

文章编号:1001-6880(2016)11-1724-08

辣木叶粉对大鼠生长性能、血液与 肝脏抗氧化及免疫指标的影响

张幸怡,李 洋,林 聰,许文斌,张永根*

东北农业大学动物科学技术学院,哈尔滨 150030

摘要:探究辣木叶粉对 SD 大鼠生长性能、血液生化指标、血液与肝脏抗氧化及免疫指标的影响。选取体重相近的雄性 SD 大鼠 40 只,随机分为灌胃等容积生理盐水的对照组,以及灌胃剂量分别为 0.45、0.9、1.8 和 3.6 g/kg/体重(BW)的辣木叶粉悬浊液的实验组,预饲 3 d,连续灌胃 21 d 后,摘眼球取血,处死,摘取脏器称重,所有样品用于抗氧化和免疫指标的检测。结果显示辣木叶粉能够有效降低血液中的胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)、尿素氮(BUN)和肌酐(CREA)的含量($P < 0.05$),提高大鼠血液及肝脏的过氧化氢酶(CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活力,降低丙二醛(MDA)的含量($P < 0.05$)。与对照组相比,实验组血液中免疫球蛋白 A(IgA)和免疫球蛋白 G(IgG)的含量显著升高($P < 0.05$),另外,血液及肝组织中的抗炎因子白介素-10(IL-10)的含量均显著升高,血液中促炎因子白介素-1 β (IL-1 β)、白介素-6(IL-6)以及肝组织中的白介素-17(IL-17)的含量显著降低($P < 0.05$)。实验结果表明辣木叶粉对大鼠生长性能无明显促进作用,但可有效降低血液中血脂、尿素氮和肌酐的含量,提高肾小球的滤过率,改善大鼠血液生化指标,提高 SD 大鼠血液及肝脏的抗氧化活性及免疫能力,且剂量在 0.9~1.8 g/kg(BW)范围内效果表现较好。

关键词:辣木叶粉;SD 大鼠;生长性能;抗氧化;免疫

中图分类号:S816.5

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.11.007

Effects of *Moringa oleifera* Leaves on Growth Performance, Antioxidant and Immunity Function of Blood and Liver in Sprague Dawley Rats

ZHANG Xing-yi, LI Yang, LIN Cong, XU Wen-bin, ZHANG Yong-gen*

College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of *Moringa oleifera* leaves powder on growth performance, antioxidant and immunity function of blood and liver in Sprague Dawley rats. Forty male Sprague Dawley rats with near weight were randomly allocated to five groups. The rats in the five experimental groups were administered 0 (normal control), 0.45, 0.9, 1.8 and 3.6 g/kg body weight *M. oleifera* leaves powder via gavage. The preliminary feeding period lasted for 3 days, then all groups were treated by gavage for 21 consecutive days. Rats were fasted for 12 h and were subsequently sacrificed by exsanguination. The organ weights of rats were weighted. Antioxidant and immunity indexes in all the samples were measured. The results showed that *M. oleifera* leaves powder efficiently decreased the contents of triglyceride (TG), cholesterol (CHOL), blood urea nitrogen (BUN) and creatinine (CREA) in rat serum ($P < 0.05$); improved the contents of catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px) and decreased the contents of malondialdehyde (MDA) in the serum and liver of rats ($P < 0.05$); increased serum levels of immunoglobulins A and G (IgA, IgG); increased the concentration of interleukin-10 (IL-10) in the serum and liver of rats; decreased the concentration of proinflammatory factor (IL-1 β , IL-6) in the serum and interleukin-17 (IL-17) in the liver ($P < 0.05$). In conclusion, *M. oleifera* leaves powder had no effect on growth performance, but improved blood metabolism, decreased the levels of blood lipid, urea nitrogen and creatinine in the serum and raised glomerular filtration rate, increased antioxidant and immunity function of blood and liver in Sprague Dawley rats and that a dosage of 0.9~1.8 g/kg(BW) was sufficiently effective.

Key words: *Moringa oleifera* leaves powder; Sprague Dawley rats; performance; antioxidant; immune

收稿日期:2016-07-08 接受日期:2016-09-02

基金项目:国家奶牛产业技术体系项目(CARS-37)

* 通讯作者 Tel:86-451-55190840; E-mail:zhangyonggen@sina.com

目前,我国优质粗饲料短缺,且价格昂贵,因此寻求廉价、高产及高效的粗饲料尤为重要。辣木(*Moringa oleifera* Lam.),为辣木属,辣木科^[1],起源于印度西北部喜马拉雅山南麓,最早种植于热带、南亚热带地区,是一种耐旱,生物量较高的乔木。其叶含有丰富的淀粉,蛋白质,维生素A、B、C以及矿质元素^[2],因其具有较高的营养价值而成为国内外新型饲料资源的开发对象,但主要局限于家畜饲粮消化率和生产性能方面,缺乏其作为饲料原料时对动物机体抗氧化能力和免疫功能影响的相关研究。有研究发现辣木叶中含有抗坏血酸、黄酮类、酚类和胡萝卜素等多种抗氧化成分,以及多糖、生物碱、水溶性蛋白质等生物活性成分^[3,4],具有促消化,通便,降低血压和胆固醇^[5],调节甲状腺激素^[6],杀菌抗炎等特性,可外敷用于治疗溃疡、皮肤感染及腺体增生。因此本实验以SD大鼠作为实验动物,通过给予不同剂量的辣木叶粉研究其对大鼠生长性能,血液生化指标,血液和肝脏抗氧化能力及免疫功能的影响,确定辣木叶粉适宜的添加剂量,为辣木叶作为饲料原料的开发与研究提供参考,同时为其在今后的畜禽生产应用中提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验动物与材料

