

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.10.008

# 宰前饮用复合磷酸盐水对延边黄牛肉血清生化、肌纤维结构及蛋白质表达的影响

Effect of drinking compound phosphate water before slaughter on serum biochemistry, muscle fiber structure and protein expression of Yanbian yellow cattle

张亮<sup>1,2</sup> 侯婷婷<sup>1</sup> 田学宗<sup>1</sup> 刘鑫<sup>1</sup>

ZHANG Liang<sup>1,2</sup> HOU Ting-ting<sup>1</sup> TIAN Xue-zong<sup>1</sup> LIU Xin<sup>1</sup>

梁成云<sup>1</sup> 许海林<sup>3</sup> 崔泰花<sup>1</sup> 李官浩<sup>1</sup>

LIANG Cheng-yun<sup>1</sup> XU Hai-lin<sup>3</sup> Cui Tai-hua<sup>1</sup> LI Guan-hao<sup>1</sup>

(1. 延边大学食品研究中心, 吉林 延吉 133000; 2. 北京尚德在线教育有限公司, 北京 100193;

3. 龙井长白山森福清真肉业有限公司, 吉林 延吉 133000)

(1. Food Research Center of Yanbian University, Yanji, Jilin 133000, China;

2. Beijing Suntech Online Education Technology Limited, Beijing 100193, China;

3. Longjing Changbai Mountain Benfu Qingzhen Meat Industry Limited, Yanji, Jilin 133000, China)

**摘要:**通过对宰后延边黄牛肉血清生化、肌纤维结构及蛋白质表达的测定,考察宰前饲喂延边黄牛复合磷酸盐水对其生理生化指标的影响。结果显示:宰前饮用0.10%的复合磷酸盐水可降低延边黄牛肉的肌纤维面积和周长,并显著降低宰后 Troponin-T 表达量,提高 Creatine Kinase 表达量,对改善宰后延边黄牛肉的血液生化指标有显著作用,可在一定程度上减少宰前应激,改善肉质。

**关键词:** 延边; 黄牛; 复合磷酸盐; 宰前应激

**Abstract:** The effects of serum phosphate biochemical, muscle fiber structure and protein expression on post-mortem Yanbian yellow cattle were studied to investigate the effects of compound phosphate water on the physiological and biochemical indexes of Yanbian yellow cattle before slaughter. The results showed that drinking 0.10% of compound phosphate water before slaughter could reduce the muscle fiber area and circumference of Yanbian yellow beef, and significantly reduce the expression of Troponin-T and increase the expression of Creatine Kinase after slaughter,

and improve the blood biochemical index of Yanbian yellow cattle after slaughter. Moreover, a significant effect on, reducing the pre-slaughter stress and improving meat quality were also found.

**Keywords:** Yanbian; yellow cattle; compound phosphate; pre-slaughter stress

应激是指动物受到体内非特异性的、异常的、不良的胁迫因子刺激或长期作用时,会引起非特异性、生理性紧张状态的反应,并由此引起各种机能和代谢改变,来提高机体的适应能力和维持内环境的相对稳定<sup>[1]</sup>。肉牛屠宰放血后为了维持肌肉结构完整、保持一定温度和弹性仍需消耗 ATP,加上屠宰时异常恐惧和痉挛,肌肉激烈收缩使 ATP 分解,宰后胴体肌细胞又过多地消耗 ATP,糖原酵解加强,产生大量乳酸使 pH 值迅速下降,导致肌内膜变性、崩裂,肌外膜组织脆弱,致密性下降,肌球蛋白变性,持水性降低,肌红蛋白随水分大量流失,进而产生劣质肉<sup>[2]</sup>。劣质肉不仅口感差、货价期短、不适宜深度加工,而且由于色泽异常很难被消费者接受,降低了肉生产的附加值,影响经济效益。因此,降低动物宰前应激对改善肉质有重要的作用。

磷酸盐是应用最为广泛的食物添加剂之一。目前已有大量研究<sup>[3-5]</sup>表明,磷酸盐可作为品质改良剂应用于肉制品当中。磷酸盐在肉类加工中的主要作用有:保水、

基金项目:吉林省科技厅项目(编号:20170300003N Y)

