

中药渣发酵物对围产期母猪粪便菌群和代谢产物的影响

解培峰^{1,2}, 祝 倩², 孔祥峰^{1,2}, 姬玉娇², 印遇龙², 邓近平^{1,3*}, 李 林⁴, 康建南⁴

¹湖南农业大学 动物科学技术学院, 长沙 410128; ²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 畜禽养殖污染控制与资源化技术国家工程实验室, 长沙 410125; ³华南农业大学 动物科学学院, 广州 510642; ⁴湖南圣雅凯生物科技有限公司, 湘潭 410228

摘要: 为了探讨中药渣发酵物作为母猪饲料原料的可行性, 试验选取 2~6 胎次妊娠 90 d 母猪 32 头, 随机分成两组, 每组 16 头, 限位栏饲养。对照组饲喂基础饲料, 试验组在基础饲料中添加 0.5% 的中药渣发酵物。分别于产后第 1、14 和 21 d 采集母猪新鲜粪便样品, 采用荧光定量 PCR 方法测定粪便中菌群数量, 同时采用气相色谱和高效液相色谱方法测定粪便中代谢产物含量。结果表明: 与对照组相比, 试验组母猪产后第 1 d 粪便中双歧杆菌数量以及丁酸、异丁酸、酪胺和亚精胺含量显著升高 ($P < 0.05$); 产后第 14 d 粪便中精胺含量显著降低, 乙酸、丙酸、异丁酸、异戊酸、总短链脂肪酸、酪胺和亚精胺含量显著升高 ($P < 0.05$); 产后第 21 d 各测定指标均无显著变化。上述结果表明, 围产期饲料添加中药渣发酵物可增加母猪后肠有益菌数量、功能性短链脂肪酸和生物胺含量, 这有利于改善围产期母猪肠道健康。

关键词: 妊娠母猪; 中药渣发酵物; 粪便; 菌群; 代谢产物

中图分类号: R283.1; S853.74

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2018.4.024

Effects of Fermented Herbal Residues on Fecal Microbe Quantity and Metabolites of Perinatal Sows

XIE Pei-feng^{1,2}, ZHU Qian², KONG Xiang-feng^{1,2}, JI Yu-jiao²,
YIN Yu-long², DENG Jin-ping^{1,3*}, LI Lin⁴, KANG Jian-nan⁴

¹College of Animal Science and Technology, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China; ²Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, National Engineering Laboratory for Pollution Control and Waste Utilization in Livestock and Poultry Production, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; ³College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ⁴Hunan Sunaccord Biological Technical Limited Company, Xiangtan 410228, China

Abstract: The present study was conducted to explore the feasibility of using fermented herbal residues (FHR) as dietary additive in sow production. A total of 32 pregnant sows during parity 2-6 were selected and randomly assigned to either control group ($n = 16$) or experimental group ($n = 16$), feeding in pens individually. From Day 90 of pregnancy to Day 28 of postpartum period, sows in control group were fed a basal diet, and those in experiment group were fed the basal diet supplemented with 0.5% FHR. Fresh fecal samples were collected at Days 1, 14, and 21 of postpartum period for determining fecal microbe quantity by fluorescent quantitation PCR and metabolites by gas chromatography or high performance liquid chromatography. Results showed that compared with the control group, the quantity of *Bifidobacterium* spp. and the concentrations of butyrate, isobutyrate, tyramine, and spermidine significantly increased ($P < 0.05$) at Day 1 of postpartum period; the concentration of spermine significantly decreased ($P < 0.05$), while the concentrations of acetate, propionate, isobutyrate, isovalerate, total SCFAs, tyramine, and spermidine significantly increased ($P < 0.05$) at Day 14 of postpartum period; all of the determined parameters did not significantly change ($P > 0.05$) at Day 21 of postpartum period. These findings show that the FHR can improve beneficial microbe quantity, the concentrations of functional SCFAs and bioamines in hindgut of perinatal sows, which is beneficial to gut health of perinatal sows.