健康清洁级SD大鼠40只,雄性,7周龄,体重 160 ± 10 g,大鼠和鼠粮均购自北京维通利华实验动物技术有限公司。每四只一组随机分笼,自由采食和饮水。鼠笼内铺设清洁的垫料,且每周更换两次,实验期间室温控制在 24 ± 2 °C,相对湿度控制在47%~55%,12 h明/暗循环光照(于早晨7:00光照)。因本实验动物对象为SD大鼠,低剂量组的辣木叶粉剂量为每只0.09 g/d,高剂量组辣木叶粉剂量为每只为0.72 g/d,因而所需的辣木叶粉较少,很难与饲粮混匀,为保证每只鼠摄入相对较准确剂量的辣木叶粉,因此本实验设计选择灌胃方法。

辣木叶粉(PKM₁)由北京美琳卡生物科技有限公司提供,PKM₁是从辣木(*Moringa oleifera* Lam.)中优选出来的栽培品种,具有许多优良的经济性状,如生长速度快,分枝多,子实产量高等特点^[7],原产于印度的加尔各答市。由鲜辣木叶到辣木叶粉的处理过程包括:用清洁流动的自来水初步清洗收割回来的鲜辣木叶;再用70%的酒精进一步清洗(除去致病菌);以上两次清洗完成后再用蒸馏水冲洗一

次;于阴凉处自然风干后粉成粉状(过200目筛子);最后用反光的铝箔袋包装贮存。辣木叶粉含有93.25%的干物质(DM),18.01%的粗蛋白质(CP),6.2%的粗脂肪(EE),10.45%的灰分(Ash),50.1%碳水化合物,1.52%钙(Ca),0.19%磷(P),0.017%钠(Na),15.33 MJ/kg能量(风干基础)。

1.2 实验分组

本实验共设置5个处理组。即灌胃生理盐水的空白对照组,辣木叶粉0.45 g/kg(BW)组,0.9 g/kg(BW)组,1.8 g/kg(BW)组,3.6 g/kg(BW)组。将SD大鼠按每8只一组随机分配到各个组中,预饲3 d后,连续灌胃21 d。

1.3 样品采集和处理

灌胃期间每4 d进行一次称重,记录重量。在实验期结束后(实验期为21 d),禁食一整夜,不禁水。禁食完成后对大鼠进行称重,摘眼球采血于10 mL离心管中,3500 rpm离心10 min,取上清液血清,分装到3个EP管中,-20 °C冷冻保存。分别用于血液常规、血液抗氧化指标、血液免疫指标的检测。采血完毕后脱颈处死,摘取相关的组织器官,称重,用生理盐水冲洗,切样分装,于-20 °C冷冻保存待用。

脏器指数:脏器指数(%)=(脏器质量/体质量)×100。

血清生化指标:谷丙转氨酶(ALT),谷草转氨酶(AST),碱性磷酸酶(ALP),甘油三酯(TG),胆固醇(CHOL),高密度脂蛋白(HDL),低密度脂蛋白(LDL),肌酐(CREA),血清尿素氮(BUN)和血清葡萄糖(GLU)。以上指标采用意大利Fully全自动生化分析仪测定,试剂盒均购自北京中生北控生物科技股份有限公司,具体方法参见试剂盒说明书。

血清与肝脏抗氧化指标:过氧化氢酶(CAT),超氧化物歧化酶(T-SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px),总抗氧化能力(T-AOC),丙二醛(MDA)。试剂盒均购自南京建成生物工程有限公司,具体方法参见试剂盒说明书。肝脏组织匀浆的制备:将分离的肝脏按照1:9(W/V)的比例,加入生理盐水制成10%的组织匀浆。

血清与肝脏组织的免疫指标:白介素-1(IL-1)、白介素-2(IL-2)、白介素-4(IL-4)、白介素-6(IL-6)、白介素-10(IL-10)、白介素-17(IL-17)以及免疫球蛋白A和G(IgA和IgG)。以上指标采用酶联免疫法(ELISA)法检测,试剂盒均购自武汉博士德生物工程有限公司,具体方法参见试剂盒说明书。

1.4 数据处理与分析

实验数据以平均值和标准误表示,采用 SAS9.4 统计软件进行数据处理。用 GLM 程序进行单因素方差分析,Duncan 法进行组间多重比较。 $P < 0.05$ 代表差异显著, $P < 0.01$ 代表差异极显著。

2 结果与分析

2.1 辣木叶粉对 SD 大鼠生长性能的影响

由表 1 可以看出,各组体重在实验前无明显差

异。但在整个实验期内,雄鼠体重均呈上升趋势,并于灌胃第 5 d,实验组体重显著高于对照组($P < 0.01$), 0.9 g/kg 剂量组显著高于 0.45 g/kg 剂量组($P < 0.01$),但与其他两处理组无显著差异($P > 0.05$); 0.45 g/kg , 1.8 g/kg 与 3.6 g/kg 组之间差异不显著($P > 0.05$)。由灌胃第 9 d 至第 21 d 的体重结果显示,各组之间的体重及平均日增重无显著差异($P > 0.05$)。

表 1 辣木叶对 SD 大鼠生长性能的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)

