

文章编号:1001-6880(2016)11-1810-07

日粮添加灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪 血清生化指标与脂肪代谢的影响

王勤华^{1,2},龙次民²,周锡红²,谢春艳²,李凤娜²,范志勇^{1*},印遇龙²,吴信^{1,2*}¹湖南农业大学 湖南畜禽安全生产协同创新中心,长沙 410128; ²中国科学院亚热带农业生态研究所

中国科学院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,长沙 410125

摘要:本试验旨在研究日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪血清生化、肝脏中脂肪酸组成以及脂肪代谢相关基因表达的影响。选用同栏舍、同批次的二元杂交(长×大)健康阉公猪(55 ± 1.03 kg)16栏,按照体重相近原则随机分成2个处理组,即基础日粮(对照组)、基础日粮+1%灰毡毛忍冬藤叶粉,每组8个重复,每个重复10头。试验期为60 d。结果表明:1)与对照组相比,日粮添加灰毡毛忍冬藤叶粉降低了血清中总胆固醇(TC)($P < 0.05$),而显著提高C型反应蛋白(CRP)含量($P < 0.05$);2)与对照组相比,日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉使肝脏中饱和脂肪酸(SFA)中c13:0和单不饱和脂肪酸(MUFA)中的c14:1含量均显著降低($P < 0.05$);3)与对照组相比,日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉上调了肝脏中甘油三酯脂肪酶(ATGL)和肉碱棕榈酰基转移酶1(CPT1A)的基因表达量($P < 0.05$);而下调了脂肪合成酶(FAS)的基因表达量($P < 0.10$)。综上所述,日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉能有效降低肥育猪血液中胆固醇和甘油三酯的含量,可能通过调控脂肪代谢基因ATGL、CPT1和FAS的表达,进而调控肥育猪肝脏的脂肪代谢。

关键词:灰毡毛忍冬;生化指标;脂肪酸组成;脂肪代谢;肥育猪

中图分类号:S828.5

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.11.023

Effects of Dietary Supplementation of *Lonicera macranthoides* Leaves on Blood Biochemical Indexes and Fat Metabolism of Growing-finishing Pigs

WANG Qin-hua^{1,2}, LONG Ci-min², ZHOU Xi-hong², XIE Chun-yan²,
LI Feng-na², FAN Zhi-yong^{1*}, YING Yu-long², WU Xin^{1,2*}

¹Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;²Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region and Hunan Engineering and Research Center of Animal and Poultry Science, Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

Abstract: The aims of this study was to determine the effects of dietary supplementation of *Lonicera macranthoides* leaves (LML) on blood biochemical indexes, liver fatty acid composition and the expression of fat metabolism-related genes in finishing pigs. A total of 160 crossbred barrows (Large White × Landrace) with an average initial BW of 55 ± 1.03 kg were randomly allocated to 2 treatment groups (each treatment was replicated eight times with ten pigs each) and fed either a basal diet or a diet supplemented with 1.0% LML powder. The experiment lasted for 60 days. The results were showed as follows: 1) Compared with the control group, dietary supplementation of LML powder significantly decreased the serum total cholesterol (TC) content ($P < 0.05$) and increased the c-reaction protein (CRP) content ($P < 0.05$); 2) Compared with the control group, dietary supplementation of LML powder significantly decreased the liver content of SFA c13:0 and MUFA of c14:1 ($P < 0.05$); 3) Compared with the control group, the mRNA expression levels of Adipose triglyceride lipase (ATGL) and Carnitine acyl transferase-1 (CPT1A) genes in the dietary supplementation of

收稿日期:2016-06-22 接受日期:2016-09-21

基金项目:湖南省重大专项(2015NK1002);“十二五”农村领域国家科技计划(2012BAD39B03);湖南省面上项目(S2014J5041);湖南省重点研发计划(2016YFD0501209)

* 通讯作者 Tel:86-731-84619767; E-mail: wuxin@isa.ac.cn; fzzyong04@163.com

LML powder were significantly up-regulated ($P < 0.05$); while the mRNA expression levels of Lipogenic enzymes (FAS) genes were significantly down-regulated ($P < 0.10$). In conclusion, dietary supplementation of LML powder can effectively reduce the content of serum total triglyceride (TG) and total

cholesterol (TC) in finishing pigs and these effects may be associated with the expression of fat metabolism-related genes, thus regulating the liver fat metabolism.

