著正相关^[15]。燕富永等^[16]报道,血清 ALP 活性的提高有利于营养物质的消化吸收和提高生产性能。这均与 ALP 在肠粘膜屏障的维护中发挥的重要作用有关^[17]。本研究发现,发酵中药渣组母猪血浆 ALP 活性较高,这有利于机体健康及后代发育;而中药渣组 7 日龄仔猪血浆 ALP 活性降低,可能与母猪产后 7 d 血浆 ALP 活性较低有关。

围产期动物生理状态和营养代谢会发生急剧变化,内分泌系统、脂肪与蛋白质的代谢作用明显,机体消耗大量的氧气和能量,产生许多自由基,使机体遭受氧化应激的风险大大增加^[18]。大量研究证实,过量的氧自由基会攻击卵母细胞、延迟胚胎着床、抑制胚胎发育等,从而降低母猪产仔数、仔猪生长速度

和存活率^[19]。本研究中,中药渣组母猪及仔猪抗氧化指标与对照组相比变化不明显,而发酵中药渣组母猪和仔猪在一些阶段血浆中 CAT、T-AOC 和 GSH-Px 活性明显增加,MDA 含量明显降低。这可能是由于中药渣中的细胞壁未受到破坏,细胞内的活性物质不能被有效利用;而发酵中药渣中的细胞壁已破坏,使多糖、皂苷和黄酮等活性成分得到有效利用^[20]。另外,发酵中药渣中含有大量乳酸菌等有益菌,乳酸菌细胞内含有的 GSH-Px 能够提高机体清除氧自由基的能力^[21],这有利于机体健康及后代的生长发育。

本研究还发现,泌乳母猪与哺乳仔猪血浆中 TP 和 GLB 含量以及抗氧化指标的变化具有一定的相关性,可能是由于饲料中的活性成分及营养物质通过影响母乳成分进而影响仔猪的机体代谢^[22]。然而,泌乳母猪血浆和哺乳仔猪血浆中 AST、ALT 和 ALP 活性的变化并未呈现出上述相关性,其具体原因尚需进一步研究。

综上所述,饲料添加发酵中药渣可影响围产期母猪及哺乳仔猪的机体代谢、增强机体的抗氧化能力,这有利于母猪的机体健康和仔猪的生长发育。

参考文献

- Guo YD (郭义东), He X (何兴), Feng X (冯兴), et al. Research progress in comprehensive utilization of traditional Chinese medicine dregs. *J Chengdu Univ · NatSci* (成都大学学报·自科版), 2015, 34:125-128.
- Leng GH (冷桂华). Comparison on content of baicalin between *radix scutellariae* and its extractive drug residue. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2007, 35:2928-2935.

- 3 Huang YF(黄亚非), Liu J(刘杰), Huang JW(黄际薇), *et al.* Determination of astragaloside IV in dreg of *radix astragali* by high-performance liquid chromatography. *ActaSci Nat UnivSuny*(中山大学学报,自然版), 2009, 48:146-148.
- 4 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.
- 5 Li ZH(黎智华), Li HW(李华伟), Su JY(苏家宜), *et al.* Effects of microbial fermentation on nutritional values of five Chinese herb residues. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, Accepted.
- 6 He XY(贺晓玉), Luo J(罗杰), Li YL(李英伦). Effects of fermented dregs of *Schisandrachinensis* on intestinal morphology and mucosal immunity of weaned piglets. *J Hunan Agric Univ*(湖南农业大学学报), 2014, 40:196-201.
- 7 Su JY(苏家宜), Li HW(李华伟), Li ZH(黎智华), *et al.* Effects of fermented Chinese herb residues on growth performance and intestinal mucosal morphology of weaned piglets. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2016, 28:1454-1459.
- 8 Su JY(苏家宜), Ji YJ(姬玉娇), Zhang T(张婷), *et al.* Effects of fermented Chinese herb residues on plasma biochemical parameters and antioxidant indexes of weaned piglets. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, 29:284-289.
- 9 Jiang YD(蒋亚东), Wang RS(王瑞生), Liu ZH(刘作华), *et al.* Research progress on lysine requirement for sows. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2015, 27:2654-2666.
- 10 Li HW(李华伟), Wang JZ(王宗俊), Zhu Q(祝倩), *et al.* Effect of dietary supplementation with fermented herb residues on reproductive performance of sows and growth performance of their offspring. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2016, 28:1534-1539.
- 11 Li HW(李华伟), Kong XF(孔祥峰), Zhu Q(祝倩), *et al.* Effects of dietary supplementation with fermented herb residues during perinatal period on faecal microorganism and their metabolites in sows. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2016, 2017, 29:658-663. 657.
- 12 Liu TY, Su BC, Wang JL, *et al.* Effects of probiotics on growth, pork quality and serum metabolites in growing-finishing pigs. *J Northeast Agri Univ*, 2013, 20(4):57-63.
- 13 Liu YY, Kong XF, Jiang GL, *et al.* Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. *J Anim Sci Biotechnol*, 2015, 6:36.
- 14 Zhu Q(祝倩), Ji YJ(姬玉娇), Li HW(李华伟), *et al.* High-or low-nutrient level diets affect reproductive performance body composition and plasma biochemical parameters of pregnant huanjiang mini-pigs. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2016, 28:1534-1540.
- 15 Li R(李瑞), Hou GF(侯改凤), Huang QY(黄其永), *et al.* Effects of *Lactobacillus delbrueckii* on growth performance, serum biochemical indexes, immune and antioxidant function of suckling piglets. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2013, 25:2943-2950.
- 16 Yan FY(燕富永), Yin YL(印遇龙), Kong XF(孔祥峰), *et al.* Effects of dietary supplementation of *Acanthopanax Senticosus* extracts on weaning stress in piglets. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), 2010, 43:4490-4496.
- 17 Bi JC(毕景成). Research progresses of intestinal alkaline phosphatase in intestinal barrier maintenance. *Parenter Enteral Nutr*(肠外与肠内营养), 2015, 22:244-247.
- 18 Wang FF(王芳芳), Wu HZ(武洪志), Diao HJ(刁华杰), *et al.* Effects of vaccarin and puerarin on lactation performance, serum hormone and antioxidant indexes of lactating sows. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2016, 28:3977-3987.
- 19 Ao JT(敖江涛), Zheng LF(郑溜丰), Peng J(彭健). Impact of progressive oxidative stress on sow reproductive performance and its nutritional manipulation. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2016, 28:3735-3741.
- 20 Zhou Y(周勇), Jin X(金鑫), Xie LH(谢蓝华), *et al.* Development of function feed from complex herb-medicine dregs by solid-state fermentation. *China Brewing*(中国酿造), 2011, 12:122-125.
- 21 Li W(李维), Sun KJ(孙开济), Sun YL(孙玉丽), *et al.* Research progress in relieve effect of *Lactobacillus* in intestinal oxidative stress. *Chin J Anim Nutr*(动物营养学报), 2016, 28(1):9-14.
- 22 Yao W, Li J, Wang JJ, *et al.* Effects of dietary ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids on immunoglobulins, cytokines, fatty acid composition, and performance of lactating sows and suckling piglets. *J Anim Sci Biotechnol*, 2012, 3(1):43-50.