Table 1 Effects of *M. oleifera* leaves on growth performance of Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
第 1 天体重 The 1st day body weight(g)	164.50 ± 3.16	161.50 ± 3.82	161.25 ± 5.09	160.50 ± 2.45	161.50 ± 3.82
第 5 天体重 The 5th day body weight(g)	197.25 ± 1.91^c	204.50 ± 3.58^b	213.00 ± 2.73^a	208.50 ± 8.60^{ab}	211.00 ± 10.74^{ab}
第 9 天体重 The 9th day body weight(g)	233.25 ± 1.58	239.25 ± 4.98	245.00 ± 2.00	234.25 ± 9.98	232.75 ± 27.21
第 13 天体重 The 13th day body weight(g)	273.25 ± 1.58	274.50 ± 8.05	281.25 ± 2.43	266.25 ± 10.67	263.25 ± 36.11
第 17 天体重 The 17th day body weight(g)	300.00 ± 3.46	309.00 ± 9.17	312.00 ± 2.73	294.25 ± 9.60	289.50 ± 46.49
第 21 天体重 The 21th day body weight(g)	329.25 ± 3.81	335.50 ± 7.73	341.50 ± 5.32	318.50 ± 13.41	322.50 ± 58.81
平均日增重 Average daily gain(g)	7.85 ± 0.08	8.29 ± 0.22	8.58 ± 0.15	7.53 ± 0.75	7.67 ± 2.88

注:同行肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),下表同。

Note: In the same row, values with different lowercase superscripts indicated significant difference ($P < 0.05$), same lowercase superscripts indicated not significant difference between treatments. The same as below.

2.2 辣木叶对 SD 大鼠脏器指数的影响

由表 2 的结果可以看出, 1.8 g/kg 组的肝脏指
数显著高于其他实验组和对照组($P < 0.01$),而

$0.45\text{ }0.9\text{ }3.6\text{ g/kg}$ 组和对照组之间差异不显著($P > 0.05$)。与对照组相比,实验组对大鼠其他器官的脏器指数无显著影响($P > 0.05$)。

表 2 辣木叶对 SD 大鼠脏器指数的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)

Table 2 Effects of *M. oleifera* leaves on viscera indices in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
胸腺 Thymus (%)	0.21 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.22 ± 0.02	0.25 ± 0.04	0.21 ± 0.02
心脏 Heart (%)	0.44 ± 0.05	0.45 ± 0.04	0.43 ± 0.05	0.42 ± 0.04	0.43 ± 0.04
肺脏 Lung (%)	0.47 ± 0.04	0.45 ± 0.03	0.49 ± 0.04	0.45 ± 0.04	0.47 ± 0.06
肝脏 Liver (%)	3.39 ± 0.08^b	3.39 ± 0.08^b	3.40 ± 0.07^b	3.61 ± 0.02^a	3.34 ± 0.06^b
胃脏 Stomach (%)	0.63 ± 0.06	0.65 ± 0.05	0.64 ± 0.05	0.63 ± 0.05	0.65 ± 0.03
脾脏 Spleen (%)	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.05	0.26 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.25 ± 0.03
肾脏 Kidney (%)	0.78 ± 0.03	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.04	0.77 ± 0.02	0.78 ± 0.07
睾丸 Testis (%)	0.90 ± 0.32	0.96 ± 0.05	0.88 ± 0.03	1.04 ± 0.02	1.02 ± 0.10

2.3 辣木叶对 SD 大鼠血清生化指标的影响

由表 3 可知,与对照组相比,实验组血清中的甘

油三酯(TG)含量显著降低($P < 0.05$),其中 0.9 g/kg 组极显著低于 1.8 g/kg 和 3.6 g/kg 组($P <$

0.01),但与0.45 g/kg组差异不显著($P > 0.05$),另外,0.45、1.8、3.6 g/kg组之间TG浓度无显著差异($P > 0.05$);实验组的胆固醇(CHOL)浓度极显著低于对照组($P < 0.01$),且0.45、0.9、3.6 g/kg组显著低于1.8 g/kg组($P < 0.01$);最高剂量3.6 g/kg组的血清尿素氮(BUN)和肌酐(CREA)浓度显著降低($P < 0.01$),而其他实验组血清中的BUN无明显变

化($P > 0.05$),CREA浓度则均显著低于对照组($P < 0.01$),并随辣木叶剂量的增大,大鼠血清中CREA浓度显著下降。辣木叶粉对大鼠血清中谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、葡萄糖(GLU)浓度无显著影响($P > 0.05$)。

表3 辣木叶对SD大鼠血清生化指标的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)Table 3 Effects of *M. oleifera* leaves on serum biochemical indexes in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
谷丙转氨酶 ALT (IU/L)	47.25 ± 4.37	42.75 ± 3.41	44.25 ± 9.66	44.75 ± 6.39	41.50 ± 9.58
谷草转氨酶 AST (IU/L)	176.75 ± 6.78	167.00 ± 4.00	168.75 ± 15.43	166.50 ± 14.86	166.50 ± 26.62
碱性磷酸酶 ALP (IU/L)	230.38 ± 21.59	247.75 ± 22.13	205.25 ± 48.92	259.00 ± 41.58	215.25 ± 52.61
甘油三酯 TG (mmol/L)	0.91 ± 0.08 ^a	0.65 ± 0.17 ^{bc}	0.62 ± 0.20 ^c	0.84 ± 0.26 ^{ab}	0.84 ± 0.19 ^{ab}
胆固醇 CHOL (mmol/L)	1.88 ± 0.15 ^a	1.36 ± 0.27 ^c	1.31 ± 0.18 ^c	1.57 ± 0.10 ^b	1.36 ± 0.18 ^c
高密度脂蛋白 HDL (mmol/L)	0.55 ± 0.09	0.61 ± 0.11	0.57 ± 0.09	0.66 ± 0.01	0.56 ± 0.04
低密度脂蛋白 LDL (mmol/L)	0.26 ± 0.06	0.26 ± 0.03	0.28 ± 0.04	0.29 ± 0.03	0.27 ± 0.06
血清尿素氮 BUN (mmol/L)	5.36 ± 0.35 ^a	5.34 ± 0.85 ^a	5.18 ± 0.63 ^a	5.00 ± 0.64 ^a	4.88 ± 0.42 ^b
肌酐 CREA (μmol/L)	60.00 ± 2.62 ^a	48.00 ± 1.51 ^b	43.25 ± 3.50 ^c	44.00 ± 3.63 ^c	36.25 ± 4.43 ^d
血糖 GLU (mmol/L)	6.85 ± 0.42	7.22 ± 0.73	7.35 ± 1.29	7.35 ± 0.76	7.07 ± 0.68