Key words: *Lonicera macranthoides*; biochemical index; fatty acid composition; fat metabolism; finishing pigs

灰毡毛忍冬(*Lonicera macranthoides*)为忍冬科忍冬属植物,《中国药典》2015年版所记载灰毡毛忍冬(山银花)的药用部位、性味归经、功能主治和用法用量均与金银花完全一致^[1],为常用中药。有关灰毡毛忍冬的化学成分研究表明,灰毡毛忍冬富含挥发油(芳樟醇、双花醇等),此外还含有有机酸(绿原酸、异绿原酸、咖啡酸、棕榈酸等)、黄酮类、皂苷类^[1]等。具有解热、抗炎、抗病原微生物、利胆保肝、止血、抗氧化、利尿、降低胆固醇和免疫调等作用。医药记载能用于主治痈肿、喉痹、丹毒、热毒血痢、风热感冒、温病发热等症^[2-4]。灰毡毛忍冬作为一种药用研究报道较多,而对于其副产品在畜禽养

殖中的利用却鲜有报道,本研究小组表明:灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪的肉质有一定的改善作用^[5]。因此,本研究探讨了灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪血清生化指标、肝脏脂肪酸组成以及脂肪代谢相关基因表达量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

灰毡毛忍冬藤叶粉由湖南盛世丰花生物科技有限公司提供,产地为湖南省隆回县,并检测其常规营养成分(见表1)。

表1 灰毡毛忍冬常规营养成分含量(%,干物质基础)

Table 1 The content of basic nutrition composition in *L. macranthoides*

能量 Energy EE (MJ/kg)	粗蛋白 CP	酸性纤维 ADF	中性纤维 NDE	钙 Ca	磷 P	粗灰分 ASH
4.10	7.80	32.70	47.50	0.75	0.14	5.90

1.2 试验动物与试验设计

试验采用单因子试验设计,选择肥育猪场同栋栏舍、同一批次体重在55 kg左右二元杂肥育猪(长白×大白)阉公猪16栏共160头,随机分成2个处理组,分别设为对照组(基础日粮)和实验组(基础日粮添加1%灰毡毛忍冬藤叶粉),每个处理8个重复,每个重复10头猪。参考NRC(2012)配制肥育猪基础日粮,配方及营养水平见表2;实验动物自由采食(每天9:00和15:00投料)与饮水,试验期60 d。动物饲养试验在湖南佳和农牧有限公司(洞口县)进行,严格按照猪场防疫和饲养管理制度进行操作。

1.3 样品采集及指标检测

1.3.1 血清生化指标

10 mL于干净的离心管中,室温静置1 h后4 °C、3500 rpm离心15 min,收集血清分装于500 μL无菌离心管中,-20 °C保存。采用溴甲酚绿法检测白蛋白(ALB),双缩脲法检测总蛋白(TP),AMP缓冲液法检测碱性磷酸酶(ALP),氧化酶法检测血糖(Glu)、总胆固醇(TC)和甘油三酯(TG),IFCC法检测乳酸脱氢酶(LDH),Cr-P碱性苦味酸法检测肌酐(CREA),免疫透射比浊法检测IgM和C型反应性蛋白(CRP)。

1.3.2 组织样品采集

试验猪在60 d采血后屠宰,采集肝脏,以1.5 mL EP管装好,放入液氮,速冻后转至-80 °C冰箱中保存。

表2 试验基础日粮配方与营养水平

Table 2 Ingredient and nutrient levels of basal diet

日粮组成 Composition	%	营养水平 ** Nutrient levels	(%)
玉米 Corn	72.4	消化能 DE (MJ/kg)	13.77
膨化大豆 Soybean expanded	13.54	粗蛋白质 CP	15.29
酶解豆粕 Enzymatically decomposed soybean meal	6.65	钙 Ca	0.55

日粮组成 Composition	%	营养水平 ^{**} Nutrient levels	(%)
L-赖氨酸 L-lysine 98%	0.4	总磷 TP	0.56
L-蛋氨酸 L-methionine	0.06	有效磷 AP	0.39
L-苏氨酸 L-threonine	0.15	赖氨酸 Lys	0.99
豆油 Soybean oil	2.8	蛋氨酸 Met	0.31
预混料 Premix*	4	蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.57
		苏氨酸 Thr	0.7
合计 Total	100		