作者简介:张亮,男,硕士。

通信作者:崔泰花(1978—),女,延边大学实验师,学士。

E-mail: lich@ybu.edu.cn

李官浩(1973—),男,延边大学教授,博士。

E-mail: ghli@ybu.edu.cn

收稿日期:2019-08-23

助渗透以及杀菌等,其中最主要的是保水作用。在肉品质研究中,可运用“蛋白质组学”来寻找预测肉嫩度的标记蛋白质<sup>[6]</sup>,现已证实:肌钙蛋白(Troponin)、肌间线蛋白(Desmin)、半肌动蛋白(Nebulin)、肌联蛋白(Titin)等蛋白与肌肉嫩度相关<sup>[7]</sup>。其中 Troponin-T 作为一种可调节的蛋白质,与 Troponin-I 亚基和 Troponin-C 亚基共同形成钙离子敏感调控开关,可以调节横纹肌的伸长与收缩<sup>[8-9]</sup>。在延边黄牛肉品质的研究中,已有学者采用蛋白质组学来研究其对肉品质的影响<sup>[10]</sup>,相比之下,通过 Desmin 和 Troponin-T 的表达量来探究延边黄牛宰前饮用复合磷酸盐来缓解宰前应激的研究尚未见报道。

试验拟将延边黄牛分为 4 组,对照组饮用自来水,试验组(A、B、C)分别饮用浓度为 0.05%,0.10%,0.15%的复合磷酸盐。研究其对延边黄牛肉品质指标、血清生化指标及相关蛋白质表达量的影响,以确定复合磷酸盐的适宜添加量,为降低延边黄牛宰前应激及改善肉质的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

延边黄牛:延边朝鲜族自治州龙井市彝福牧场;

焦磷酸钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠:食品级,市售;

牛皮质醇(COR)酶联免疫检测试剂盒、牛促肾上腺皮质激素(ACTH)酶联免疫检测试剂盒、BCA 浓度测定试剂盒:索莱宝生物科技有限责任公司;

钼酸铵、磷酸二氢钾、甲醛、尿素、硫脲、丙磺酸、二硫苏糖醇等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器与设备

标准规格酶标仪:ELx800 型,美国 Bio-TECK 有限公司;

旋转式切片机:RM2255 型,上海医疗器械厂;

摊片机:KD-P 型,浙江省金华市科迪仪器设备有限公司;

烘片机:KD-H 型,浙江省金华市科迪仪器设备有限公司;

多功能显微镜:OLMPUS 型,日本 OLMPUS 光学株式会社;

电泳仪:164-5050 型,美国伯乐公司;

蛋白转印仪:BIO-RAD 型,美国伯乐公司;

化学发光成像仪:Alliance 型,英国 UVItec 公司;

电子天平:FA1104N 型,上海精密科学有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验分组 试验分组如表 1 所示,复合磷酸盐为焦磷酸钠:三聚磷酸钠:六偏磷酸钠=1:5:14(质量比)复合得到。

表 1 试验动物分组情况

Table 1 Group of experimental animal

组别	饮水类别
对照组	自来水
试验组 A	浓度为 0.05% 的复合磷酸盐水
试验组 B	浓度为 0.10% 的复合磷酸盐水
试验组 C	浓度为 0.15% 的复合磷酸盐水

1.2.2 血样采集 延边黄牛宰前禁食禁水期间,用抗凝采血管(EDTA)采集延边黄牛颈静脉新鲜血液适量,并在采血管空白处进行标号。需将抗凝采血管匀速摇晃,以使血液能够与采血管中的抗凝剂充分接触,在 4℃,3 000 r/min 下离心 10 min,收集上清分装于灭菌的 1.5 mL 离心管中,并于-20℃冰箱中保存,以备指标测定分析。

1.2.3 牛皮质醇(COR)含量的测定 采用牛皮质醇酶联免疫检测试剂盒。

1.2.4 牛促肾上腺皮质激素(ACTH)含量的测定 采用牛促肾上腺皮质激素酶联免疫检测试剂盒。

1.2.5 血液生化指标的测定 采用全自动生化分析仪进行血液生化指标的测定。

1.2.6 肌纤维结构的测定 将切取的肉块用 10% 中性福尔马林水溶液固定,将固定好的肉样修整结束后,进行脱水处理。处理好的肉样用石蜡包埋,而后进行切片、摊片、烘干,最后染色,并使用显微镜观察。

1.2.7 肌纤维组织学性状测定(直径、表面积、周长) 采用 HE 染色法对切片进行染色,将染好色的切片置于显微镜下观察,用图像处理软件 CellSens Entry,选择多边形选项对各个形状进行测定和记录。