2.4 辣木叶对SD大鼠血清抗氧化指标的影响

由表4可见,1.8 g/kg组血清CAT含量显著高于其他实验组及对照组($P < 0.01$),而0.45,0.9,3.6 g/kg组与对照组之间无明显差异($P > 0.05$);与对照组相比,灌胃辣木叶可以显著提高血清中T-AOC及GSH-Px的含量($P < 0.05$),实验组之间血清T-AOC浓度差异不显著($P > 0.05$);同时,1.8 g/kg组血清中GSH-Px含量最高,且显著高于0.45

g/kg,0.9 g/kg组($P < 0.01$),但与3.6 g/kg组无明显差异($P > 0.05$);3.6 g/kg组血清中T-SOD含量显著降低($P < 0.05$),但对照组与其他各实验组间无明显差异($P > 0.05$);另外,1.8 g/kg组血清中MDA含量显著低于其他各组($P < 0.01$),与对照组相比,3.6 g/kg组显著降低($P < 0.05$),而0.45 g/kg,0.9 g/kg组血清中MDA含量则无明显变化($P > 0.05$)。

表4 辣木叶对SD大鼠血清抗氧化指标的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)Table 4 Effects of *M. oleifera* leaves on serum antioxidant function in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
过氧化氢酶 CAT (U/mL)	7.40 ± 0.60 ^b	7.20 ± 0.92 ^b	5.61 ± 2.26 ^b	10.92 ± 4.05 ^a	5.59 ± 1.52 ^b
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px (U/mL)	2581.86 ± 223.85 ^c	3479.26 ± 158.03 ^b	3520.08 ± 402.08 ^b	4126.45 ± 351.36 ^a	3954.44 ± 287.27 ^a
总抗氧化能力 T-AOC (U/mL)	5.10 ± 0.22 ^b	8.18 ± 1.03 ^a	7.03 ± 2.69 ^a	6.32 ± 1.27 ^{ab}	6.48 ± 2.19 ^{ab}
总超氧化物歧化酶 T-SOD (U/mL)	343.26 ± 39.52 ^a	321.74 ± 8.36 ^{ab}	340.97 ± 26.33 ^{ab}	347.99 ± 17.59 ^a	316.68 ± 15.66 ^b
丙二醛 MDA (nmol/mL)	7.92 ± 0.58 ^a	7.54 ± 0.37 ^{ab}	7.50 ± 0.34 ^{ab}	4.95 ± 0.45 ^c	7.15 ± 0.43 ^b

2.5 辣木叶对SD大鼠血清免疫指标的影响

由表5可以看出,辣木叶粉可显著降低血清中

IL-1 β 含量,其中1.8 g/kg组显著低于其他各组($P < 0.01$),0.45 g/kg组显著低于0.9 g/kg,3.6 g/kg

组($P < 0.01$)；实验组血清中的 IL-6 呈下降趋势，0.9 g/kg 组血清中 IL-6 含量最低，并极显著低于对照组和 0.45 g/kg 组($P < 0.01$)；与对照组相比，实验组血清中 IL-4 与 IL-10 含量显著升高，且随着辣木叶灌胃剂量的加大，血清中 IL-4 含量显著提高($P < 0.01$)，1.8 g/kg 组血清中 IL-10 含量显著高于其他各实验组及对照组($P < 0.01$)；实验组血清中 IgA

与 IgG 含量均较对照组显著升高，其中 3.6 g/kg 组的 IgA 含量显著高于其他各组($P < 0.01$)，0.9 g/kg 组与 1.8 g/kg 组均显著高于 0.45 g/kg 组($P < 0.01$)，但该两组之间无明显差异($P > 0.05$)；1.8 g/kg 组血清中 IgG 的含量最高，且 0.45 g/kg 与 0.9 g/kg 组显著高于 3.6 g/kg 组和对照组($P < 0.01$)，而对照组与 3.6 g/kg 组差异不显著($P > 0.05$)。

表 5 辣木叶对 SD 大鼠血清免疫指标的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)