收稿日期: 2017-07-13 接受日期: 2017-09-13

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: dengjinping@aliyun.com

Key words: pregnant sows; fermented herbal residue; feces; microbes; metabolites

我国的中药渣资源丰富,但由于提取工艺的限制,中药渣中仍残留有许多未被提取的营养成分和生物活性物质,包括粗纤维、粗脂肪、粗蛋白、糖类、微量元素以及其他有效成分等。目前,大部分中药渣没有被人们合理利用,这既造成中药资源的浪费,也会造成环境的污染^[1]。随着我国规模化养殖业的快速发展,传统的饲料资源已经无法满足养殖业的市场需求。现有研究表明,以不同中药渣为原料生产的功能性饲料具有增强动物免疫力、调节机体代谢、促进生长发育、改善肉品质等功效,可见中药渣作为饲料原料或添加剂具有很好的开发价值^[2]。动物后肠中栖息着大量的厌氧菌群,这些肠道菌群不但可以激活机体免疫系统,还可广泛参与营养物质的代谢,其代谢产物短链脂肪酸(SCFAs)、生物胺、吲哚、粪臭素和氨氮等均会影响宿主的代谢平衡和机体健康。祝倩等研究表明,中药渣发酵物可在一定程度上提高母猪的繁殖性能、增强抗氧化能力,增加仔猪的断奶窝增重^[3]。但是目前关于饲料添加中药渣对母猪粪便菌群数量及其代谢产物变化的研究较少。因此,本试验研究了中药渣发酵物对母猪粪便菌群数量及其代谢产物的影响,为其在母猪饲料中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 中药渣发酵物制备

试验用菌种包括枯草芽孢杆菌(ACCC 10634)、地衣芽孢杆菌(ACCC 01958)、酿酒酵母(ACCC 20039)和植物乳杆菌(ACCC 11016),均购自中国农

业微生物菌种保藏管理中心。菌种斜面培养复壮后,接入种子罐中 28 ~ 30 ℃ 培养 18 ~ 24 h,再转移至固体发酵罐中。

试验用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,以干品计,按黄芪 3、党参 3、刺五加 3、女贞子 3、白术 3、地骨皮 2、麦冬 2、茯苓 2、杜仲 2 和甘草 2 配比(药渣含水量为 40% ~ 60%)。将黄芪、白术、刺五加、地骨皮、杜仲和甘草混合后,转移至固体发酵罐中,按 6% 的比例接种含枯草芽孢杆菌与地衣芽孢杆菌的复合菌种(活菌量 $\geq 4 \times 10^9$ cfu/g),置于 30 ℃ 条件下发酵,待温度升至 50 ℃ 后,每天翻动 2 次,保温发酵 3 d。将党参、女贞子、麦冬和茯苓加等量的麸皮和次粉混合后,转移至固体发酵罐中,按 0.8% 的比例接种含酿酒酵母与植物乳杆菌的复合菌种(活菌量 $\geq 6 \times 10^8$ cfu/g),置于 32 ~ 36 ℃ 发酵 2 d。将两种发酵物混合后,32 ~ 36 ℃ 再发酵 3 d。固体发酵期间,发酵罐湿度均控制在 43% 左右。减压真空干燥 8 h(0.06 MPa, 50 ℃)后,粉碎,包装。

1.2 试验动物分组与饲养管理

动物试验在湖南新五丰永安分公司中国科学院亚热带农业生态研究所动物实验基地进行,试验阶段为 2016 年 9 月至 10 月。试验选取 2 ~ 6 胎次、妊娠 90 d 的母猪 32 头,随机分成两组,每组 16 头。对照组饲喂基础饲料(见表 1),试验组在基础饲料中额外添加 0.5% 的中药渣发酵物。试验至产后 28 d 结束,试验期间按猪场日常生产、免疫程序进行。

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 diet (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
进口鱼粉 Imported fish meal		2.50
赖氨酸 Lys	0.12	0.15
苏氨酸 Thr	0.03	0.05

