

玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标及生产性能的影响

高权新¹, 杨维仁¹, 宋恩亮²

(1 山东农业大学 动物科技学院 动物营养实验室, 山东 泰安 271018;

2 山东省农业科学院 畜牧兽医研究所 肉牛研究实验室, 山东 济南 250100)

【摘 要】 【目的】研究玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标及生产性能的影响。【方法】选用健康无病、体重相近、40 月龄左右的“利×鲁”杂交一代育肥阉牛 36 头, 随机分为 4 组, 分别按精料质量的 0.0%, 1.0%, 1.5% 和 2.0% 添加玉屏风散, 饲喂 60 d, 每 20 d 称体质量、采血 1 次, 并记录每天的采食量和最高环境温度。【结果】玉屏风散可以显著提高育肥阉牛血清总抗氧化能力(T-AOC)以及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性($P<0.05$), 显著降低阉牛血清中丙二醛(MDA)含量($P<0.05$), 从而防止因环境温度升高而引发的氧化应激。T-AOC、CAT、GSH-PX、SOD 的活性相互呈强正相关($P<0.01$), 且皆与 MDA 含量呈负相关。玉屏风散可提高阉牛的日增体质量、胴体质量和屠宰率, 降低干物质料质量比, 且以 1.5% 添加量效果最佳。【结论】玉屏风散可以显著提高育肥阉牛血清抗氧化能力, 并有一定的育肥效果。

【关键词】 玉屏风散; 育肥阉牛; 血清抗氧化指标; 生产性能; 环境温度

【中图分类号】 S823.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)12-0057-06

Effects of Jade screen powder on serum antioxidant index and performance of fattening bullocks

GAO Quan-xin¹, YANG Wei-ren¹, SONG En-liang²

(1 Laboratory for Animal Nutrition, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China;

2 Laboratory for Beef Cattle, Institute of Animal Science, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: 【Objective】 This experiment was conducted to study the effects of Jade screen powder on serum antioxidant index and performance of fattening bullocks. 【Method】 36 fattening bullocks (Limousin cattle×Luxi cattle) which were healthy, had similar age and weight, were divided into four groups at random. The four treatments were added with jade screen powder (0.0%, 1.0%, 1.5%, 2.0% per concentrate cattle feed). All bullocks were weighed and the blood samples were obtained one time every 20 days in the trial. In addition, the highest ambient temperature was recorded everyday. 【Result】 The results demonstrated that the addition of Jade screen powder can improve the activities of serum total antioxidative capacity (T-AOC), glutathione peroxidase (GSH-PX), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) significantly ($P<0.05$). Jade screen powder can also decrease the content of MDA and prevent the oxidative stress induced by high ambient temperature. The activities of T-AOC, CAT, GSH-PX, SOD, were positively correlated with each other ($P<0.01$), and they were all negatively correlated with the content of MDA. The addition of Jade screen powder can also improve ADG, carcass weight, slaughter rate and lower the G:F of fat-

* [收稿日期] 2009-04-07

[基金项目] 国家科技支撑计划“畜牧健康养殖与新型工业化生产模式研究及示范”项目(2006BAD14B07-6)

[作者简介] 高权新(1982—), 男, 山东淄博人, 在读硕士, 主要从事反刍动物营养研究。E-mail: gaoqx2008@163.com

[通信作者] 杨维仁(1964—), 男, 山东胶州人, 硕士生导师, 主要从事饲料科学和反刍动物营养研究。

E-mail: wryang211@163.com

tening bullocks. The addition of 1.5% Jade screen powder had the best effect, but the result was not significant ($P>0.05$). 【Conclusion】 These results indicated that the addition of Jade screen powder can improve the serum antioxidant capacity of fattening bullocks significantly, and can also improve the performance of fattening bullocks.