注: * 预混料组成(%) : 多矿 25; 左旋肉碱 0.5; 混合维生素 11.5; 味精 2.5; 抗氧化剂 5; 防霉剂 12.5; 硫酸亚铁 5; 硫酸锰 10; 铬 5; 磷酸氢钙 285; 石粉 300; 统糠 91.5; 食盐 75; 载体为沸石粉。蛋白水平为粗蛋白含量。

** 营养水平为计算值。

Note: * Content of premix (%) : polimineral 25; carnitine 0.5; mixed vitamin 11.5; gourmet power 2.5; antioxidant 5; mildew preventive 12.5; Fe₂(SO₄)₃ 5; MgSO₄ 10; Cr 5; P-Ca 285; limestone 300; chaff 91.5; NaCl 75; feed carrier with zeolite powder. CP is Crude protein.

** Nutrient level as calculated value.

1.3.3 肝脏中中长链脂肪酸含量检测

取冷冻干燥成粉末状的肝脏样品约 0.5 g 至 10 mL 离心管中, 加氯仿 5 mL, 超声浸提 30 min, 5000 rpm 离心 15 min, 取氯仿层(下层清液)转移至 10 mL 离心管中, 再离心, 反复到清澈(至少得 3 次)。最后一次离心后用转移至称重好的试管(10 mL)。离心浓缩仪干燥, 约 3~5 h。

称重(即总重-试管重 = 脂肪重)。每 50 mg 油脂或脂肪酸加 1% 硫酸-甲醇(浓硫酸:甲醇 = 1:99) 2 mL 于 70°C 水浴加热 1 h, 加入 2 mL 正己烷, 再加入 3 mL 蒸馏水, 震荡混匀, 5000 rpm 离心 10 min, 取出上清, 剩余再加 2 mL 正己烷洗 1 次, 5000 rpm 离心 10 min, 取上清, 合并两次上清, 用 0.45 μm 微孔滤膜过滤至上样瓶中利用气相色谱检测。

气相色谱程序设为: 初始温度为 150 °C, 保持 3 min; 以 8 °C/min 的速度提升至 200 °C, 保持 1 min; 以 15 °C/min 的速度提升至 250 °C, 保持 4 min。进

样口和检测口温度分别设为 240 °C 和 260 °C。气象载体为 H₂, 流速为 40 mL/min。通过和标准样品(Sigma Chemicals, St. Louis, MO, USA) 峰值出现时间对比确定脂肪酸的种类。结果以单一脂肪酸占总脂肪酸的百分比表示。

1.3.4 肝脏中与脂肪代谢相关基因表达量的检测

采用 Trizol(Invitrogen 公司, 美国) 法提取组织中总 RNA, 具体操作方法参照 Simms 等^[6], 然后将 RNA 浓度调节一致, 取 100 ng 进行反转录, 反转录试剂盒购自 TaKaRa 公司(大连, 中国), 具体方法按说明书进行。再利用 Real-time PCR 方法检测 mRNA 的表达量, 引物由上海生物工程有限公司合成(引物见表 3), 以 3'-磷酸甘油醛脱氢酶(GAPDH)为内参基因, 以脂肪合成酶(FAS)、肉碱棕榈酰基转移酶 1(CPT1A)、甘油三酯脂肪酶(ATGL)与激素敏感脂肪酶(HSL)为目的基因进行相对定量分析其表达量。

表 3 引物序列

Table 3 Primer sequences

基因 Genes	引物序列 Primer sequences
GAPDH	F: 5'-ACTCACTTCTACCTTGATGCT-3' R: 5'-TGTGCTGTAGCCAATTCA-3'
FAS	F: 5'-GTCCTGCTGAAGCCTAACTC-3' R: 5'-TCCTTGGAACCGTCTGTG-3'
CPT1A	F: 5'-CCATCAAAACTGCCTCCTTAG-3' R: 5'-ACCGAGTGTGCCAGATAAAA-3'
ATGL	F: 5'-ATGGTGCCCTACACGCTG-3' R: 5'-GCCTGCTGCTCCTTATCC-3'
HSL	F: 5'-TCCTTGGAACCGTCTGTG-3' R: 5'-GTAAGGCTCGTGGATTG-3'

