



手掌参多糖提取物对氧化应激舍饲肉羊生产性能、抗氧化机能及肉品质的影响

萨茹丽¹, 杨斌^{2*}, 格根哈斯³, 钱琳娜², 赵世华^{2*}

(1. 内蒙古农业大学动物科学学院, 内蒙古自治区高校动物营养与饲料科学重点实验室, 呼和浩特 010018;

2. 内蒙古自治区农牧业科学院兽医研究所, 呼和浩特 010031;

3. 内蒙古自治区锡林郭勒盟正蓝旗旗委办公室, 锡林郭勒盟 027200)

摘要: 本试验旨在研究手掌参多糖提取物对氧化应激舍饲肉羊生长性能、肉品质及抗氧化应激作用的影响, 为手掌参及其提取物的深入研究与开发提供依据。试验选用 20 只 6 月龄体重为 (35.0 ± 4.0) kg 的健康雄性小尾寒羊, 随机分为两组, 每组 10 只羊, 分别为试验组和对照组。整个试验期 42 d, 一共分为 3 个阶段, 前 15 d 为空白期, 中间 15 d 为处理期, 后 12 d 为造模后观测期。处理期第 1 天开始, 对照组饲喂基础日粮, 试验组饲喂在基础日粮内添加 30 mg · kg⁻¹ 手掌参粗多糖提取物的颗粒饲料。在处理期第 15 天时, 对各组试验羊只按体重 (BW) 一次性腹腔注射 Diquat (敌草快) 溶液 10 mg · kg⁻¹, 制造氧化应激模型, 进入造模后观测期。在整个试验期第 1、15、30、33、36、39 和 42 天晨饲前空腹称重并采血, 分离血清, 测定血清中的抗氧化指标 (SOD、GSH-Px、T-AOC、MDA)。在试验期第 42 天, 每组随机选取 5 只羊屠宰后采集肉样, 检测肉品质相关指标。试验结果显示, 舍饲肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物可显著提高肉羊平均日采食量 ($P < 0.05$), 且当机体遭受氧化应激时, 日粮中添加手掌参多糖提取物的试验处理组平均日采食量、平均日增重以及抗氧化酶含量等指标恢复较快, 羊肉滴水损失显著降低, 羊肉剪切力显著提高 ($P < 0.05$)。试验结果证明, 手掌参多糖提取物可提高肉羊生产性能, 且能缓解氧化应激造成的生产性能和抗氧化性能下降的问题, 具有一定的抗氧化应激作用。

关键词: 手掌参; 氧化应激; 生产性能; 肉品质

中图分类号: S826.92.1.5

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2020)09-2187-10

Effects of *Gymnadenia Conopsea* Polysaccharide Extract on Growth Performance, Antioxidant Function and Meat Quality of House-fed Mutton Sheep under Oxidative Stress

SA Ruli¹, YANG Bin^{2*}, GE Genhasi³, QIAN Linna², ZHAO Shihua^{2*}

(1. Inner Mongolia Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. Institute of Veterinary Medicine, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China; 3. Chinese Communist Party Zhenglan Banner Committee, Xilingol 027200, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of *Gymnadenia conopsea* poly-

收稿日期: 2020-02-17

基金项目: 国家肉羊产业技术体系 (CARS-38); 内蒙古农牧业创新基金项目 (2019CXJJM10)

作者简介: 萨茹丽 (1986-), 女, 蒙古族, 内蒙古自治区兴安盟人, 讲师, 博士, 主要从事反刍动物营养研究, E-mail: qisaruli@126.com

* 通信作者: 杨斌, 主要从事家畜营养代谢病及应激性疾病防控研究, E-mail: yangbin@imaaahs.ac.cn; 赵世华, 主要从事家畜营养代谢病防控研究, E-mail: zhaoshihua8@163.com

saccharide (GCP) extract on growth performance, meat quality and antioxidant function housed mutton sheep under oxidative stress, so as to provide experimental basis for extensive research and development of *Gymnadenia conopsea* and its extracts. Twenty 6-month-old healthy male Small-Tailed Han sheep with body weight of (35.0 ± 4.0) kg were randomly divided into two groups. The experimental group ($n=10$) and control group ($n=10$). The whole experiment lasted for 42 d and was divided into 3 periods: the first 15 days were the blank period; the middle 15 days were the treatment period; the last 12 days were the observation period after modeling. From the first day of the treatment period, the control group was fed with basal diet, and the experimental group was fed pellet basal diet containing $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ GCP extract. On the 15th day of the treatment period, the sheep in each group were intraperitoneally injected with $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Diquat solution according to sheep body weight (BW), and then fed for another 12 days. On the 1st, 15th, 30th, 33rd, 36th, 39th and 42nd morning of the whole experimental period, fasting weight and blood samples were collected before feeding. The serum was separated and the antioxidant indexes (SOD, GSH-Px, T-AOC, MDA) in serum were determined. On the 42nd day of the whole experimental period, 5 sheep randomly selected from each group were slaughtered and meat samples were collected to determine the meat quality. The results showed that the addition of GCP extract to the diet of the sheep could increase the average daily feed intake ($P < 0.05$). When the body was subjected to oxidative stress, the indexes of daily gain and antioxidant enzymes recovered rapidly on experimental group, the mutton drip loss decreased significantly, and the mutton shear force increased significantly ($P < 0.05$). The results indicated that GCP extract could improve the growth performance of mutton sheep, and alleviated the decline of growth performance and antioxidant performance caused by oxidative stress, and had a certain effect of antioxidant stress.