Key words: Jade screen powder; fattening bullock; antioxidant index; performance; ambient temperature

在正常生理条件下,活体动物中活性氧族的产生与抗氧化剂对活性氧族的清除存在着一种平衡,但是外界的刺激可以打乱这种平衡,引起氧化应激,损害细胞大分子。在氧化应激状态下,自由基对组织细胞的损伤可引起多种疾病^[1-3]。研究发现,许多中药都具有清除体内自由基的作用,且能增强机体抗氧化酶类的活力,所以中草药饲料添加剂已成为此领域的研究重点^[4]。杨鸿等^[5]发现,中药经典配方——加味玉屏风散能提高正常雏鸡全血谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)和血浆超氧化物歧化酶(SOD)的活性,降低血浆丙二醛(MDA)含量。江和基等^[6]发现,玉屏风散可以改善仔猪的生产性能,提高机体的免疫功能,是一种较为理想的免疫增强剂。近年来,许多专家对玉屏风散提高机体免疫、清除体

内自由基以及促进畜禽生产性能等方面进行了深入地研究,并取得了一定的进展,但迄今尚未见玉屏风散应用于肉牛生产中的报道。为此,本试验研究了玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标以及生产性能的影响,以期对肉牛健康生产养殖提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 药物 本试验选用的中草药添加剂是一种中药经典配方——玉屏风散。玉屏风散由黄芪、防风、白术按质量比 3:1:1 混合而成。

1.1.2 试验动物及日粮 选用健康无病、体质量相近、40 月龄左右的“利×鲁”杂交一代育肥阉牛 36 头。试验基础日粮见表 1。

表 1 基础日粮和营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

日粮组分 Ingredient	含量/(g·kg ⁻¹) Content	营养水平 Nutrient level	含量 Content
玉米 Corn	220	综合净能/(MJ·kg ⁻¹) NE	6.51
玉米胚芽饼 Corn germ cake	100	粗蛋白/(g·kg ⁻¹) CP	72.8
麸皮 Wheat bran	50	粗纤维/(g·kg ⁻¹) EE	175.6
青贮玉米 Corn silage	400	钙/(g·kg ⁻¹) Ca	5.3
棉籽皮 Cottonseed paper	200	磷/(g·kg ⁻¹) P	3.3
磷酸氢钙 Brushite	10		
小苏打 Baking soda	5		
食盐 Salt	5		
预混料 Premix	10		
合计 Total	1 000		

注:预混料可为每 kg 全价料提供:Fe 50 mg;Cu 10 mg;Zn 30 mg;Mn 20 mg;Co 0.1 mg;I 0.5 mg;Si 0.1 mg;V_A 2 200 IU;V_{D₃} 275 IU;V_E 50 IU。

Note: The premix for per kg diet provides the following: Fe 50 mg; Cu 10 mg; Zn 30 mg; Mn 20 mg; Co 0.1 mg; I 0.5 mg; Si 0.1 mg; V_A 2 200 IU; V_{D₃} 275 IU; V_E 50 IU.

1.2 试验设计及饲养管理

将 36 头牛随机分为 4 组,每组 9 头。1 组(对照组)不添加玉屏风散,2、3、4 组分别按精料质量的 1.0%、1.5%和 2.0%添加玉屏风散。试验从 2008-04-16 开始,06-24 结束,共进行 70 d,预试期 10 d,正试期 60 d。预试期间进行驱虫和防疫注射等常规免疫,并对试验牛打耳号。每日喂料 2 次,分别于 05:00 和 15:00 饲喂,先精后粗,精料按育肥阉牛体质量的 1.0%饲喂,粗料自由采食,自由饮水,每 20

d 测定其体质量,并采血;记录每天的采食量和最高环境温度。其他管理按常规方法进行。

1.3 样品的采集和测定

1.3.1 样品采集与制备 每 20 d 对供试牛进行清晨空腹静脉采血,于 3 500 r/min 离心,取血清并冷冻保存,供分析谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量、总抗氧化能力(T-AOC)以及过氧化氢酶(CAT)活性。试验 70 d 后将 36 头育肥阉牛全部屠宰,进

行屠宰测定。

1.3.2 血清中抗氧化指标的测定 采用比色法,所用试剂盒均购自南京建成生物有限公司。

1.4 数据分析

试验数据用“平均值±标准误($M\pm SE$)”表示,用 SAS 软件分析,采用邓肯氏多范围检验比较处理平均值。采用线性回归分析建立回归模型,分析各抗氧化指标间的相关性。