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
缬氨酸 Val		0.10
防霉剂 Antimildew agent	0.05	0.05
妊娠母猪复合预混料 Pregnant sows' compound premix ¹⁾	4.00	
泌乳母猪复合预混料 Lactating sows' compound 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⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provides the following per kilogram of diet: VA 10 000 IU, VD 2 500 IU, VE 100 IU, VK 2 mg, VB₂ 10 mg, VB₆ 1 mg, VB₁₂ 50 μg, 氯化胆碱 choline chloride 1 500 mg, Fe 80 mg, Cu 20 mg, Zn 100 mg, Mn 45 mg, I 0.7 mg, Se 0.25 mg。 ²⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provides the following per kilogram of diet: VA 15 000 IU, VD 3 200 IU, VE 50 IU, VK 4 mg, VB₁ 4 mg, VB₂ 10 mg, VB₆ 3 mg, VB₁₂ 20 μg, 氯化胆碱 choline chloride 800 mg, Fe 120 mg, Cu 20 mg, Zn 112 mg, Mn 24 mg, I 0.5 mg, Se 0.4 mg。 ³⁾ 消化能为计算值, 其余指标为实测值。 DE is calculated value, and others are measured values.

1.3 样品采集与测定

分别于母猪产后第 1、14 和 21 d, 采集每头母猪的新鲜粪便样品, 装入 10 mL 无菌离心管中 -80 °C 保存。参考焦金真等^[4] 所述荧光定量 PCR 方法测定粪便菌群数量, 结果以每克粪便中含有的菌群拷贝数的对数值 [lg(copies/g)] 表示; 粪便冷冻干燥后, 采用气相色谱法测定其中的 SCFAs 含量^[5], 采用高效液相色谱法检测其中吲哚、粪臭素^[6] 和生物胺^[7] 含量。

1.4 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2010 进行初步处理后, 用

SPSS 18.0 软件进行方差分析和 *t* 检验。数据以“平均值 ± 标准误”表示。 $P < 0.05$ 表示差异显著, $0.05 \leq P < 0.1$ 表示有变化趋势。

2 结果与分析

2.1 中药渣发酵物对围产期母猪粪便菌群数量的影响

由表 2 可见, 与对照组相比, 试验组母猪产后第 1 d 粪便中双歧杆菌数量显著升高 ($P < 0.05$), 其他时间点的各测定菌数量均无显著变化。

表 2 中药渣发酵物对围产期母猪粪便菌群数量的影响 [lg(copies/g)]

Table 2 Effects of fermented herbal residues on fecal microbe quantity of perinatal sows [lg(copies/g)]

项目 Items	产后时间 Postpartum time(d)	对照组 Control group	试验组 Experiment group
梭菌 IV Clostridium cluster IV	1	8.28 ± 0.11	8.24 ± 0.09
	14	7.69 ± 0.59	8.28 ± 0.09
	21	8.19 ± 0.06	7.78 ± 0.57
拟杆菌门 Bacteroidetes	1	9.38 ± 0.06	9.32 ± 0.06
	14	9.64 ± 0.09	9.47 ± 0.08
	21	9.52 ± 0.07	9.59 ± 0.1
双歧杆菌 Bifidobacterium spp.	1	4.64 ± 0.16	6.45 ± 0.29*

续表 2(Continued Tab. 2)

项目 Items	产后时间 Postpartum time(d)	对照组 Control group	试验组 Experiment group
厚壁菌门 <i>Firmicutes</i>	14	4.75 ± 0.2	4.5 ± 0.08
	21	5.11 ± 0.35	4.45 ± 0.11
	1	9.75 ± 0.1	9.75 ± 0.05
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	14	9.72 ± 0.11	9.59 ± 0.07
	21	9.7 ± 0.06	9.68 ± 0.08
	1	6.72 ± 0.2	6.88 ± 0.34
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	14	7.84 ± 0.3	7.47 ± 0.21
	21	7.42 ± 0.15	7.38 ± 0.3
	1	7.28 ± 0.17	7.37 ± 0.18
	14	6.68 ± 0.1	6.73 ± 0.21
	21	6.27 ± 0.17	6.4 ± 0.23

注:同行数据肩标 * 表示差异显著 ($P < 0.05$); $n = 12$ 。下表同。

Note: Values in the same row with * indicated significant difference ($P < 0.05$); $n = 12$. Same as below.