1.4 数据处理

试验数据经 Excel 2010 初步整理后,运用 SPSS 19.0 统计软件中的单因素 T 型检验进行各处理组间差异显著性比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著,以 $P < 0.10$ 为差异显著性趋势,结果以平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 表示。

表 4 灰毡毛忍冬对肥育猪血液生化指标的影响

Table 4 The effect of *L. macranthoides* serum biochemical indicators in growing-finishing pigs

项目 Item	组别 Group	
	对照组 Control	LML
ALB	42.07 \pm 0.44	39.63 \pm 2.02
ALP	167.05 \pm 10.85	143.50 \pm 19.46
TC	2.69 \pm 0.11 ^a	2.29 \pm 0.14 ^b
TG	0.52 \pm 0.04	0.42 \pm 0.07
TP	68.75 \pm 1.24	66.80 \pm 2.35
LDH	404.06 \pm 22.79	430.48 \pm 41.13
CREA	178.05 \pm 5.40 ^b	185.25 \pm 4.74 ^a
Glu	4.32 \pm 0.17	4.29 \pm 0.17
Ca	2.64 \pm 0.02	2.55 \pm 0.06
IgM	0.77 \pm 0.03	0.79 \pm 0.09
CRP	0.44 \pm 0.11	0.73 \pm 0.41

注:同行数据肩标相邻字母表示差异显著(a,b) ($P < 0.05$),相同字母或无字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

Note: In the same row, values with adjacent superscripts indicated significantly different (a,b) ($P < 0.05$), while with the same or no superscripts indicated no significantly different ($P > 0.05$). Same as below.

2.2 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪肝脏中脂肪酸的影响

由表 5 可知,相比对照组,LML 组肝脏中 SFA (c13: 0) 和 MUFA (c14: 1) 的含量显著下降 ($P < 0.05$),其余各种脂肪酸之间没有显著差异。对照组和实验组 SFA 总量占总脂肪酸的比例分别为 38.695%、38.444%;对照组和 LML 组 MUFA 总量占总脂肪酸的比例分别为 49.026%、49.121%;对照组和 LML 组 PUFA 总含量占总脂肪酸的比例分别为 12.094%、12.417%;三种脂肪酸的总量与对照组相

2 结果与分析

2.1 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪血清生化指标的影响

由表 4 可知,与对照组相比,LML 组血清中 TC 含量下降了 15% ($P < 0.05$),CREA 的含量显著提高 ($P < 0.05$)。

表 4 灰毡毛忍冬对肥育猪血液生化指标的影响

Table 4 The effect of *L. macranthoides* serum biochemical indicators in growing-finishing pigs

比无显著差异。

2.3 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪肝脏中脂肪代谢基因表达量的影响

由图 1 可知,与对照组相比,LML 组肝脏中甘油三酯脂肪酶 (ATGL) 和肉碱棕榈酰基转移酶 1 (CPT1A) 的基因表达量分别显著增加 76% 和 49% ($P < 0.05$);而脂肪合成酶 (FAS) 的基因表达量下降了 30% ($P < 0.10$)。激素敏感脂肪酶 (HSL) 的相对表达量有增加的趋势。对照组和 LML 组激素敏感脂肪酶 (HSL) 的相对表达量无显著差异。

表 5 灰毡毛忍冬对肝脏中长链脂肪酸组成的影响(%)

Table 5 The effect of *L. macranthoides* on hepatic fatty acid composition in growing-finishing pigs (%)

项目 Item	组别 Group	
	对照组 Control	LML
饱和脂肪酸 SFA	c6: 0	0.075 \pm 0.077
	c8: 0	0.046 \pm 0.021
	c10: 0	0.018 \pm 0.021
	c11: 0	0.027 \pm 0.059