2 结果与分析

2.1 玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标的影响

2.1.1 血清 T-AOC 从表 2 可以看出,在试验的前 20 d,由于环境温度比较适宜,各试验组 T-AOC 均有一定提高;试验 20 d 后,随着环境温度的升高,对照组 T-AOC 显著下降($P<0.05$),但 2、3、4 组 60

d 时的 T-AOC 分别较 0 d 时提高了 34.72%, 46.68%和 47.45%($P<0.05$),且均显著高于对照组($P<0.05$)。这说明玉屏风散能显著提高 T-AOC,且随着添加量的增加,效果更加明显。同时从表 2 还可以看出,在热应激状态下 T-AOC 会降低,说明玉屏风散可以缓解热应激引发的氧化应激。

2.1.2 血清 MDA 含量 从表 2 可以看出,环境温度对 MDA 含量的影响显著。随环境温度升高,对照组 MDA 含量显著升高($P<0.05$),40 d 和 60 d 的 MDA 含量分别较 20 d 时增加了 16.98%和 32.88%($P<0.05$)。2 组育肥阉牛血清 MDA 含量在试验期内没有显著变化($P>0.05$)。3、4 组血清 MDA 含量较对照组显著降低($P<0.05$)。由此可知,玉屏风散可缓解因环境温度升高导致的血清 MDA 含量的升高,且以 3、4 组效果较佳。

表 2 玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标的影响

Table 2 Effects of Jade screen powder on serum antioxidant index of fattening bullocks					
抗氧化指标 Antioxidant index	组别 Group	试验阶段 Phase of the experiment			
		0 d (21.0 ℃)	20 d (24.2 ℃)	40 d (27.3 ℃)	60 d (29.5 ℃)
总抗氧化能力/ ($U\cdot mL^{-1}$) T-AOC	1	4.327±0.214 Aab	4.962±0.257 Aa	4.393±0.212 Aab	3.928±0.226 Ab
	2	4.458±0.176 Aa	5.349±0.281 Aab	5.609±0.311 Bb	6.006±0.444 Bb
	3	4.317±0.170 Aa	5.451±0.257 Ab	5.897±0.322 Bbc	6.332±0.343 Bc
	4	4.594±0.169 Aa	5.611±0.210 Ab	6.331±0.300 Bbc	6.774±0.337 Bc
丙二醛/ ($nmol\cdot mL^{-1}$) MDA	1	6.684±0.288 Aa	6.677±0.262 Aa	7.819±0.364 Ab	8.882±0.391 Ac
	2	6.700±0.285 Aa	5.913±0.308 Aa	5.865±0.368 Ba	6.361±0.366 Ba
	3	6.589±0.308 Aa	5.801±0.372 Aab	5.650±0.332 Bab	5.417±0.410 Bb
	4	6.736±0.364 Aa	5.970±0.282 Aab	5.814±0.221 Bab	5.484±0.609 Bb
过氧化氢酶/ ($U\cdot mL^{-1}$) CAT	1	1.918±0.065 Aa	1.979±0.079 Aa	2.017±0.056 Aa	1.978±0.082 Aa
	2	1.903±0.114 Aa	2.672±0.150 Bb	2.400±0.193 Aab	2.701±0.237 Bb
	3	1.863±0.155 Aa	2.491±0.211 ABb	2.360±0.216 Aab	2.616±0.181 Bb
	4	2.029±0.210 Aa	2.553±0.323 ABb	2.572±0.246 Abc	2.731±0.177 Bc
谷胱甘肽过氧化物 酶/ ($U\cdot mL^{-1}$) GSH-PX	1	68.412±2.379 Aa	79.150±1.700 Ac	77.904±3.488 Abc	71.221±2.800 Aac
	2	67.324±2.560 Aa	87.134±3.243 ABb	91.174±3.360 Bb	101.126±3.455 Bc
	3	69.290±3.015 Aa	93.472±4.703 Cb	109.551±4.443 Cc	110.529±5.028 BCc
	4	67.219±2.889 Aa	86.037±3.734 ABb	107.607±8.586 Cc	115.684±6.041 Cc
超氧化物歧化酶/ ($U\cdot mL^{-1}$) SOD	1	102.196±2.837 Aa	108.107±2.301 Aa	101.060±2.654 Aa	89.232±2.348 Ab
	2	102.240±2.668 Aa	111.471±4.063 Aa	129.186±6.925 Bb	133.139±6.570 Bb
	3	106.096±2.584 Aa	124.920±4.272 Bb	131.369±5.490 Bb	135.855±4.663 Bb
	4	102.755±2.223 Aa	128.257±3.572 Bb	138.871±4.157 Bbc	142.427±4.988 Bc