2.2 中药渣发酵物对围产期母猪粪便中短链脂肪酸含量的影响

由表 3 可见,与对照组相比,试验组母猪产后第 1 d 粪便中丁酸和异丁酸含量显著升高 ($P < 0.05$),总短链脂肪酸 ($P = 0.093$)、异戊酸 ($P = 0.069$) 和

戊酸 ($P = 0.057$) 含量呈升高趋势;产后第 14 d 粪便中乙酸、丙酸、异丁酸、异戊酸和总短链脂肪酸含量均显著升高 ($P < 0.05$),丁酸含量呈升高趋势 ($P = 0.051$);产后第 21 d 粪便中短链脂肪酸含量均无显著变化。

表 3 中药渣发酵物对围产期母猪粪便中短链脂肪酸含量的影响

Table 3 Effects of fermented herbal residues on fecal contents of short-chain fatty acids of perinatal sows (mg/g)

项目 Items	产后时间 Postpartum time(d)	对照组 Control group	试验组 Experiment group
乙酸 Acetate	1	5.47 ± 0.48	6.46 ± 0.44
	14	5.77 ± 0.16	7.00 ± 0.23 *
	21	5.53 ± 0.29	5.79 ± 0.24
丙酸 Propionate	1	2.10 ± 0.28	2.47 ± 0.247
	14	2.70 ± 0.11	3.35 ± 0.15 *
	21	2.31 ± 0.19	2.50 ± 0.15
丁酸 Butyrate	1	1.17 ± 0.18	1.92 ± 0.24 *
	14	1.58 ± 0.10	1.98 ± 0.16
	21	1.52 ± 0.21	1.61 ± 0.11
戊酸 Valerate	1	0.44 ± 0.05	0.63 ± 0.08
	14	0.42 ± 0.01	0.46 ± 0.02
	21	0.30 ± 0.02	0.31 ± 0.02
异丁酸 Isobutyrate	1	0.38 ± 0.04	0.49 ± 0.04 *
	14	0.39 ± 0.01	0.47 ± 0.02 *
	21	0.28 ± 0.02	0.32 ± 0.02
异戊酸 Isovalerate	1	0.75 ± 0.07	0.96 ± 0.08
	14	0.76 ± 0.02	0.89 ± 0.06 *
	21	0.57 ± 0.05	0.64 ± 0.04
总短链脂肪酸 Total SCFAs	1	10.64 ± 1.08	13.08 ± 0.85
	14	11.90 ± 0.33	13.95 ± 0.48 *
	21	10.43 ± 0.66	11.24 ± 0.52

2.3 中药渣发酵物对围产期母猪粪便中生物胺、吲哚和粪臭素含量的影响

由表4可见,与对照组相比,试验组母猪产后第1 d 粪便中吲哚含量呈降低趋势($P = 0.059$),酪胺和亚精胺含量显著升高($P < 0.05$);产后第14 d 粪

便中精胺含量显著降低($P < 0.05$),酪胺和亚精胺含量显著升高($P < 0.05$),尸胺含量呈升高趋势($P = 0.087$);产后第21 d 粪便中生物胺、吲哚和粪臭素含量均无显著变化。

表4 中药渣发酵物对围产期母猪粪便中生物胺、吲哚和粪臭素含量的影响

Table 4 Effects of fermented herbal residues on fecal contents of bioamines, indole and skatole of perinatal sows ($\mu\text{g/g}$)