Table 5 Effects of *M. oleifera* leaves on serum immune indexes in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
白介素-1 IL-1 β (ng/L)	41.13 \pm 2.33 ^a	33.09 \pm 1.38 ^c	37.73 \pm 1.41 ^b	25.70 \pm 1.06 ^d	36.18 \pm 2.70 ^b
白介素-4 IL-4 (ng/L)	123.91 \pm 5.98 ^d	143.87 \pm 3.93 ^b	142.08 \pm 7.40 ^b	134.22 \pm 4.91 ^c	158.70 \pm 7.87 ^a
白介素-6 IL-6 (ng/L)	155.42 \pm 4.83 ^a	156.63 \pm 4.42 ^a	81.59 \pm 10.56 ^d	97.63 \pm 6.97 ^c	115.93 \pm 5.14 ^b
白介素-10 IL-10 (ng/L)	60.29 \pm 5.61 ^e	100.23 \pm 3.77 ^c	122.56 \pm 2.87 ^b	135.65 \pm 7.60 ^a	77.47 \pm 4.75 ^d
免疫球蛋白 A IgA (g/L)	22.57 \pm 0.92 ^d	27.40 \pm 0.71 ^c	30.60 \pm 2.21 ^b	30.08 \pm 1.31 ^b	38.88 \pm 2.19 ^a
免疫球蛋白 G IgG (g/L)	322.05 \pm 7.17 ^c	387.36 \pm 12.39 ^{ab}	381.31 \pm 18.21 ^b	400.68 \pm 17.65 ^a	304.98 \pm 23.87 ^c

2.6 辣木叶对 SD 大鼠肝脏抗氧化指标的影响

由表 6 可知，0.9 g/kg 组大鼠的肝脏 CAT 活力显著高于对照组和其他实验组($P < 0.05$)，对照组，0.45, 1.8, 3.6 g/kg 组之间无明显差异($P > 0.05$)；0.9 g/kg 组肝脏中 T-SOD 及 GSH-PX 含量最高，0.45, 1.8, 3.6 g/kg 组与对照组四者之间肝脏 T-

SOD 含量差异不显著($P > 0.05$)，同时，0.45, 0.9, 3.6 g/kg 组大鼠的肝脏 GSH-PX 活力极显著高于对照组($P < 0.01$)；与对照组相比，0.45, 1.8, 3.6 g/kg 组的肝脏中 MDA 含量显著降低($P < 0.05$)，0.9 g/kg 组与对照组差异不显著($P > 0.05$)；灌胃辣木叶对大鼠肝脏 T-AOC 活力无显著影响($P > 0.05$)。

表 6 辣木叶对 SD 大鼠肝脏抗氧化指标的影响($n = 8, \bar{x} \pm s$)

Table 6 Effects of *M. oleifera* leaves on liver antioxidant function in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
过氧化氢酶 CAT (U/mgprot)	18.96 \pm 1.93 ^b	19.73 \pm 3.17 ^b	23.11 \pm 3.76 ^a	19.03 \pm 2.27 ^b	18.88 \pm 1.57 ^b
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px (U/mgprot)	243.94 \pm 24.33 ^c	287.77 \pm 24.08 ^{ab}	300.78 \pm 28.77 ^a	264.18 \pm 32.39 ^{bc}	294.40 \pm 34.14 ^{ab}
总超氧化物歧化酶 T-SOD (U/mgprot)	246.93 \pm 32.51 ^b	236.39 \pm 27.73 ^b	286.34 \pm 36.53 ^a	256.70 \pm 29 ^{ab}	259.29 \pm 9.65 ^{ab}
总抗氧化能力 T-AOC (U/mgprot)	12.36 \pm 0.56	11.93 \pm 0.67	13.08 \pm 1.24	12.23 \pm 1.75	11.94 \pm 0.68
丙二醛 MDA (nmol/mgprot)	19.82 \pm 2.16 ^a	16.83 \pm 2.21 ^b	18.81 \pm 1.11 ^{ab}	14.05 \pm 3.91 ^c	16.26 \pm 2.44 ^{bc}

2.7 辣木叶对 SD 大鼠肝脏免疫指标的影响

由表 7 可见，与对照组相比，实验组肝脏中的促炎因子 IL-17 含量显著降低($P < 0.05$)，且四个实验组之间无明显差异($P > 0.05$)。1.8 g/kg 与 3.6 g/kg 组肝脏中抗炎因子 IL-10 浓度显著高于对照组和其他实验组($P < 0.05$)，且该两组之间无显著差异($P > 0.05$)，0.45 g/kg, 0.9 g/kg 组肝脏中 IL-10 含量高于对照组，但与对照组差异不显著($P > 0.05$)。灌胃辣木叶对肝组织中的其他炎性因子(IL-2、IL-4、

IL-6) 无显著影响($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 辣木叶对大鼠生长性能的影响

本实验为灌胃不同剂量的辣木叶粉，从表 1 的结果可以看出，于灌胃第 5 d，实验组大鼠体重显著高于对照组，但后期则无明显差异，且与对照组相比，实验组的平均日增重无显著差异。这可能与其年龄，摄食量及食物利用率有关系。有实验证明，雄

表 7 辣木叶对 SD 大鼠肝脏免疫指标的影响 ($n = 8, \bar{x} \pm s$)Table 7 Effects of *M. oleifera* leaves on liver immune indexes in Sprague Dawley rats ($n = 8, \bar{x} \pm s$)

项目 Items	组别 Groups				
	对照组 Control	0.45 g/kg BW	0.9 g/kg BW	1.8 g/kg BW	3.6 g/kg BW
白介素-2 IL-2 (ng/g)	1235.58 ± 401.55	1250.41 ± 319.90	1124.29 ± 224.43	866.28 ± 217.47	984.01 ± 312.66
白介素-4 IL-4 (ng/g)	8910.93 ± 271.77	8352.39 ± 817.12	10261.14 ± 2119.75	9035.68 ± 1920.58	8676.26 ± 324.11
白介素-6 IL-6 (ng/g)	31274.04 ± 3395.13	29040.94 ± 1940.94	31898.47 ± 2490.57	29565.05 ± 3957.60	31899.91 ± 2841.91
白介素-10 IL-10 (ng/g)	7515.28 ± 327.57 ^b	7550.85 ± 896.20 ^b	7536.23 ± 976.80 ^b	8760.28 ± 317.67 ^a	8573.21 ± 893.33 ^a
白介素-17 IL-17 (ng/g)	4709.11 ± 414.82 ^a	3627.53 ± 424.04 ^b	4234.10 ± 683.23 ^{ab}	4052.31 ± 992.29 ^b	3865.82 ± 277.67 ^b