注:同一指标间同列数据后标不同大写字母表示差异显著($P<0.05$),同一指标间同行数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);每一试验阶段括号内的温度是该阶段的日平均最高环境温度。下表同。

Note: Different capital letters behind the same column mean significant difference among the same index($P<0.05$), different lowercase letters behind the same line mean significant difference among the same index($P<0.05$); behind the phase of the experiment is the mean of daily maximum ambient temperature in bracket. The following tables are the same.

2.1.3 血清 CAT 活性 从表 2 可以看出,对照组的血清 CAT 活性有所增加,但不明显,而 3 个试验组均有显著变化。2、3、4 组血清 CAT 活性在 60 d 时,分别较 0 d 时提高了 41.93%,39.88%和 34.60%

($P<0.05$),且较对照组提高显著($P<0.05$);但各试验组之间差异不显著($P>0.05$)。由此可见,环境温度对 CAT 活性没有影响,玉屏风散可显著提高阉牛血清 CAT 活性。

2.1.4 血清 GSH-PX 活性 从表 2 可以看出,各试验组的 GSH-PX 活性均有显著增加。在 20 d 时,由于环境温度适宜,4 个组的 GSH-PX 活性皆显著提高($P<0.05$)。但在试验后 40 d,由于环境温度升高,对照组 GSH-PX 活性下降,试验组血清 GSH-PX 活性则呈升高趋势;在 60 d 时,3 个试验组的 GSH-PX 活性较对照组皆显著增加($P<0.05$),且以 4 组效果最佳。可见,玉屏风散能够显著提高育肥阉牛血清 GSH-PX 活性。

2.1.5 血清 SOD 活性 从表 2 可以看出,对照组的 SOD 活性在 60 d 时较 40 d 时显著下降($P<$

0.05),说明环境温度对 SOD 活性影响较大。2、3、4 组的 SOD 活性在 60 d 时分别较 0 d 时增加了 30.22%,28.05%和 38.61%($P<0.05$),且较对照组显著增加($P<0.05$)。可见玉屏风散能有效提高育肥阉牛血清 SOD 活性。

2.2 育肥阉牛血清抗氧化指标间的相关分析

由表 3 可见,T-AOC 与各抗氧化酶类呈强正相关($P<0.01$),与 MDA 含量呈负相关,说明 T-AOC 能很好地反映育肥阉牛机体总抗氧化能力;各抗氧化酶类之间呈强正相关($P<0.01$),且皆与 MDA 含量呈负相关。

表 3 育肥阉牛血清抗氧化指标间的相关分析
Table 3 Correlation analysis of antioxidant index

抗氧化指标 Antioxidant index	T-AOC	CAT	GSH-PX	SOD	MDA
T-AOC					
CAT	0.902**				
GSH-PX	0.963**	0.837**			
SOD	0.938**	0.852**	0.880**		
MDA	-0.682	-0.685	-0.687	-0.832**	

注:**表示呈强相关($P<0.01$)。
Note:** means positive correlation ($P<0.01$).

2.3 玉屏风散对育肥阉牛生产性能的影响

由表 4 可知,在整个试验期,各组供试牛の日增体质量差异不显著($P>0.05$)。在试验前 20 d,因为环境温度比较适宜,各组供试牛の日增体质量都较高,其中以 4 组最高,对照组最低;但在后 40 d,除

3 组日增体质量增加外,2、4 组均呈下降趋势。因此,从整个试验期来看,日增体质量以 3 组最好,较对照组提高了 12.1%。这说明玉屏风散对育肥阉牛有一定的育肥效果,且以 1.5%的添加量最佳。