项目 Items	产后时间 Postpartum time(d)	对照组 Control group	试验组 Experiment group
色胺 Tryptamine	1	0.91 ± 0.11	1.09 ± 0.18
	14	1.36 ± 0.12	1.63 ± 0.17
	21	1.89 ± 0.33	1.91 ± 0.2
苯乙胺 Phenylethylamine	1	1.42 ± 0.14	1.64 ± 0.48
	14	2.52 ± 0.23	2.96 ± 0.19
	21	2.75 ± 0.29	2.57 ± 0.26
腐胺 Putrescine	1	1.80 ± 0.19	2.18 ± 0.2
	14	2.88 ± 0.26	3.57 ± 0.57
	21	3.48 ± 0.68	3.34 ± 0.34
尸胺 Cadaverine	1	4.26 ± 0.61	4.69 ± 0.67
	14	6.36 ± 0.57	7.91 ± 0.57
	21	6.12 ± 0.62	6.15 ± 0.41
酪胺 Tyramine	1	0.40 ± 0.07	0.74 ± 0.12 *
	14	2.01 ± 0.39	3.74 ± 0.53 *
	21	1.05 ± 0.15	0.74 ± 0.13
亚精胺 Spermidine	1	24.06 ± 1.01	31.77 ± 2.57 *
	14	28.91 ± 2.68	38.94 ± 2.16 *
	21	39.62 ± 3.06	36.67 ± 1.01
精胺 Spermine	1	0.31 ± 0.08	0.97 ± 0.41
	14	0.57 ± 0.19	0.14 ± 0.05 *
	21	0.40 ± 0.14	0.27 ± 0.10
吲哚 Indole	1	11.04 ± 1.58	6.59 ± 1.51
	14	9.46 ± 1.36	11.71 ± 1.35
	21	9.55 ± 1.26	11.88 ± 1.43
粪臭素 Skatole	1	35.39 ± 4.06	31.38 ± 3.25
	14	14.42 ± 2.22	16.83 ± 1.7
	21	13.94 ± 2.06	15.56 ± 1.48

3 讨论与结论

双歧杆菌是肠道中的优势有益菌,具有生物屏障、提供营养、增强免疫、改善胃肠道功能等多种生理功能^[8]。本试验中,产后第1 d 试验组母猪粪便

中双歧杆菌数量显著增加,可能是由于中药渣发酵物中含有乳酸菌等益生菌引起的,也可能是由于中药渣发酵物中含有的低聚糖等益菌成分^[9]促进了双歧杆菌的增殖。双歧杆菌数量的增加可以一定程度上防止围产期母猪发生便秘、改善乳质,同时有益

于双歧杆菌在仔猪体内的早期定植^[10]。陈晓明等研究发现,中草药与乳酸杆菌、双歧杆菌等益生菌在防病、促生长方面具有协同作用,还能竞争性地抑制肠道内有害菌的增殖^[11]。

肠道中的 SCFAs 不仅能够氧化供能,还具有维持肠道水和电解质平衡、调节肠道菌群平衡和免疫反应、改善肠道功能^[12,13]等作用。本研究发现,产后第 1 d 试验组母猪粪便中丁酸含量以及产后第 14 d 粪便中乙酸、丙酸和总短链脂肪酸含量显著增加,这有益于母猪的肠道健康和营养物质代谢。乙酸是结肠内菌群发酵的主要产物之一,大部分乙酸可被吸收进入血液,作为周边组织和肠道菌群的能量来源,满足母猪在妊娠期的能量需求。丙酸是拟杆菌门发酵的主要产物,能够抑制胆固醇的合成,也可经结肠吸收后由肝脏代谢用作能源^[14]。丁酸是厚壁菌门的主要代谢产物,是结肠能量的主要来源,能够维持母猪结肠粘膜上皮细胞的完整性、维持肠道内环境稳定,对结肠炎起到预防作用^[15]。异丁酸和异戊酸等支链脂肪酸分别是缬氨酸和亮氨酸的代谢产物,能够在一定程度上揭示结肠中这几种氨基酸的代谢和吸收情况^[16]。另外,试验组母猪产后第 1 d 粪便中异丁酸以及产后第 14 d 异丁酸和异戊酸含量均显著增加,提示中药渣能够促进结肠中缬氨酸和亮氨酸的分解代谢。