项目 Item	组别 Group	
	对照组 Control	LML
c12: 0	0.018 ± 0.021	0.016 ± 0.011
c13: 0	0.034 ± 0.028 ^a	0.015 ± 0.041 ^b
c14: 0	0.353 ± 0.028	0.358 ± 0.013
c15: 0	0.090 ± 0.004 ^b	0.105 ± 0.005 ^a
c16: 0	16.307 ± 0.304	16.529 ± 0.338
c17: 0	0.722 ± 0.055	0.879 ± 0.074
c18: 0	27.125 ± 0.442	27.221 ± 0.316
c20: 0	0.074 ± 0.034	0.076 ± 0.021
单不饱和脂肪酸 MUFA	c14: 1	0.074 ± 0.009 ^a
	c15: 1	0.047 ± 0.006
	c16: 1	0.652 ± 0.042
	c17: 1	0.039 ± 0.003
	c24: 1	0.045 ± 0.002
	c18: 1n9t	14.665 ± 0.671
	c18: 1n9c	1.776 ± 0.054
多不饱和脂肪酸 PUFA	c18: 2n6t	0.034 ± 0.002
	c18: 2n6c	16.182 ± 0.180
	c20: 2	0.458 ± 0.020
	c20: 4n6	20.119 ± 0.458
	c22: 2	0.148 ± 0.040
	c22: 6n6	0.912 ± 0.081
		1.383 ± 0.301

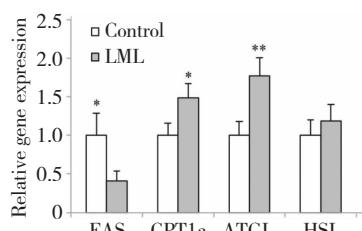


图1 灰毡毛忍冬对肥育肝脏中脂肪代谢基因表达的影响

Fig. 1 The effect of *L. macranthoides* on expression of genes involved in lipid metabolism in finishing pigs

注:control:对照组,基础日粮;LML:基础日粮+1%灰毡毛忍冬藤叶粉

3 讨论

3.1 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪血清生化指标的影响

本试验研究结果显示,肥育猪日粮中添加1%的金银花藤叶粉能显著降低血清中甘油三酯和胆固醇(有降低的趋势)含量。研究发现,金银花提取物能降低血清中胆固醇的含量^[7];连续3周给大鼠静

脉注射绿原酸5 mg/mL,可使大鼠血浆中胆固醇以及甘油三酯分别下降44%和58%,另外对肝脏中的甘油三酯水平也有显著降低^[8]。因此,灰毡毛忍冬藤叶粉能显著降低血清中甘油三酯和胆固醇的含量可能与其成分中含有绿原酸和黄酮类化合物,这与潘竞锵,王强,韩敏^[9,10]等研究一致,其可能的机理与α-葡萄糖苷酶活性在肠道的作用有关。此外,本试验中,LML组CRP含量显著提高($P < 0.05$),这表明灰毡毛忍冬在一定程度上能够提高猪的免疫力,但是具体的提高多少或日粮中最佳添加量等还需我们进一步研究。

3.2 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪肝脏中脂肪酸组成的影响

脂肪酸可分为饱和脂肪酸(saturated fatty acids,SFA)、单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids,MUFA)和多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids,PUFA)^[11]。本试验结果发现,试验组SFA、MUFA与PUFA总含量与对照组相比无显著差异,表明肥育猪日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉对肝

脏脂肪酸组成无影响。但是,其中灰毡毛忍冬组肝脏 SFA 中 c13:0 显著下降($P < 0.05$),MUFA 中的 c14:1 显著降低($P < 0.05$)。许多研究表明,c13:0、c14:1 和 c15:1 等能降低血清中胆固醇的含量,且成正相关^[12-15]。这表明肝脏中 SFA、MUFA 中一些脂肪酸的降低可能是灰毡毛忍冬藤粉在肝脏中降低胆固醇时,促进脂肪酸的利用,改善脂肪酸的组成,其具体的作用机制有待进一步的深入探究。

3.3 灰毡毛忍冬藤叶粉对肥育猪肝脏中脂肪代谢相关基因表达的影响

肝脏是脂肪代谢的主要场所,在脂肪代谢过程中,关键性的酶有 FAS、ATGL、CPT1A 与 HSL 等,其中 ATGL、CPT1A 与 HSL 是肝脏中脂肪分解代谢的关键酶,FAS 是脂肪酸合成的关键酶。本试验表明,相对于对照组,LML 组肝脏中 ATGL mRNA 的相对表达量显著增加($P < 0.05$),CPT1A 和 HSL 相对表达量有增加的趋势。FAS mRNA 的相对表达量有下降的趋势。灰毡毛忍冬茎叶中主要化学成分为三萜皂苷和有机酸^[16],研究表明三萜皂苷对肝脏有一定的保护作用^[17-20],由于灰毡毛忍冬含三萜类等物质,在一定范围的添加量抑制猪肝脏脂肪合成和促进肝脏中脂肪的分解。此外,ATGL、HSL 为甘油三脂水解的限速酶。本试验表明 ATGL mRNA 的相对表达量显著增加($P < 0.05$),HSL mRNA 的相对表达量有增加的趋势。本试验证明了灰毡毛忍冬促进了肝脏甘油三酯分解和脂肪酸氧化,改善了机体脂肪代谢。