性 SD 大鼠的年龄与体重呈正相关, 而食物利用率在大鼠 5 周龄以后出现下降的现象, 与体重呈负相关^[8]。本实验选用 7 周龄的 SD 大鼠, 在灌胃初期, 增加了大鼠的摄食量, 因而实验组体重有明显增长, 但灌胃 5 d 后, 大鼠的摄食量趋于稳定, 且其食物利用率随周龄及体重的增长而降低, 故在灌胃后期 SD 大鼠体重无明显差异。同时, 饲粮中添加不同含量的辣木叶对白肉鸡生长性能无显著影响^[9], Zvino-rova 的实验也表明, SD 大鼠饲粮中添加 20% 的辣木叶粉并未促进其生长^[10], 与本实验结果相似。因此, 在本实验条件下, 灌胃不同剂量的辣木叶粉对大鼠生长性能无影响。

3.2 辣木叶粉对 SD 大鼠脏器指数的影响

脏器指数是指某个脏器的湿重与其单位体重的比值^[11], 可客观反映相关脏器的功能, 是动物重要的生物学指标之一^[12]。胸腺与脾脏是机体内主要的免疫器官, 而网状内皮系统也具有杀菌、抗原、吞噬、产生细胞因子的功能, 且肝脏在构成网状内皮系统中起着重要作用, 并且通过产生大量的巨噬细胞发挥免疫作用, 因此肝脏也是机体的重要免疫器官。本实验结果显示, 灌胃剂量为 1.8 g/kg 组的肝脏指数显著高于对照组和其他实验组, 但对血清中反应肝脏疾病的代表性指标 AST 和 ALP 的含量(表 3)无显著影响。Qwele 等研究也发现, 肉鸡饲粮中添加辣木叶可提高肉质中的抗氧化剂含量, 从而对包括肝细胞在内的细胞起保护作用^[13]。因此, 1.8 g/kg 组表现出肝脏指数的增加可能是由于该组体重较小^[10], 但对肝脏本身没有不良影响。

3.3 辣木叶粉对 SD 大鼠血清生化指标的影响

血清生化指标可反映机体内多种代谢产物的含量。本实验的各剂量组与对照组的血液生化指标检测结果均在正常参考值范围内。辣木叶粉对大鼠血清中 ALT、AST、HDL、LDL、GLU 指标不产生影响; ALP 是由成骨细胞生成, 在肝脏中完成代谢过程, 当肝内胆道胆汁排泄障碍时, 反流入血的 ALP 就会增

多, 从本实验结果可以得知, 实验组大鼠血清中 ALP 有下降趋势, 说明辣木叶有改善肝脏功能的潜力; 过量的 TG 可导致血脂升高, 目前已有研究证明, 辣木在防治高血脂、高血压和高血糖等疾病和改善机体代谢方面有一定的疗效^[14,15]。本研究发现, 辣木叶可显著降低大鼠血清中 TG 和 CHOL 浓度, 这一结果与 Mehta 等用辣木饲喂兔子的研究结果相一致^[16]; CREA 和 BUN 是评价肾小球滤过功能的重要指标, CREA 为肌肉代谢过程中的产物, 通过肾小球滤过作用后经肾脏排出, BUN 是氨基酸代谢的终产物, 在肝脏中合成, 最后在肾脏内经肾小球滤过后排出体外, 当肾小球滤过功能存在障碍时, 血清中 CREA 和 BUN 的浓度也因受到影响而发生变化, 本实验中, 与对照组相比, 灌胃辣木叶可显著降低血清中 CREA 和 BUN 的浓度, 对促进肾小球滤过作用方面有积极影响。

3.4 辣木叶对 SD 大鼠血清和肝脏抗氧化指标的影响

CAT 和 SOD 是生物体内重要的抗氧化酶, CAT 可催化 H₂O₂ 的分解反应, 防止 H₂O₂ 参与机体有害物质 · OH 的产生, 而 SOD 是机体内的垃圾清道夫, 可有效清除机体内的氧自由基^[17]。有研究证明, 辣木叶中具有抗氧化作用的成分, 且辣木叶中含有 CAT 和 SOD 两种酶, 可有效调节甲状腺激素的分泌以及肝脂的过氧化作用 (LPO)^[18,19]。本实验中, 1.8 g/kg 组和 0.9 g/kg 组可分别显著提高大鼠血清及肝组织中的 CAT 活性, 显著提高大鼠血清及肝脏组织的 T-SOD 水平, 清除体内的 H₂O₂, 从而有效保护细胞的膜结构及功能完整性。GSH-Px 可催化还原性谷胱甘肽 (GSH) 氧化与过氧化氢 (H₂O₂) 还原反应, 催化脂类过氧化物的分解, 减少机体内的 LPO 的生成, 从而保护机体免受损害^[20]。本实验中, 与对照组相比, 大鼠血清及肝脏组织的 GSH-PX 活力显著升高, 且以 0.9 g/kg 组与 1.8 g/kg 组的效果较为突出。T-AOC 是反映机体酶及非酶促体系