Key words: *Gymnadenia conopsea*; oxidative stress; growth performance; meat quality

* **Corresponding authors:** YANG Bin, E-mail: yangbin@imaaahs.ac.cn; ZHAO Shihua, E-mail: zhaoshihua8@163.com

随着社会的发展,集约化养殖或“牧区繁殖,农区育肥”等养殖模式已经成为我国肉羊养殖业的主要生产模式,也是保障畜产品供给的有效途径。但是饲养和运输过程中诸多的应激源对家畜机体产生的损害和对畜产品品质的影响不容忽视。当机体发生应激时,体内氧化和抗氧化系统功能发生紊乱,使氧化自由基(ROS)大量生成或(和)清除速率下降,进而造成机体损伤,通常也称其为氧化应激^[1]。目前,氧化应激已成为制约养殖业健康快速发展的重要问题之一,生产者为了减少氧化应激对畜禽的影响,主要采用在日粮中添加化学抗氧化剂的方式进行防治,但其效果甚微,且化学合成的抗氧化剂的残留问题尚需进一步研究。因此,研发天然的抗应激药物,开发安全有效的饲料添加剂,对促进畜禽养殖业的健康发展、保障公众食品安全具有重要意义。手掌参(*Gymnadenia conopsea*),因其外形与手掌相似从而

得名,又称手参、佛手参、掌参或手儿参等,属兰科植物手参或粗脉手参的块根,广泛生长在海拔 3 000~4 000 m 的高原地带,遍布于我国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、四川、云南、西藏等地,根据现有报道,手参所含营养成分主要为糖类物质、粗纤维以及蛋白质,其中总糖含量可达 39.27%,蛋白质组成中必需氨基酸含量占氨基酸总量的 34.19%,药用氨基酸占总氨基酸的 59.63%(均值)^[2-3]。手掌参具有诸多的药用活性,在中药、蒙药、藏药中都是极为珍贵的药材,主要用于治疗肾虚、体虚、腰酸腿疼、机体疲劳等症状,而手掌参及其提取物在抗氧化、抗衰老、提高机体免疫力等方面的生物活性也逐渐被研究者们发现^[4-5]。本试验在前期研究基础上,通过在集约化舍饲肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物,研究其对氧化应激舍饲肉羊生长性能、肉质及抗氧化应激作用的影响,为手掌参及其提取物的深入研究与开发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与仪器

Diquat 购自 Sigma 公司,根据试验羊的体重分别称取相应质量的 Diquat,将其溶于 20 mL 生理盐水中,于腹腔注射,制造氧化应激模型^[6]。手掌参购自内蒙古呼和浩特市蒙中医院,试验用仪器包括全自动酶标仪(美国 BIOTEK 公司 Synergy-HT 型)、烘箱(上海博迅有限公司)、分析天平(杭州忠旺科技有限公司)、超低温冰箱(海尔集团股份有限公司)、高速台式离心机(Thermo Scientific)、嫩度仪、便携式 pH 计、全自动氨基酸分析仪(日本岛津)、

1.2 手掌参多糖提取物的制备

手掌参多糖提取物的提取参照余培芝^[7]优化的水提醇沉法进行,料液比为 1:75 (g·mL⁻¹)、温度为 97 °C、提取时间为 160 min,提取 2 次,合并两次提取液加入无水乙醇使其浓度为 80%,沉淀即为手掌参多糖提取物^[6]。按此方法提取所得多糖提取液含量达到了 12.16%。将所得到的多糖提取物经过冷冻干燥处理之后即可得到粉状的手掌参多糖。

1.3 试验动物的饲养管理

选用 20 只 6 月龄体重(35.0±4.0) kg 的健康雄性小尾寒羊,随机分为两组,每组 10 只羊,分别为手掌参多糖提取物组(以下称为试验组)和对照组。试验共 42 d,分为 3 个阶段:前 15 d 为空白期,所有羊只均自由采食、饮水,同时记录采食情况,用于估测采食量和试验用料量,同时也为后续羊只应激之后恢复状态提供参照依据;中间 15 d 为处理期,处理期第 1 天开始,对照组饲喂基础日粮,试验组在基础日粮的基础上以 30 mg·kg⁻¹日粮的量添加手掌参多糖粉,制成颗粒饲料后饲喂。在处理期第 15 天对各组试验羊只采血后,参照赵亚波^[6]的方法对试验羊建立氧化应激模型,具体方法如下:以 10 mg·kg⁻¹BW 的 Diquat 溶液腹腔注射制造舍饲肉羊氧化应激模型;最后 12 d 为造模后观测期。试验期每天 06:00 和 18:00 进行饲喂,先粗后精,自由饮水。基础日粮组成及营养水平见表 1。

1.4 生产性能的测定

每天准确称量试验羊日粮的添加量及剩料量,计算平均日采食量(ADFI)。并在试验期开始后每 7 d 晨饲前进行空腹称重(延续到造模后 21 d),计算试验羊的平均日增重(ADG)。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

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

项目 Item	含量 Content	%
原料 Ingredient		
羊草 Chinese wildrye grass hay	30.00	
黄豆秸秆 Soybean straw	4.12	
苜蓿 Alfalfa	15.60	
玉米 Corn	23.50	
小麦麸 Wheatbran	2.86	
向日葵仁饼 Sunflower meal expeller	17.30	
豌豆茎叶 The pea plant	2.45	
红枣 Jujube	1.65	
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	0.72	
食盐 NaCl	0.80	
预混料 Premix ¹⁾	1.00	
合计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient level ²⁾		
消化能/(MJ·kg ⁻¹) DE	16.78	
粗蛋白质 CP	16.73	
中性洗涤纤维 NDF	37.62	
酸性洗涤纤维 ADF	29.47	
钙 Ca	1.39	
磷 P	0.61	

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供:Fe(硫酸亚铁)25 mg,Zn(硫酸锌)29 mg,Cu(硫酸铜)8 mg,Mn(硫酸锰)30 mg,I(碘化钾)0.04 mg,Co(硫酸钴)0.1 mg,VA 3 200 IU,VD₃ 1 200 IU,VE 20 IU。²⁾ 粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维为测定值,其他指标为计算值