表 4 玉屏风散对育肥阉牛日增体质量的影响
Table 4 Effect of Jade screen powder on ADG of fattening bullock kg/d

组别 Group	试验阶段 Phase of the experiment			
	0~20 d	20~40 d	40~60 d	0~60 d
1	1.070±0.120 Aa	1.056±0.132 Aa	1.098±0.121 Aa	1.074±0.095 Aa
2	1.194±0.246 Aa	0.958±0.170 Aa	0.958±0.141 Aa	1.037±0.123 Aa
3	1.250±0.257 Aa	1.194±0.116 Aa	1.167±0.102 Aa	1.204±0.094 Aa
4	1.278±0.244 Aa	1.070±0.183 Aa	1.125±0.179 Aa	1.157±0.151 Aa

由表 5 可以看出,玉屏风散对育肥阉牛的干物质采食量没有影响,各组差异不显著 ($P>0.05$)。在干物质料质量比方面,除 2 组高于对照组外,3、4 组均低于对照组,但差异不显著($P>0.05$)。在胴

体质量和屠宰率方面,各试验组差异不显著,但 3、4 组较对照组有提高趋势,且以 3 组效果最佳。可以看出,玉屏风散的添加不会影响育肥阉牛的采食量,但有提高饲料报酬、胴体质量和屠宰率的趋势。

表 5 玉屏风散对育肥阉牛生产性能的影响
Table 5 Effect of Jade screen powder on performance of fattening bullocks

组别 Group	干物质采食量/(kg·d ⁻¹) ADFI	干物质料质量比 G:F	胴体质量/kg Carcass weight	屠宰率 Slaughter rate
1	8.597±0.102 A	8.552±0.820 A	311.89±9.669 A	0.512±0.005 A
2	8.448±0.175 A	9.269±1.312 A	302.11±6.529 A	0.510±0.009 A
3	8.705±0.128 A	7.614±0.646 A	322.44±9.518 A	0.524±0.009 A
4	8.302±0.175 A	7.939±0.786 A	314.44±10.581 A	0.521±0.007 A

3 讨 论

3.1 日粮中添加玉屏风散对育肥阉牛血清抗氧化指标的影响

动物机体细胞内有一系列的抗氧化酶类,这些酶类可因体内自由基化合物数量的增加而被诱导合成,其活性和含量会影响体内活性氧自由基的水平和脂质过氧化最终代谢产物丙二醛的含量^[7-8]。现有研究发现,大量复方、单味中药具有清除体内自由基的作用^[9]。汪德清等^[10]发现,黄芪的主要活性成分黄芪总酮、黄芪总皂苷具有较好的清除氧自由基的能力,而玉屏风散的主药就是黄芪。已有研究证明,玉屏风散能提高正常雏鸡全血的 GSH-PX 活性和血浆 SOD 活性,降低血浆 MDA 含量^[5]。本研究表明,3 个试验组育肥阉牛的血清 T-AOC 以及 CAT、GSH-PX、SOD 活性均显著提高($P<0.05$),MDA 含量也显著下降($P<0.05$)。Kinnula 等^[11]指出,动物机体主要通过酶机制和非酶机制消除体内的氧自由基,在正常情况下,体内自由基的产生、利用和清除三者之间保持动态平衡。由此可以推知,玉屏风散可以使这种平衡维持在一个健康水平。

李忠浩^[12]发现,在夏季高温季节,奶牛外周血中的 GSH-PX、SOD 活性皆极显著下降。杨笃宝等^[13]的试验结果表明,热应激可以使泌乳奶牛血清中活性氧(ROS)含量极显著升高,过量的氧自由基在热应激奶牛体内蓄积。热应激会导致体内产生过量自由基,并诱导活性氧破坏正常的氧化还原平衡,从而破坏细胞的完整性。而在日粮中添加抗氧化剂,可以减缓热应激导致的自由基对机体的破坏^[14]。本试验结果表明,随着环境温度的升高,对照组的 T-AOC 以及 GSH-PX、SOD 活性显著下降,MDA 含量显著升高;3 个试验组的抗氧化酶类活性在整个试验期内基本呈升高趋势,而且试验末期较开始时均有显著提高,MDA 含量则显著下降。说明玉屏风散可以防止因环境温度升高引发的氧化应激。