统的抗氧化水平高低的重要指标,实验组血清中 T-AOC 含量显著升高,说明辣木叶可提高大鼠机体的总抗氧化能力。MDA 是脂质氧化的终产物,有效降低机体内 MDA 的产生也就是减少了机体内脂质的过氧化,保护细胞的完整性,同时也可防止因机体内过多的 MDA 所引起的 SOD、GSH-PX 活性降低^[21]。本实验结果表明,辣木叶可显著降低血清及肝组织中 MDA 的含量,有效降低脂质氧化的程度。Tahiliani 证明辣木叶中的提取物可有效降低小鼠肝脏的过氧化脂质(LPO)水平^[6]。辣木叶中的水溶性多糖可清除羟自由基及超氧阴离子,发挥抗氧化作用^[22],同时,辣木叶中还含有多种不同类型的抗氧化成分,如抗坏血酸、维生素 E、类黄酮、酚类和类胡萝卜素等^[23,24],故辣木叶可有效改善大鼠机体内的抗氧化能力。

3.5 辣木叶对 SD 大鼠血清和肝脏免疫指标的影响

细胞因子在免疫调节过程中充当重要的调节者和介导者^[25],白细胞介素(ILs)作为细胞因子的一种,在免疫调节中发挥重要作用。本实验主要对 SD 大鼠血清及肝脏中的白细胞介素进行了针对性研究,其中 IL-4 与 IL-10 为抗炎因子^[26],而 IL-1(、IL-2、IL-6、IL-17 则属于促炎因子^[27-30],各因子之间存在着协同与拮抗的关系,使机体处于相对稳定的状态。有研究表明,过量的促炎因子可促使炎症反应的发生与发展,降低促炎因子的含量能够保护组织免于过度的炎症反应^[31,32]。有研究发现,IL-4 与 IL-10 对促炎因子 IL-1 β 、IL-6 的分泌均有抑制作用,本实验中,辣木叶组中大鼠血清中的促炎因子 IL-1 β 、IL-6 以及肝组织中 IL-17 较对照组显著降低,大鼠血清中的抗炎因子 IL-4 与 IL-10 显著升高。已有研究证明,蛋白质及其水解物、脂肪、淀粉、糖类等对机体细胞因子网络具有重要影响,良好的营养平衡状态有利于机体免疫系统的发育、稳定和自我调整^[25]。除此之外,肠道内合理的菌群比例及分布可促进机体免疫体统中的免疫细胞分泌多种细胞因子,提高机体的免疫力。有报道称,辣木叶对动物体的肠道菌群有调节作用^[33],可显著降低肉鸡肠道内的大肠杆菌菌数,并增加乳酸菌数,从而改善肠道内的菌群环境^[9]。由此可推断,可能是基于辣木叶本身具有较高的营养价值,可为动物提供充足的营养,进而调节机体炎性因子的分泌,提高机体免疫调节功能;还可能是因为辣木叶通过调节肠道的微生态结构,恢复肠道屏障功能,调节炎性因子的分泌,从

而达到提高机体免疫的作用^[33]。免疫球蛋白 IgA 和 IgG 是体液免疫应答中发挥免疫功能的主要免疫分子,本实验中,辣木叶可显著提高大鼠血清中 IgA 和 IgG 的含量,进一步证明了辣木叶具有提高免疫的能力。

辣木叶中的生物活性成分可能是提高大鼠免疫能力的主要原因,辣木叶中含有多种抗氧化成分以及多糖、生物碱、水溶性蛋白等多种生物活性成分^[4],在提高动物抗氧化活性和免疫力上发挥着重要作用。因此,辣木叶是天然、健康、安全的饲料来源,若将辣木在中国进行推广种植,将其作为优质粗饲料添加到动物饲粮中,在提高动物生产性能及机体免疫力的同时降低饲料成本,有效提高生产及经济效益,这将具有重要意义。

4 结论

辣木叶对 SD 大鼠增重无显著影响,但可有效改善血液生化指标,降低血液中血脂含量,提高肾小球对 BUN 和 CREA 的滤过作用,提高大鼠机体抗氧化能力和免疫力。综合实验结果,发现在最大灌胃剂量 3.6 g/kg(BW)时,对大鼠健康无不良影响,且最适剂量范围在 0.9~1.8 g/kg(BW),在此范围内大鼠机体的抗氧化能力及免疫力表现最好。

参考文献

- 1 Wu D (吴頤), Cai ZH (蔡志华), Wei YX (魏烨昕), et al. Research advances in *Moringa* as a new plant protein feed. *Chin J Anim Nutr* (动物营养学报), 2013, 25: 503-511.
- 2 Li SR (李树荣), Xu L (许琳), Mao KY (毛夸云), et al. The experiment of meat chicken growth by feeding with the fodder added with *Moringa oleifera*. *J Yunnan Agric Univ* (云南农业大学学报), 2006, 21: 545-548.
- 3 Dillard CJ, German J B. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *J Sc Food Agric*, 2000, 80: 1744-1756.
- 4 Zhang J (张婧). The study on the tissue culture system and determine the effective content of *Moringa oleifera*. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University (福建农林大学), MSc. 2013.
- 5 Faizi S, Siddiqui B S, Saleem R, et al. Solation and structure elucidation of new nitrile and mustard oil glycosides from *Moringa oleifera* and their effect on blood pressure. *J Nat Prod*, 1994, 57: 1256-1261.
- 6 Tahiliani P, Kar A. Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacol Res*, 2000, 41: 319-323.