¹⁾ The premix provided the following per kg of diets: Fe(as ferrous sulfate) 25 mg, Zn (as zinc sulfate) 29 mg, Cu(as copper sulfate) 8 mg, Mn(as manganese sulfate) 30 mg, I(as potassium iodide) 0.04 mg, Co (as cobalt sulfate) 0.1 mg, VA 3 200 IU, VD₃ 1 200 IU, VE 20 IU. ²⁾ CP, NDF and ADF were measured values, while the other nutrient levels were calculated values

1.5 抗氧化指标的测定

在整个试验期第 1、15、30、33、36、39 和 42 天晨饲前空腹称重并采血,分离血清,测定血清中抗氧化

指标(SOD、GSH-Px、T-AOC、MDA)含量。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用黄嘌呤氧化酶法测定,丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定,总抗氧化能力(T-AOC)采用 Fe^{3+} 还原法测定,谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性采用比色法测定。指标测定所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所,测定仪器为全自动酶标仪(美国 BIOTEK 公司 Synergy HT 型),具体操作步骤按试剂盒说明书进行。

1.6 肉品质的测定

屠宰结束后采集背最长肌样品用于测定羊肉常规营养成分及羊肉的失水率、熟肉率、嫩度剪切值、pH 及氨基酸含量等,相关检测方法分别参照国标方法进行^[8]。

失水率的测定:将背最长肌样品水平放置在洁净的橡皮片上,使用圆形取样器(直径为 5 cm)在样品中心部分取厚约 1 cm 的肌肉后称重(感量 0.01 g),然后将肉样放在上下各 12 层的中速定性滤纸中,以 35 kg 的压力施压 5 min 后撤去压力,称量肉重,用以下公式计算失水率,失水率(%)=(失水前肌肉重量-施压失水后肌肉重量)/失水前肌肉重量 $\times 100$ 。

熟肉率的测定:从背最长肌肌肉样中取约 100 g 的样品称重后放在蒸屉上,上水蒸煮 45 min,取出冷却至室温后称重,重复 3 次取平均值,用以下公式计算熟肉率,熟肉率(%)=蒸后重/蒸前重 $\times 100$ 。

滴水损失率的测定:将背最长肌肌肉样修剪成 1 cm \times 1 cm \times 3 cm 的长条称重后用细铁丝悬挂,置于洁净的样品杯中,将肉样用清洁的细铁丝固定在杯盖上,扣上盖后使肉样自由悬挂在样品杯内,不能碰杯壁和底,杯中肉样不能受到挤压,所有的肉样在相同体积的封闭空间内,4 $^{\circ}\text{C}$ 静置 24 h 后取出肉样称重。用以下公式计算滴水损失,滴水损失(%)=(初始肉重-终末肉重)/初始肉重 $\times 100$ 。

剪切值测定方法:取背最长肌样品,剔去肌肉表面的脂肪和筋膜后放于样品袋内 15~16 $^{\circ}\text{C}$ 保存 24 h,等肉样自行尸僵后,放置在 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中熟化 24 h 后取出放至室温,然后将温度计插入样品中心部位,放在自封袋中密封,于 80 $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中加热 30 min,取出后冷却至室温,按肌纤维垂直方向切成条状,用嫩度仪测其剪切力值,同一肉样测定 3 次,计算平均值。

pH:羊肉屠宰后,取背最长肌,21 $^{\circ}\text{C}$ 静置 45 min 后,用酸度计测定肉样的 pH,继续放置 24 h

后,再次测定肉样的 pH,每个肉样测定 3 个不同部位,取平均值。

背最长肌氨基酸组成和含量的测定参照 GB/T5009.124—2003,采用全自动氨基酸分析仪进行测定。

1.7 数据分析

试验数据使用 Excel 初步整理之后,采用 SAS 9.2 软件进行方差分析与 perdiff 多重比较,显著性分析结果 $P < 0.05$ 视为差异显著, $P > 0.05$ 视为差异不显著。