生物胺是一类具有生物活性、含氨基的低分子质量有机化合物的总称,是合成生物碱、核苷酸、蛋白质和芳香类化合物等的前体物质。适量摄入生物胺能促进生长、调节机体代谢、增强免疫力和清除自由基等^[17]。本研究发现,在产后第 1 和 14 d,试验组母猪粪便中的酪胺和亚精胺含量显著增加,可能是因为中药渣发酵物中含有的微生物和生物活性物质,促进了结肠微生物对生物胺前体氨基酸的分解代谢。结肠中的酪氨酸和精氨酸在菌群作用下脱羧,分别形成酪胺和精胺、亚精胺^[18]。酪胺具有显著的抗氧化作用,可增加心率、血压和血糖浓度等^[19]。精胺和亚精胺是生物体内细胞重要的组成部分,在调节 DNA、RNA 和蛋白质合成及生物膜稳定性方面起着重要的作用^[17]。因此,结肠中以上两种生物胺含量的增加对母猪的机体健康和产后恢复具有一定促进作用。

综上所述,围产期饲料添加中药渣发酵物可增加母猪产后恢复前期后肠有益菌数量、功能性短链脂肪酸和生物胺含量,这有利于改善围产期母猪的

肠道健康。

参考文献

- 1 Pang HF (潘华峰), Deng QF (邓乔丹), Feng YC (冯毅翀), *et al.* Research progress on comprehensive utilization of Chinese medicine residue and ecological comprehensive utilization pattern [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2011, 22: 2026-2027.
- 2 Yang B (杨冰), Ding F (丁斐), Li WD (李伟东), *et al.* Research progress on comprehensive utilization of Chinese medicine residue and ecological comprehensive utilization pattern [J]. *Chinese Tradit Herb Drug* (中草药), 2017, 48: 377-383.
- 3 Zhu Q (祝倩), Xie PF (解培峰), Li HW (李华伟), *et al.* Effects of fermentation products of Chinese herbal residues on reproductive performance and plasma indexes [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), Accepted.
- 4 Jiao JZ (焦金真), Wang FF (王芃芃), Tang SX (汤少勋), *et al.* Quantity and distribution characteristics of functional microorganisms in gastrointestinal tract of liuyang black goats [J]. *Acta Vet Et Zootech Sin* (畜牧兽医学报), 2013, 44: 1590-1599.
- 5 Geng MM (耿梅梅), Xu LW (许丽卫), Yuan HC (袁红朝), *et al.* A determination method based on gas chromatography for analysis of short-chain fatty acids in colonic contents of piglet [J]. *Prog Mod Biomed* (现代生物医学进展), 2015, 15: 1010-1014.
- 6 Ji YJ (姬玉娇), Zhu Q (祝倩), Geng MM (耿梅梅), *et al.* Effect of diets with high- or low-level nutrient on colonic microbial community structure and metabolites in Huanjiang mini-pigs [J]. *Microbiol China* (微生物学通报), 2016, 43: 1650-1659.
- 7 Xu LW (许丽卫), Geng MM (耿梅梅), Zhang LP (张丽萍), *et al.* Determination of bioamines in colonic contents of piglets by pre-columb derivatization RP-HPLC [J]. *Acta Nutr Sin* (营养学报), 2014, 36(1): 78-83.
- 8 Turrone F, Ventura M, Buttó LF, *et al.* Molecular dialogue between the human gut microbiota and the host: a Lactobacillus and Bifidobacterium perspective [J]. *Cell Mol Life Sci*, 2014, 71(2): 183-203.
- 9 Li ZH (黎智华), Zhu Q (祝倩), Ji YJ (姬玉娇), *et al.* Nutrient content in six chinese herbal residues [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2017, 29: 91-95.
- 10 Di Gioia D, Aloisio I, Mazzola G, *et al.* Bifidobacteria: their impact on gut microbiota composition and their applications as probiotics in infants [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2014, 98: 563-577.