4 结论

肥育猪日粮中添加灰毡毛忍冬藤叶粉能有效降低肥育猪血液中胆固醇和甘油三酯的含量,可能通过调控脂肪代谢基因 ATGL、CPT1 和 FAS 的表达,进而调控肥育猪肝脏的脂肪代谢。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China, Vol I (中华人民共和国药典,一部). Beijing: Chemical Industry Press, 2015. 21, 152.
- 2 Guo F(郭峰), Yu ZQ(虞紫茜), Zhao ZP(赵中平). A preliminary study on the immune function of red blood cells. *Chin J Anesthesiol* (中华麻醉学杂志), 1982, 62: 715-716.
- 3 Wang HB(王海滨), Zhang JP(张景萍), Shen Q(沈茜), et al. Quantitative assay of complement receptor type 1 ex- pressed on erythrocytes. *Chin J Lab Med* (中华医学检验杂志), 1999, 22: 342-343.
- 4 Li JJ(李建军), Li JF(李军芳), Jia GL(贾国伦). Research progress of honeysuckle. *Biol Teaching* (生物学教), 2012, 6: 2-4.
- 5 Long CM, Zhou XH, Wang QH, et al. Dietary supplementation of *Lonicera macranthoides* leaf powder improves amino acid profiles in serum and longissimus thoracis muscle of growing-finishing pigs. *Animal Nutr*, 2016, Accepted.
- 6 Simms D, Cizdziel PE, Chomczynski P. TRIzolTM: A new reagent for optimal single-step isolation of RNA. *Focus*, 1993, 15: 532-535.
- 7 Wang Q(王强), Chen DH(陈东辉), Deng WL(邓文龙). Effect of honeysuckle extract on blood lipid and blood glucose. *Pharm Clin Chin Mater* (中医药理与临床), 2007, 23 (3): 40-42.
- 8 Rodriguez de Sotillo DV, Hadley M. Chlorogenic acid modifies plasma and liver concentrations of: cholesterol, triacylglycerol, and minerals in (fa/fa) Zucker rats. *J Nutr Biochem*, 2002, 13: 717-726.
- 9 Pan JQ(潘竞锵), Liu HC(刘惠纯), Liu GN(刘广南), et al. Honeysuckle can reduce blood glucose and blood lipid levels in mice. *Guangzhou Med J* (广州医药), 1998, 3: 61-64.
- 10 Han M(韩敏). Recent studies on flavonoids in lowering blood lipid. *J Xi'an Univ Arts Sci: Nat Sci* (西安文理学院学报,自科版), 2013, 4: 11-15.
- 11 Rissi R, Pastorelli G, Cannata S, et al. Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets:a review. *Animal Feed Sci Technol*, 2010, 13(4): 1-11.
- 12 Sundram K. Dietary palmitic acid results in lower serum cholesterol than does a lauric-myristic acid combination in normolipemic humans. *Am J Clin Nutr*, 1994, 59: 841-846.
- 13 Chen YJ(陈银基), Ju XR(鞠兴荣), Zhou GH(周光宏). Classification and physiological function of saturated fatty acids. *China Oils Fats* (中国油脂), 2008, 3: 35-39.
- 14 Xue CY(薛长勇), Liu HY(刘英华), Wang J(王觐), et al. Effects of medium-and long-chain fatty acid triacylglycerol on blood lipid in hypertriacylglycerolemic subjects. *Acta Nutr Sin* (营养学报), 2008, 4: 363-368.
- 15 Chen DW(陈代文), Zhang KY(张克英). The nutritional regulation of gene expression. *Chin J Anim Nutr* (动物营养学报), 2001, 4: 1-6.
- 16 Liu WJ(刘文娟), Chen Y(陈雨), Ma X(马鑫), et al. Progress in the research on chemical constituents of *Lonicera macranthoides* Hand. -Mazz. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 2013, 1: 6-10.

(下转第 1837 页)