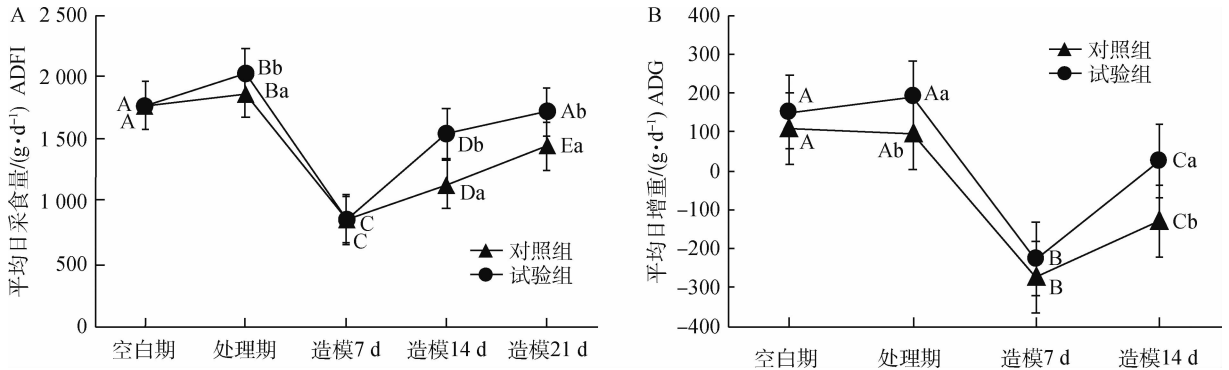
2 结果

2.1 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊生产性能的影响

由图 1A 可知,空白期内试验组与对照组采食量无显著差异,试验开始之后试验组肉羊 ADFI 显著高于空白期($P < 0.05$)。在处理期,试验组 ADFI 显著高于对照组($P < 0.05$),由此得知,日粮中添加手掌参多糖提取物可显著提高舍饲肉羊 ADFI。氧化应激模型建立之后,两组试验羊 ADFI 与同组空白期和处理期相比显著降低($P < 0.05$),但此时空白组与试验组之间差异不显著($P > 0.05$)。随着时间的延长可以看出 ADFI 逐渐上升,到达造模后第 14 天时,试验组 ADFI 显著高于同期对照组,到达造模后第 21 天时,对照组与试验组采食量逐渐恢复,且此时试验组的 ADFI 显著高于对照组($P < 0.05$)。由图 1B 可知,空白期对照组与试验组 ADG 无显著差异。处理期对照组的 ADG 显著低于试验组($P < 0.05$)。造模第 7 天时对照组与试验组 ADG 呈负值且显著低于同组其他时期($P < 0.05$),证明氧化应激可造成机体体重迅速下降。造模后第 14 天时各组 ADG 逐渐恢复。综合以上结果可知,当机体遭受氧化应激时,肉羊 ADFI 和 ADG 会显著下降,而在日粮中添加手掌参多糖提取物的试验组羊只 ADFI 和 ADG 虽然同样下降,但随后恢复较快,证明手掌参多糖提取物在一定程度上起到了缓解氧化应激对舍饲肉羊 ADFI 和 ADG 的影响作用。

2.2 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊抗氧化性能的影响

由图 2A 可知,各组在造模前机体 T-AOC 含量无显著差异($P > 0.05$)。造模第 3 天时对照组 T-AOC 含量相比于造模前显著降低($P < 0.05$)。造模第 6 天时对照组 T-AOC 含量显著高于同组其



大写字母表示组内不同时期之间比较,小写字母表示同一时期不同处理组间比较,肩注相同字母者差异不显著($P>0.05$),肩注不同字母者差异显著($P<0.05$)。下同

Uppercase letters indicate comparisons between different periods within a group, and lowercase letters indicate comparisons between different treatment groups during the same period. Values with the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below

图1 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊生产性能的影响

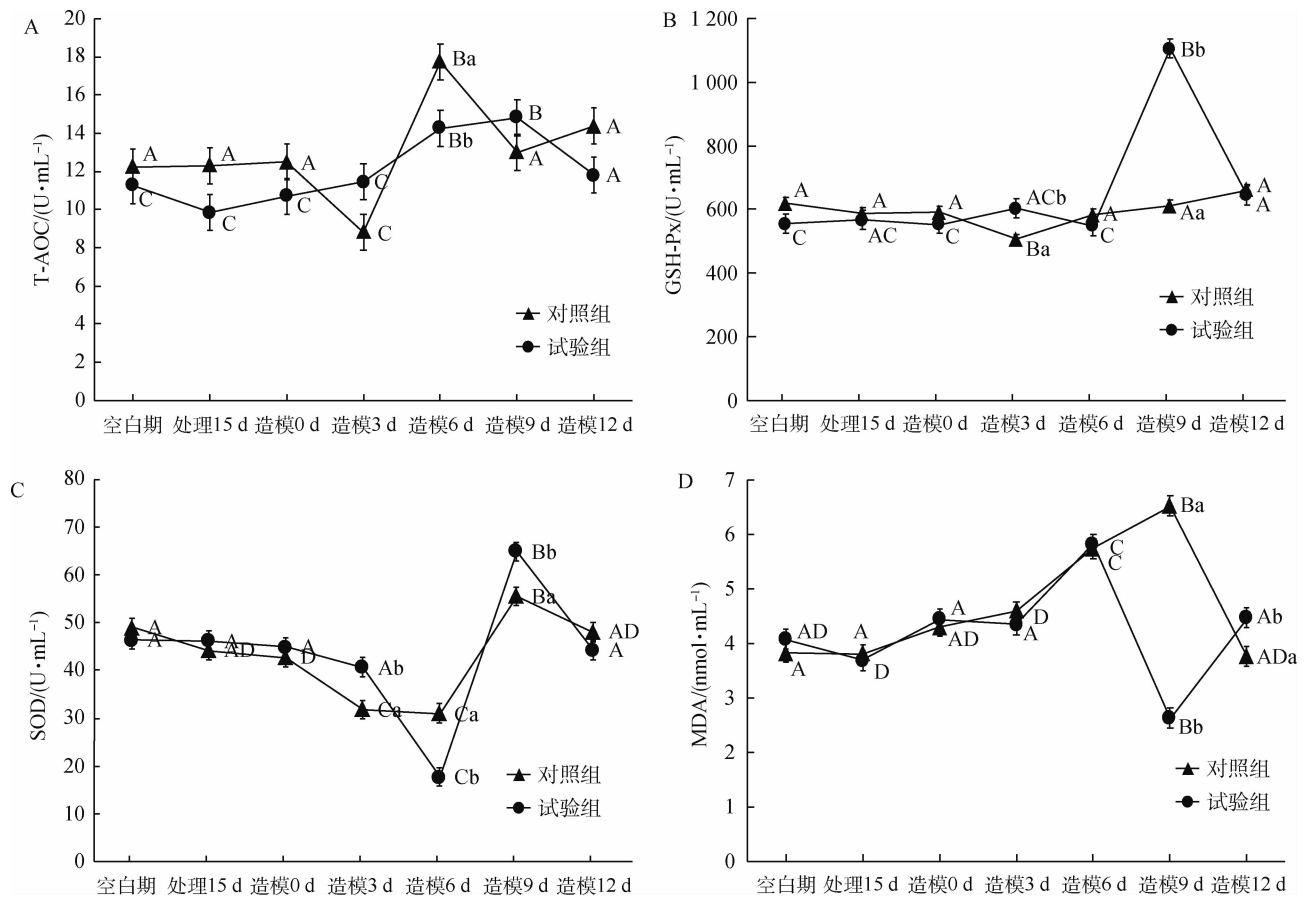
Fig. 1 Effect of GCP extracts on growth performance of mutton sheep under oxidative stress