1.2.8 总蛋白的裂解 将 400 μL 裂解液与 4 μL 蛋白酶抑制剂装于 1.5 mL 离心管内,置于冰上。切取适量组织(约 200 mg)投入研钵中加入适当液氮研磨,取适量于上述裂解液中,置于冰块上 15 min。在超声机 20% 功率(100 W)下超声,超声 2 s 停止 8 s,共超声 10 min。将超声完的样品在 4℃下离心 10 min,离心转数为 13 000 r/min。离心后的上清液即为所需全蛋白。蛋白提取液在超低温冰箱-80℃下保存。

1.2.9 蛋白质浓度的测定 采用 BCA 浓度试剂盒。

1.2.10 Western Blot 检测 将蛋白样品进行 SDS-PAGE 电泳,取出条带加入 ECL 超敏发光液,用凝胶成像仪进行 CCD 扫描。

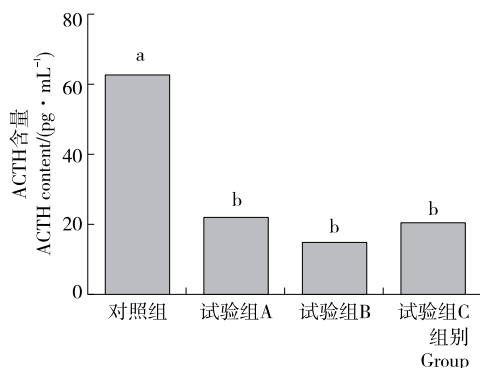
1.2.11 数据处理方法 所有试验重复 3 次,试验数据的基本整理采用 WPS 2018 款最新软件;采用 SPSS Statistics 17.0 统计软件对试验结果进行方差分析,并采用邓肯检验法标记差异显著性,分析结果用“平均值±标准差”表示,P<0.05 为结果差异显著。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对血清中 ACTH、COR 含量的影响

ACTH 和 COR 浓度是评价应激程度的重要指标,一般而言应激程度越大,ACTH 和 COR 浓度越高。复合磷酸盐处理对延边黄牛血清中的 ACTH 含量影响如图 1 所示,对照组 ACTH 含量显著高于试验组( $P < 0.05$ ),3 个试验组间 ACTH 含量无显著差异( $P > 0.05$ ),其中试验组 B 的含量最低,为  $(14.93 \pm 2.35)$  pg/mL。复合磷酸盐处理对延边黄牛血清中的 COR 含量影响如图 2 所示,对照组的 COR 含量显著高于试验组( $P < 0.05$ ),各试验组之间的 COR 含量差异显著( $P < 0.05$ ),其中试验组 A 的 COR 含量最低,为  $(26.29 \pm 4.70)$  ng/mL。

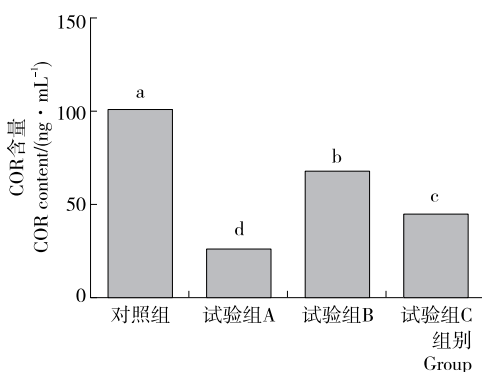
柴进等<sup>[11]</sup>在宰前应激对猪肉质的影响及其机制研究中也阐述了应激对 HPA 的影响,说明了 ACTH 和 COR 的相互作用,当 COR 分泌时反过来又抑制 CRF 和 ACTH



字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )

图 1 复合磷酸盐处理对延边黄牛血清中促肾上腺皮质激素含量的影响

Figure 1 Effect of compound phosphate treatment on content of ACTH in Yanbian cattle blood



字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )

图 2 复合磷酸盐处理对延边黄牛血清中皮质激素含量的影响

Figure 2 Effect of compound phosphate treatment on content of COR in Yanbian cattle blood

的释放。试验结果显示试验组的 ACTH 和 COR 浓度均显著低于对照组( $P < 0.05$ ),说明在宰前饮用复合磷酸盐水后会减少宰前应激并降低血液中 COR 和 ACTH 浓度。