3.2 血清抗氧化指标间的相关分析

自由基的清除主要依靠体内各类抗氧化酶,这些抗氧化酶不但相互协同防止氧自由基的累积,而且相互之间有保护作用^[15]。申小云^[16]发现,血液 CAT、GSH-PX、SOD 活性间呈强或中强度相关,且皆与血液 MDA 含量呈强负相关。本试验结果显示,T-AOC 与 CAT、GSH-PX、SOD 活性呈强正相关($P<0.01$),且皆与 MDA 含量呈负相关,这说明

T-AOC 能全面反映动物机体的抗氧化状态;抗氧化酶类间呈强正相关($P<0.01$),说明各抗氧化酶类间相互协调、相互依赖而共同发挥抗氧化作用。

MDA 是自由基作用于生物膜上的不饱和脂肪酸引发脂质过氧化反应而产生的脂质过氧化产物,MDA 含量可以反映脂质过氧化的程度,也可以反映细胞受损的程度。本研究发现,T-AOC、CAT、GSH-PX、SOD 活性均与 MDA 含量呈负相关,说明玉屏风散的添加增强了育肥阉牛机体清除自由基的能力,减弱了脂质过氧化程度等,从而提高了动物机体的抗氧化能力。

3.3 日粮中添加玉屏风散对育肥阉牛生产性能的影响

机体抗氧化能力提高,意味着动物拥有更健康的体况,其生产潜力也会有进一步发挥。研究发现,中草药饲料添加剂——玉屏风散可以提高仔猪日增体质量,降低料质量比^[6]。本试验发现,玉屏风散可以提高育肥阉牛の日增体质量、屠宰率和胴体质量,降低干物质料质量比,但各组之间差异不显著。

4 结 论

(1)在日粮中添加玉屏风散可以显著提高育肥阉牛血清中 T-AOC、SOD、GSH-PX、CAT 活性,显著降低血清 MDA 含量;(2)玉屏风散可以缓解由于环境温度升高引起的氧化应激;(3)T-AOC 与 SOD、GSH-PX、CAT 活性呈强正相关,与 MDA 含量呈负相关。抗氧化酶类之间呈强正相关,且均与 MDA 含量呈负相关;(4)玉屏风散可以提高育肥阉牛の日增体质量、胴体质量、屠宰率,降低干物质料质量比,且以 1.5% 的添加量较好。

[参考文献]

- [1] Halliwell B, Gutteridge J M C. Free radicals in biology and medicine [M]. New York: Oxford University Press, 1985: 936.
- [2] Yang Y, Sharma R, Zimniak P, et al. Role of a class of glutathione S-transferases as antioxidant enzymes in rodent tissues [J]. Toxicology and Applied Pharmacology, 2002, 182: 105-115.
- [3] Storey K B. Oxidative stress; animal adaptations in nature [J]. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 1996, 29: 1715-1733.
- [4] 杨先虎. 中药抗自由基毒性作用浅述 [J]. 基层中药杂志, 2002, 16(3): 64-67.
Yang X H. Analysis of the influence of the traditional Chinese medicine on antioxidant character [J]. Primary Journal of

Chinese Materia Medica,2002,16(3):64-67. (in Chinese)

[5] 杨 鸿,陈杖榴. 加味玉屏风散对免疫抑制雏鸡血液氧自由基的影响 [J]. 中国兽医学报,2002,22(5):497-499.
Yang H,Chen Z L. Effect of plus yupingfeng powder on oxygen free radical in blood in immunosuppressive chickens [J]. Chinese Journal of Veterinary Science,2002,22(5):497-499. (in Chinese)

[6] 江和基,黄志坚,谢红兵,等. 精制玉屏风散对仔猪免疫功能和生长性能的影响 [J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2006,35(6):641-643.
Jiang H J,Huang Z J,Xie H B,et al. Effects of yupingfeng pulvis feed additive on the immune function and growth performance of weaning piglets [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition,2006,35(6):641-643. (in Chinese)

[7] Al Jassabi S. Effect of methylglyoxal on antioxidant enzymes of the liver and spleen of the mice [J]. International Journal of Biological Sciences,2004,4(5):605-608.