他时期($P<0.05$),随后逐渐下降,造模第12天时对照组 T-AOC 含量与空白期 T-AOC 含量无显著差异($P>0.05$),证明机体逐渐恢复了正常状态。而试验组在造模开始前各时期内机体 T-AOC 含量无显著差异($P>0.05$),造模第6天和第9天时试验组肉羊体内 T-AOC 含量显著高于同组其他时期($P<0.05$),随后逐渐恢复正常。由此可知,对照组肉羊在进行氧化应激造模之后机体总抗氧化能力迅速降低,随后又迅速升高,随后逐渐恢复正常,而日粮中添加手掌参多糖提取物之后的试验组肉羊在经历氧化应激时机体总抗氧化能力不会出现较大的波动,且恢复较快。由图2B可知,空白期各组 GSH-Px 活性差异不显著($P>0.05$),进行试验处理后各组差异不显著($P>0.05$)。造模之后第3天时对照组 GSH-Px 活性显著下降($P<0.05$),低于同组其他时期,造模第12天时对照组 GSH-Px 值恢复,与空白期差异不显著($P>0.05$)。造模之后第9天时试验组 GSH-Px 活性显著高于同一时期的对照组($P<0.05$),与该组其他时期相比显著升高($P<0.05$),随后下降,造模第12天时恢复正常。由图2C可知,试验组与对照组 SOD 活性在空白期、处理期时无显著变化($P>0.05$),制造应激模型注射 Diquat 后,第6天对照组 SOD 含量显著降低($P<0.05$),试验组 SOD 活性在造模第3天后开始下降,在造模第6天时达到最低值,显著低于同组其他时期,显著低于对照组($P<0.05$),随后逐渐上升。造模后第9天时对照组与试验组 SOD 活性显著升高($P<0.05$),此时试验组 SOD 含量显著高于对照组

($P<0.05$),随后各组 SOD 活性逐渐恢复至常态。图2D可知,在造模开始之前,各组机体 MDA 含量差异不显著($P>0.05$),造模开始之后体内 MDA 含量逐渐上升,两组之间差异不显著($P>0.05$),造模第6天之后试验组体内 MDA 含量开始下降,造模第9天时显著低于对照组,显著低于同组其他时期($P<0.05$),随后逐渐恢复,造模第12天时试验组体内 MDA 含量与空白期比差异不显著,证明机体恢复至正常状态。对照组体内 MDA 含量在造模前期无显著变化($P>0.05$),造模开始后体内 MDA 含量与该组前期相比呈显著上升趋势($P<0.05$),造模第9天时达到最高值,显著高于同时期试验组($P<0.05$),随后逐渐恢复。由以上结果综合推测,手掌参多糖提取物可提高机体抗氧化活性,具有一定的减少应激反应持续时间的作用,可使机体尽快恢复正常状态。

2.3 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊肉品质的影响

由表2可以看出,各组屠宰后羊肉的 $pH_{45\text{ min}}$ 和 $pH_{24\text{ h}}$ 均无显著差异($P>0.05$)。试验组羊肉的剪切力显著高于对照组($P<0.05$)。试验组滴水损失显著低于对照组($P<0.05$)。由此可知,在舍饲肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物可显著降低羊肉滴水损失($P<0.05$),显著提高羊肉剪切力($P<0.05$),改善肉品质。而对肉色、失水率、熟肉率和 pH 等指标无显著影响($P>0.05$)。由表3可知,试验组与对照组相比背最长肌内总氨基酸含量无显著差异($P>0.05$)、必需氨基酸含量和比例均无显



A. 血清 GSH-Px 含量; B. 血清 MDA 含量; C. 血清 SOD 含量; D. 血清 T-AOC 含量

A. The GSH-Px concentration of serum; B. The MDA concentration of serum; C. The SOD concentration of serum; D. The T-AOC concentration of serum

图2 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊抗氧化性能的影响

Fig. 2 Effect of GCP extracts on antioxidant activity of mutton sheep under oxidative stress

著差异($P > 0.05$), 对照组组氨酸含量显著高于试验组($P < 0.05$)。

3 讨论

生产过程中产生的氧化应激会使畜禽免疫力下降, 生产性能降低, 畜产品质量下降, 甚至导致屠宰前牲畜和家禽的死亡, 从而对养殖户和养殖企业造成巨大的经济损失。更重要的是, 在集约化生产已经成为主流生产模式的今天, 应激问题不可避免会长期存在, 成为制约困扰畜牧业快速发展的主要限制因素之一。畜禽应激之后体内自由基含量陡增, 此时, 机体需要动用大量的能量以及营养储备用于抵抗应激^[9], 依赖体内的非酶系统和酶系统来清除这些过多的自由基。非酶系统包括谷胱甘肽(GSH)、硒和部分维生素, 如维生素 C 和 E 等; 酶系统则包含多种抗氧化酶, 如 SOD、GSH-Px 和 CAT

等, 这些物质可最大限度地减少氧化自由基的过度蓄积^[10]。因此, 诸多研究认为, 如超氧化物歧化酶, 谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化氢酶, 以及一些非酶抗氧化剂, 如还原型谷胱甘肽、维生素 C 和 E、 β -胡萝卜素、血浆铜蓝蛋白和胆红素、总抗氧化剂容量(TAC)和总氧化剂状态(TOS)等均可以用作反刍动物氧化应激状态的广泛标记^[11]。除此之外, MDA 作为脂质过氧化的最终产物之一, 也可以与上述物质一起作为氧化应激的标志之一^[12]。本试验结果显示, 制造氧化应激模型开始之后, 各组羊体内 MDA 含量均呈显著上升趋势, 且均有一段维持时间, 但日粮中添加手掌参多糖提取物的试验组羊体内这种高 MDA 含量的状态维持时间较短。研究发现, MDA 作为脂质过氧化的最终产物, 在机体产生应激反应之后其体内含量会显著增加, 且在反刍动物血清内可以监测到此变化, 而当应激反应