### 2.2 对血清激素和酶的影响

复合磷酸盐处理对延边黄牛肉血清生化指标的影响如表 1 所示。血清酶的最主要来源是动物的特定组织器官,其活性高低与相应组织器官的代谢能力和功能状态有着直接的关系<sup>[12]</sup>。当机体处于应激状态下,机体的承受能力会被打破,机体的内环境及一些组织如心脏、肝脏、脾脏、肾、肌肉、淋巴和免疫器官不可避免地遭受病理性损伤和破坏,导致细胞膜的通透性发生变化致使血清酶的含量发生变化<sup>[13]</sup>。试验结果显示,试验组的 CK 含量显著低于对照组( $P < 0.05$ ),试验组 B 和 C 的 LDH 含量显著低于对照组( $P < 0.05$ )。仲庆振等<sup>[14]</sup>研究表明在宰前应激存在情况下,血液中的 CK 和 LDH 含量会显著提高,其原因是宰前应激过度消耗了机体能量导致心肌受到一定损伤,破坏细胞膜。血糖作为体内代谢过程的重要物质,可以反映机体的能量变化<sup>[15]</sup>。在应激状态下,使机体的 HPA 轴兴奋增强,提高糖原酵解速度,从而提供葡萄糖作为能量同时也能够刺激肌肉、淋巴以及结缔组织中的糖异生作用,导致血糖升高。试验结果显示,试验组的 GLU 含量显著低于对照组( $P < 0.05$ ),3 个试验组间无显著差异( $P > 0.05$ )。Hana 等<sup>[16]</sup>表明在应激状态下时,体能消耗增大同时也增加了血液中的 GLU 含量来适应应激,其研究结论与韩瑾瑾等<sup>[17]</sup>的一致。AST 含量最多的是心肌、其次为肝脏和骨骼肌,应激会使 AST 含量升高,可能是由于应激时心肌收缩力加强,血液循环加速,心肌细胞代谢加强,使其更新或受损加快所致<sup>[18]</sup>。Pérez 等<sup>[19]</sup>研究发现,猪血液中的活性在经历运输等应激后也会明显升高。试验结果显示,试验组的 AST 含量显著低于对照组( $P < 0.05$ ),其中试验组 B 的 AST 含量最低。ALP 广泛存在于组织和体液中<sup>[20]</sup>,李鹏飞等<sup>[21]</sup>对黄芪多糖粉和银黄粉缓解羊运输应激的研究表明,各种应激原的作用使得羊骨骼和肌肉受到损伤致使 ALP 进入血液,加上长时间的禁食禁水也会对小尾寒羊胆汁的生成和分泌造成影响,使得血液中 ALP 含量升高。试验结果显示,试验组的 TP 和 CHO 含量与对照组无显著差异( $P > 0.05$ )。试验组 A 的 ALP 和 TG 含量与对照组无显著差异( $P > 0.05$ ),试验组 B 和 C 均显著高于对照组( $P < 0.05$ )。以上试验结果说明,宰前饮用复合磷酸盐水能够降低在宰前应激存在情况下机体组织的受损程度,且降低血清中相关酶的含量,同时也证明了宰前饮用水中添加复合磷酸盐对减少宰前应激有一定作用,其中试验组 B 效果最佳。

表 2 复合磷酸盐处理对延边黄牛血清激素和酶的影响<sup>†</sup>

Table 2 Effect of compound phosphate treatment on blood biochemical indexes of Yanbian cattle

组别	CK/ (U·L <sup>-1</sup> )	LDH/ (U·L <sup>-1</sup> )	GLU/ (mmol·L <sup>-1</sup> )	TP/ (g·L <sup>-1</sup> )	AST/ (U·L <sup>-1</sup> )	ALP/ (U·L <sup>-1</sup> )	TG/ (mmol·L <sup>-1</sup> )	CHO/ (mmol·L <sup>-1</sup> )
对照组	1 581.33±340.50 <sup>a</sup>	1 591.17±177.00 <sup>b</sup>	4.19±0.20 <sup>a</sup>	79.16±4.13	126.00±4.24 <sup>a</sup>	112.83±17.13 <sup>bc</sup>	0.17±0.02 <sup>b</sup>	2.97±0.67
试验组 A	664.50±10.00 <sup>b</sup>	2 015.50±70.50 <sup>a</sup>	2.66±0.08 <sup>b</sup>	1 602.67±54.05 <sup>b</sup>	100.00±4.00 <sup>b</sup>	91.50±11.50 <sup>c</sup>	0.19±0.02 <sup>b</sup>	3.19±0.19
试验组 B	306.00±28.00 <sup>c</sup>	1 334.00±37.00 <sup>c</sup>	2.43±0.89 <sup>b</sup>	2.93±0.52 <sup>b</sup>	88.39±5.69 <sup>b</sup>	175.50±7.50 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	2.58±0.36
试验组 C	665.00±258.00 <sup>b</sup>	1 602.67±54.05 <sup>b</sup>	2.93±0.52 <sup>b</sup>	2.88±0.38	100.33±11.02 <sup>b</sup>	135.00±12.00 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	2.88±0.38