[8] Holovska K,Boldizarova K,Cekonova S. Antioxidantenzyme activities in liver tissue of chickens fed diets supplemented with various forms and amounts of selenium [J]. Journal of Animal Feed Science,2003,12(1):143-152.

[9] 赵泳苹. 中药在清除体内自由基上的作用 [J]. 湖南中医杂志,1996,12(5):48-49.
Zhao Y P. The influence of the traditional Chinese medicine on eliminating free radical [J]. Human Journal of Traditional Chinese Mdeicine,1996,12(5):48-49. (in Chinese)

[10] 汪德清,沈文海,田亚平,等. 黄芪三种提取物成分对氧自由基作用的影响 [J]. 中国药理学通报,1994,10(2):263-265.
Wang D Q,Sheng W H,Tian Y P,et al. The effects of the three components isolated from astragalus mongholicus bunge on scavenging free radical [J]. Chinese Pharmacological Bulletin,1994,10(2):263-265. (in Chinese)

[11] Kinnula V L,Crapo J D,Raivio K O. Generation and disposal of reactive oxygen metabolites inlung [J]. Laboratory Investigation,1995,73(1):3-19.

[12] 李忠浩. 热应激对荷斯坦奶牛外周血淋巴细胞凋亡与抗氧化特性的影响 [D]. 南京:南京农业大学,2007:29-30.
Li Z H. The influence of heat stress on lymphocyte apoptosis in peripheral blood and antioxidant character of holstein cows [D]. Nanjing:Nanjing Agricultural University,2007:29-30. (in Chinese)

[13] 杨笃宝,吕 品. 热应激对奶牛抗氧化性能的影响 [J]. 动物医学进展,2006,27(增):99-100.
Yang D B,Lv P. The Influence of heat stress on antioxidant character of cow [J]. Progress in Veterinary Medicine,2006,27(Suppl.):99-100. (in Chinese)

[14] Gursu M F,Onderci M,Gulcu F. Effects of vitamin C and folic acid supplementation on serum paraoxonase activity and metabolites induced by heat stress in vivo [J]. Nutrition Research,2004,24:157-164.

[15] Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function [J]. Physiological Reviews,2002,82:47-95.

[16] 申小云. 高寒草地施肥对牦牛抗氧化系统功能的影响 [D]. 兰州:兰州大学,2006:97-98.
Shen X Y. Effect of fertilizer treatment to alpine meadow on antioxidant system function in Yaks [D]. Lanzhou:Lanzhou University,2006:97-98. (in Chinese)

(上接第 56 页)

[11] De Angelis M,Siragusa S,Berloco M,et al. Selection of potential probiotic *Lactobacilli* from pig feces to be used as additives in pelleted feeding [J]. Res Microbiol,2006,157(8):792-801.

[12] Park J K,Chang H N. Microencapsulation of microbial cells [J]. Biotechnol Advan,2000,18:303-319.

[13] 蔡辉益,霍启光. 饲用微生物添加剂研究与应用进展 [J]. 饲料工业,1993,14(5):7-11.
Cai H Y,Huo Q G. Progress of microbial feed additives in research and application [J]. Feed Industry,1993,14(5):7-11. (in Chinese)

[14] Coeuret V,Gueguen M,Vernoux J P,et al. Numbers and strains of *Lactobacilli* in some probiotic products [J]. Int J Food Microbiol,2004,97(2):147-156

[15] Cui J H,Goh J S,Dim P H,et al. Survival and stability of *Bifidobacteria* loaded in alginate poly-l-lysine microparticles [J]. Int J Pharm,2000,210:51-59.

[16] Godward S E,Kailasapathy K. Viability and survival of free, encapsulated and co-encapsulated probiotic bacteria in yoghurt [J]. Milk Sci Int,2003,58:396-399.

[17] Capela P,Hay T K C,Shah N P. Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt [J]. Food Res Int,2005,39:203-211.

[18] Ding W K,Shah N P. Acid,bile,and heat tolerance of free and microencapsulated probiotic Bacteria [J]. J Food Sci,2007,72:446-450.