表 2 手掌参多糖提取物对氧化应激肉羊肉品质的影响

Table 2 Effect of GCP extracts on the meat quality of mutton sheep under oxidative stress

指标 Index	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P value
<i>a</i> *	30.19	29.52	1.75	0.8
<i>b</i> *	2.13	3.63	1.26	0.45
<i>L</i> *	30.18	36.17	1.78	0.08
失水率/% Water loss rate	25.41	31.77	3.29	0.24
滴水损失/% Drip loss	4.43 ^a	2.03 ^b	0.40	0.01
熟肉率/% Cooked meat percentage	44.22	46.02	1.68	0.49
pH _{15 min}	7.55	7.52	0.18	0.92
pH _{24 h}	6.32	6.32	0.07	0.95
剪切力/N Sheer force	39.04 ^a	53.15 ^b	2.57	0.02

同行肩注相同字母者差异不显著($P>0.05$),肩注不同字母者差异显著($P<0.05$)。下同

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below

表 3 手掌参多糖提取物为对氧化应激肉羊羊肉氨基酸含量的影响

Table 3 Effect of GCP extracts on the amino acid content in meat of mutton sheep under oxidative stress

氨基酸 Amino acid	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P value	F 值 F value
天冬氨酸 Asp	10.17	10.06	0.31	0.86	0.25
苏氨酸* Thr	4.75	4.81	0.11	0.22	1.88
丝氨酸 Ser	3.86	3.81	0.05	0.42	1.07
谷氨酸 Glu	13.75	13.85	0.22	0.34	1.34
甘氨酸 Gly	4.98	4.77	0.09	0.18	2.14
丙氨酸 Ala	5.75	5.72	0.08	0.81	0.32
半胱氨酸 Cys	1.12	1.04	0.08	0.94	0.13
缬氨酸* Val	4.89	4.63	0.10	0.41	1.10
蛋氨酸* Met	2.73	2.82	0.06	0.77	0.38
异亮氨酸* Ile	5.17	5.19	0.10	1.00	0.02
亮氨酸* Leu	8.82	8.86	0.09	0.44	1.03
酪氨酸 Tyr	3.38	3.50	0.05	0.31	1.46
苯丙氨酸* Phe	5.41	5.01	0.10	0.10	3.03
赖氨酸* Lys	9.09	8.67	0.30	0.81	0.33
组氨酸 His	3.49 ^a	3.35 ^b	0.11	0.02	6.41
精氨酸 Arg	6.56	6.54	0.07	0.60	0.67
脯氨酸 Pro	5.27	4.74	0.69	0.97	0.09
氨基酸总量 Total amino acids(A)	99.19	97.37			
必需氨基酸 Essential amino acids(B)	44.71	43.80			
必需氨基酸比例/% B/A	45.08	44.98			

肩注“*”为必需氨基酸

Note “*” as the essential amino acids

在体内得到一定程度的缓解时,体内 MDA 含量有所降低和控制^[13-14]。由此推测,本试验中手掌参多糖一定程度上具有缓解舍饲肉羊氧化应激的作用。在此基础上,试验观测到试验开始前各试验组羊只血清 T-AOC、SOD、GSH-Px 含量无显著差异,当机体遭受氧化应激刺激后,对照组羊体内 SOD 和 GSH-Px 含量会迅速降低,且维持较长时间,而试验组体内 SOD 和 GSH-Px 含量会在造模后较长时间出现降低,随之升高。因机体处于氧化应激状态下时,过高的 ROS 会促使机体产生更多的抗氧化酶,以消除过量的 ROS 从而保护机体细胞和组织结构的完整以及功能的完善^[15],这也是氧化应激后血清抗氧化能力的检测是衡量动物健康的关键因素之一^[16]。结合本试验生产性能结果和抗氧化指标监测结果,可推测手掌参多糖能提高机体抗氧化活性,且具有一定的减少应激反应持续时间的作用,使机体尽快恢复正常状态。这一结果与诸多天然植物提取物抗应激相关的文献报道结果相一致^[17-19]。

肉羊作为一种重要的肉用家畜,其肉品质是决定消费者偏好的重要因素,也是肉羊养殖业中产品质量管理的重点,消费者在购买羊肉时通常以肉色来判别肉质,而在生产中通常采用羊肉的熟肉率、剪切力、pH、持水能力和嫩度等指标来衡量其肉质的品质。熟肉率是指肌肉煮熟之后的重量与生肉的重量的比率,熟肉率的高低与其系水力的强弱成正比,系水力越强,则熟肉率越高。肉的剪切力则间接反映肌纤维的直径以及肌原纤维的状态(伸缩、舒张或分解)。肉的 pH 是反映动物在屠宰后,肌肉中的糖原酵解速度,是判定生理正常或异常肉质的依据,也是判定 PSE 肉与 DFD 肉的一个有效指标^[20]。研究表明,天然类胡萝卜素可改善肌肉持水能力,减少滴水损失,且其作用机理可能是由于肌肉抗氧化能力的提高所致^[21]。还有研究证明,蛋白质的水解和氧化会直接影响肌肉组织的持水能力,增加其滴水损失^[22]。机体应激之后会动用体内储存的大量蛋白质^[23],因此,有可能会使肌肉中的蛋白质流失,使其肌肉持水性降低。而剪切力的大小可反映出肌肉持水性的强弱。本试验结果显示,在舍饲肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物,可显著降低羊肉滴水损失,显著提高羊肉剪切力($P < 0.05$),而对肉色、失水率、熟肉率和 pH 等指标无显著影响,这也与诸多研究结果相一致^[24],表明肌肉抗氧化能力的提高可使其保水能力增加,从而增加其嫩度^[25]。氨基酸检测