- 7 Zhang YP (张燕平), Duan QF (段琼芬), Su JR (苏建荣). Horseradish and its utilization: review. *Chin J Trop Agric* (热带农业科学), 2004, 24(4): 42-48.
- 8 Xiang H (项华), Zhang XL (章晓玲), Zha J (查捷), et al. Research on growth development index and normal reference value of main organ of SD rats. *Chin J Health Lab Technol* (中国卫生检验杂志), 2008, 18: 299-301.
- 9 Du PL (杜佩玲). Effects of dietary supplementation of *Moringa oleifera* on growth performance, blood characteristics and immune response in broilers. Taipei: National Chung Hsing University (中兴大学), MSc. 2007.
- 10 Zvinorova P, Lekhanya L, Erlwanger K, et al. Dietary effects of *Moringa oleifera* leaf powder on growth, gastrointestinal morphometry and blood and liver metabolites in Sprague Dawley rats. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2015, 99(1): 21-28.
- 11 Liu YG (刘毓谷). *Hygienic Toxicology* (卫生毒理学基础). Beijing: People's Medical Publishing House, 1998. 65-66.
- 12 Kong XF (孔祥峰), Yin FG (尹富贵), Liu HJ (刘合军), et al. Changes of physiological and biochemical parameters and viscera indexes in early-weaned piglets. *Acta Lab Anim Sci Sin* (中国实验动物学报), 2006, 14: 298-302.
- 13 Qwele K, Muchenje V, Oyedemi S, et al. Effect of dietary mixtures of moringa (*Moringa oleifera*) leaves, broiler finisher and crushed maize on anti-oxidative potential and physico-chemical characteristics of breast meat from broilers. *Afr J Biotechnol*, 2015, 12: 290-298.
- 14 Mbikay M. Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Front Pharmacol*, 2012, 3: 24.
- 15 Fahey JW. *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic Properties. Part 1. *Trees Life J*, 2005, 1(5): 1-15.
- 16 Mehta K, Balaraman R, Amin A, et al. Effect of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. *J Ethnopharmacol*, 2003, 86: 191-195.
- 17 Jiang N (姜宁), Zhang AZ (张爱忠), Li LL (李玲玲), et al. Effects of musca domestica larval peptide on antioxidant abilities and immune indices in rat. *Chin J Anim Nutr* (动物营养学报), 2009, 21: 561-566.
- 18 Gilani AH, Aftab K, Suria A, et al. Pharmacological studies on hypotensive and spasmolytic activities of pure compounds from *Moringa oleifera*. *Phytother Res*, 1994, 8(2): 87-91.
- 19 Verma S, Banerji R, Misra G, et al. Nutritional value of *Moringa*. *Curr Sci*, 1976, 45: 769-770.
- 20 Shen MH (沈梅红), Li C (李成), Li ZR (李忠仁). Effects of electro-acupuncture on GSH, GSH-Px and GR of Cerebral ischemia-reperfusion model rats. *J Nanjing UnivTran dit Chin Med* (南京中医药大学学报), 2011, 27: 137-139.
- 21 Li YB (李月白), Yang SQ (杨尚琪), You SH (油书恒), et al. Inhibitory effect of malondialdehyde (MDA) on immunologic function of macrophage. *Chin J Public Health* (中国公共卫生学报), 1995, 14: 254-255.
- 22 Liang P (梁鹏), Zhen RY (甄润英). Study on extraction and antioxidant activity of water-soluble polysaccharides from *Moringa oleifera*. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2013, 34(14): 25-29.
- 23 Anwar F, Ashraf M, Bhanger MI. Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *J Am Oil Chem Soc*, 2005, 82(1): 45-51.
- 24 Makkar H, Becker K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim Feed Sci Technol*, 1996, 63: 211-228.
- 25 Pang GC (庞广昌), Chen QS (陈庆森), Hu ZH (胡志和). Tentative review on interactions of food and cytokine system as well as food and health (II). *Food Sci* (食品科学), 2006, 27: 258-264.
- 26 Racke M, Shevach EM. IL-4-induced immune deviation as antigen-specific therapy for inflammatory autoimmune disease. *Immunol Today*, 1996, 17: 225-231.
- 27 Kanda T, Takahashi T. Interleukin-6 and cardiovascular diseases. *Jpn Heart J*, 2004, 45: 183-193.
- 28 Rham CD, Ferrari-Lacraz S, Jendly S, et al. The pro-inflammatory cytokines IL-2, IL-15 and IL-21 modulate the repertoire of mature human natural killer cell receptors. *Arthritis Res Ther*, 2007, 9(6): R125.
- 29 Huang XL, Wang YJ, Yan JW, et al. Role of anti-inflammatory cytokines IL-4 and IL-13 in systemic sclerosis. *Inflammation Res*, 2015, 64: 151-159.
- 30 Amornrit W, Santianont R. Effect of amaranthus on advanced glycation end-products Induced cytotoxicity and proinflammatory cytokine gene expression in SH-SY5Y cells. *Mol*, 2015, 20: 17288-17308.
- 31 Wang WJ (王文俊), Wu XZ (吴咸中), Yao Z (姚智), et al. The influence of emodin and danshensu on monocyte's secretion of inflammatory cytokines. *Chin J Immunol* (中国免疫学杂志), 1995, 6: 370-372.
- 32 Moore EE, Presnell S, Garrigues U, et al. Expression of IL-17B in neurons and evaluation of its possible role in the chromosome 5q-linked form of Charcot-Marie-Tooth disease. *Neuromuscular Disord*, 2002, 12: 141-150.
- 33 Lei Y (雷毅). Research on the influence of *Moringa* composite enteral nutrition on the AIDS patients' intestinal microecology. Kunming: Kunming Medical University (昆明医科大学), MSc. 2012.