结果显示,对照组与试验组氨基酸含量和必需氨基酸含量无显著差异($P > 0.05$),仅对照组的组氨酸含量显著高于试验组。这也与研究报道所指出的应激过程中机体内组氨酸含量发生改变的结果相一致^[26-27],究其原因可能是组氨酸作为肌肽的组成部分参与机体抗氧化机能的发挥^[24],而肌肽作为体内较强的自由基清除剂,其结构中 L-组氨酸残基上的咪唑环 N 原子和肽键 N 原子可以通过与金属离子螯合,抑制由金属离子引起的脂肪氧化^[28],从而起到抗氧化作用。因此,当机体遭受强烈的氧化应激刺激后,产生大量的氧化自由基,使机体胶原蛋白的合成量减少,金属蛋白酶-2 的含量增加,对肉质产生一定的负面影响^[29]。但在舍饲肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物后可缓解舍饲肉羊的氧化应激,减少机体自身蛋白质的分解,从而对羊肉品质具有一定的改善作用。当前,在养殖业全面禁抗的背景下,寻找绿色、环保、安全的畜禽免疫增强剂或抗应激剂正成为重点研究方向之一^[30],期望对手掌参有效成分或制药残渣的利用与开发能够为畜牧业发展提供新的思路或试验依据。

4 结 论

本试验结果显示,肉羊日粮中添加手掌参多糖提取物可以显著提高舍饲肉羊 ADFI,且当机体遭受氧化应激时可使羊只 ADFI、ADG 以及抗氧化酶含量等指标较快恢复,具有一定的提高肉羊生产性能和抗氧化应激的作用。

参考文献 (References):

- [1] 萨茹丽,杨 斌,敖长金.天然植物提取物在动物氧化应激中的研究概况[J].动物营养学报,2018,30(6):2021-2026.
SA R L, YANG B, AO C J. Research progress of natural plant extracts in animal oxidative stress[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(6): 2021-2026. (in Chinese)
- [2] 邓永琦,耿 耘,马超英.手掌参化学成分及药理活性研究进展[J].贵州农业科学,2017,45(9):81-83.
DENG Y Q, GENG Y, MA C Y. Advances in chemical components and pharmacological activities of *Gymnadenia conopsea* [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2017, 45(9): 81-83. (in Chinese)
- [3] 江洪涛,马 斌,毕 娜,等.林芝手掌参营养成分分析与评价[J].食品研究与开发,2018,39(22):

- 135-140.
- JIANG H T, MA B, BI N, et al. Composition analysis and quality evaluation of nutritional components of *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. from Linzhi[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(22): 135-140. (in Chinese)
- [4] 余培芝, 韩鸿萍, 尚军, 等. 手掌参多糖延缓衰老作用的研究[J]. 西北药学杂志, 2018, 33(1): 46-49.
- YU P Z, HAN H P, SHANG J, et al. Study on the anti-aging effect of polysaccharides from *Gymnadenia conopsea* [J]. *Northwest Pharmaceutical Journal*, 2018, 33(1): 46-49. (in Chinese)
- [5] 苏瑞林, 温爱平, 张秀艳, 等. 蒙药材手掌参总皂苷的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国医药导报, 2016, 13(34): 46-49.
- SU R L, WEN A P, ZHANG X Y, et al. Studies on the extracting and antioxidant activities of total saponins in Mongolian Medicine *Gymnadenia conopsea* [J]. *China Medical Herald*, 2016, 13(34): 46-49. (in Chinese)
- [6] 赵亚波. 沙葱和沙葱黄酮对 Diquat 诱导的小尾寒羊氧化应激的缓解作用及其机制的初步研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- ZHAO Y B. The relieving effects and mechanism of allium mongolicum regel and its flavonoids on small tail han sheep in stress condition induced by Diquat [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019. (in Chinese)
- [7] 余培芝. 手掌参多糖的提取及药理活性研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2017.
- YU P Z. Study on extract techniques and pharmacological activities of polysaccharide from *Gymnadenia conopsea* [D]. Xining: Qinghai Normal University, 2017. (in Chinese)
- [8] 陈仁伟. 沙葱黄酮对肉羊生产性能及其肉品质的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016.
- CHEN R W. Effects of flavonoids from allium mongolicum regel on production performance and meat quality in meat sheep [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [9] 李绍钰, 魏凤仙, 徐彬, 等. 环境应激对肉鸡的影响研究进展[C]//中国畜牧兽医学动物营养学分会第七届中国饲料营养学术研讨会. 郑州: 中国畜牧兽医学动物营养学分会, 2014.
- LI S Y, WEI F X, XU B, et al. Research progress on the effects of environmental stress on broilers[C]//The 7th China Feed Nutrition Symposium of Animal Nutrition Branch of Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine. Zhengzhou: Animal Nutrition Branch of Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine, 2014. (in Chinese)
- [10] CADENAS E, DAVIES K J. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging [J]. *Free Radic Biol Med*, 2000, 29(3-4): 222-230.
- [11] 曾宪成, 马璟, 常艳, 等. 实验动物应激后氧化应激状态监测方法的进展[J]. 实验动物与比较医学, 2012, 32(6): 549-552.
- ZENG X C, MA J, CHANG Y, et al. Progress on monitoring methods of oxidative stress after stress in laboratory animals [J]. *Laboratory Animal and Comparative Medicine*, 2012, 32(6): 549-552. (in Chinese)
- [12] CELI P. The role of oxidative stress in small ruminants' health and production [J]. *R Bras Zootec*, 2010, 39: 348-363.
- [13] AKTAS M S, OZKANLAR S, KARAKOC A, et al. Efficacy of vitamin E+selenium and vitamin A+D+E combinations on oxidative stress induced by long-term transportation in Holstein dairy cows[J]. *Livest Sci*, 2011, 141(1): 76-79.
- [14] AKTAS M S, KANDEMIR F M, KIRBAS A, et al. Evaluation of oxidative stress in sheep infected with *Psoroptes Ovis* using total antioxidant capacity, total oxidant status, and Malondialdehyde Level[J]. *J Vet Res*, 2017, 61(2): 197-201.
- [15] VAN DEN BROEK A H, HUNTLEY J F. Sheep scab: the disease, pathogenesis and control [J]. *J Comp Pathol*, 2003, 128(2-3): 79-91.
- [16] ZHONG D D, WANG H K, LIU M, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharide peptide prevents renal ischemia reperfusion injury via counteracting oxidative stress[J]. *Sci Rep*, 2015, 5(1): 16910.
- [17] 王蕾, 包谛, 王振宇, 等. 红豆越橘提取物对小鼠慢性应激损伤的防护作用[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 346-350.
- WANG L, BAO D, WANG Z Y, et al. Protective effect of Lingonberry extraction on chronic stressed mice[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(6): 346-350. (in Chinese)
- [18] 赵军, 武月娥, 张健敏, 等. 银杏叶提取物对脑缺血再灌注损伤模型大鼠氧化应激和炎症的治疗作用[J]. 包头医学院学报, 2019, 35(1): 61-63, 92.
- ZHAO J, WU Y E, ZHANG J M, et al. Therapeutic effect of Ginkgo biloba extract on oxidative stress and

- inflammation in rats with cerebral ischemia reperfusion injury[J]. *Journal of Baotou Medical College*, 2019,35(1):61-63,92. (in Chinese)
- [19] 刘珊珊. 中草药提取物黄芪多糖在畜禽养殖中的应用[J]. *中兽医学杂志*, 2018(4):91.
LIU S S. Application of astragalus polysaccharide extract in livestock and poultry farming [J] *Chinese Journal of Traditional Veterinary Science*, 2018(4): 91. (in Chinese)
- [20] 邢 通, 徐幸莲, 王虎虎. 高温运输应激诱导类 PSE 鸡肉的形成机理[J]. *中国家禽*, 2019, 41(8):1-4.
XING T, XU X L, WANG H H. Mechanism of transport under high temperature induced PSE-like meat [J]. *China Poultry*, 2019, 41(8):1-4. (in Chinese)
- [21] RAJPUT N, ALI S, NAEEM M, et al. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on pigmentation, oxidative stability and quality of meat from broiler chickens affected by a coccidiosis challenge[J]. *Br Poult Sci*, 2014, 55(4):501-509.
- [22] HUFF-LONERGAN E, LONERGAN S M. Mechanisms of water-holding capacity of meat; the role of postmortem biochemical and structural changes[J]. *Meat Sci*, 2005, 71(1):194-204.
- [23] 刘嘉莉, 窦金焕, 胡丽蓉, 等. 热应激对奶牛生理和免疫功能的影响及其机理[J]. *中国畜牧兽医*, 2018, 45(1):263-270.
LIU J L, DOU J H, HU L R, et al. Effects and mechanism of heat stress on physiological and immune system in dairy cows[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2018, 45(1):263-270. (in Chinese)
- [24] 王菊花, 刘 琦, 董 静, 等. 稀土壳糖胺螯合盐对热应激肉鸡生长性能和肉品质的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2019, 24(7):104-111.
WANG J H, LIU Q, DONG J, et al. Effects of rare earth-chitosan chelate on the growth performance and meat quality of yellow-feathered broilers under heat stress[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(7):104-111. (in Chinese)
- [25] JUDGE M D, REEVES E S, ABERLE E D. Effect of electrical stimulation on thermal shrinkage temperature of bovine muscle collagen[J]. *J Anim Sci*, 1981, 52(3):530-534.
- [26] 孙晓伟. 组氨酸改善肥胖大鼠炎症和氧化应激的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨医科大学, 2014.
SUN X W. Research of the histidine improves inflammation and oxidative stress in obese rats[D]. Harbin: Harbin Medical University, 2014. (in Chinese)
- [27] 王 丽. 热应激对生长猪氨基酸内源性肠损失的影响[J]. *广东饲料*, 2016, 25(4):52.
WANG L. Effect of heat stress on endogenous intestinal loss of amino acids in growing pigs[J]. *Guangdong Feed*, 2016, 25(4):52. (in Chinese)
- [28] 张春勇, 陈克麟, 黄金昌, 等. 谷氧还蛋白 1 和硫氧还蛋白 1 基因在云南乌金猪不同组织中的表达特点及 L-组氨酸对其在氧化应激细胞中表达的影响[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(12):2415-2423.
ZHANG C Y, CHEN K L, HUANG J C, et al. Glutaredoxin 1 and Thioredoxin 1; gene expression characteristics in different tissues and effects of L-Histidine on gene expressions in oxidant stress cells of Yunnan Wujin Pigs[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(12):2415-2423. (in Chinese)
- [29] ARCHILE-CONTRERAS A C, PURSLOW P P. Oxidative stress may affect meat quality by interfering with collagen turnover by muscle fibroblasts[J]. *Food Res Int*, 2011, 44(2):582-588.
- [30] 周 迪, 王胤晨, 田兴舟, 等. 花青素增强反刍动物抗氧化性能作用机制的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2019, 50(8):1536-1544.
ZHOU D, WANG Y C, TIAN X Z, et al. Study of the mechanism of anthocyanins enhancing antioxidant capacity in Ruminants[J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2019, 50(8):1536-1544. (in Chinese)

(编辑 范子娟)