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

### 2.3 对血清无机离子的影响

复合磷酸盐处理对延边黄牛血清无机离子指标的影响如表 3 所示。血清中的无机盐离子在机体血液中起到了至关重要的作用,能够维持血液渗透压、血浆酸碱平衡以及机体正常生命活动<sup>[22]</sup>。总结有关应激对无机离子指标的影响发现,应激对血清中无机离子指标的影响尚没有明确变化规律。Mota-Rojas 等<sup>[23]</sup>研究发现,采用 CO<sub>2</sub> 击晕应激会升高血液中 K<sup>+</sup> 的浓度,但 Pérez 等<sup>[19]</sup>研究发现屠宰应激不会引起血液中的 K<sup>+</sup> 含量变化。试验结果显示,试验组 A 和 C 的 Na<sup>+</sup> 与对照组无显著差异(P>0.05),试验组 B 的含量显著低于对照组(P<0.05)。试验组与对照组相比,K<sup>+</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 含量无显著差异(P>0.05),均处于家畜的正常范围。试验组 B 有最低的 Na<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 且显著低于对照组(P<0.05)。以上试验结果说明,宰前饮用复合磷酸盐水对延边黄牛血清无机离子指标无显著影响,而离子指标间的差异还需进一步研究。

### 2.4 对肌纤维结构的影响

由表 4 可知,对照组的肌纤维面积显著高于试验组 B (P<0.05),与试验组 A 和 C 的无显著差异(P>0.05)。对照组的肌纤维周长显著高于试验组 B (P<0.05),与试验组 A 和 C 的无显著性差异(P>0.05);试验组 C 的肌纤维周长显著高于试验组 A 和 B (P<0.05)。对照组的肌纤维直径显著高于试验组 B 和 C (P<0.05),与试验组 A 的无显著性差异(P>0.05)。贮藏初期肌纤维结构观察

表 3 复合磷酸盐处理对延边黄牛血清无机离子指标的影响<sup>†</sup>

Table 3 Effect of compound phosphate treatment on blood biochemical ion index of Yanbian cattle

组别	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>
对照组	2.03±0.05	15.30±0.27	102.40±1.05 <sup>a</sup>	137.57±0.67 <sup>a</sup>
试验组 A	1.96±0.07	15.42±0.17	102.30±0.50 <sup>a</sup>	138.40±1.14 <sup>a</sup>
试验组 B	2.08±0.08	15.44±0.39	99.27±0.93 <sup>b</sup>	135.87±0.23 <sup>b</sup>
试验组 C	1.98±0.07	15.64±0.89	102.73±0.60 <sup>a</sup>	138.03±0.83 <sup>a</sup>

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

图(200 倍)见图 3。

肌组织学与肉品质密切相关。研究<sup>[13]</sup>表明,肌纤维的密度越大,直径和面积越小,肉质越鲜嫩;肌纤维的密度越小,直径和面积越大,肉质越差,这是由于肌原纤维越粗缔合越牢固越难断裂。应激会对肉质品肌纤维直径和面积有一定影响,影响机制为应激使肉牛肌肉组织中糖原含量减少,产生乳酸减少 pH 值升高,内源性组织蛋白酶活性受到抑制,减缓了成熟过程中肌膜的溶解速率,导致肌纤维结构发生变化<sup>[20]</sup>。试验结果显示,试验组的肌纤维面积和直径均低于对照组,其中试验组 B 的面积

表 4 复合磷酸盐处理对贮藏初期延边黄牛肌纤维结构的影响<sup>†</sup>

Table 4 Effect of compound phosphate treatment on muscle fiber structure of Yanbian cattle in early storage

组别	肌纤维面积/ μm <sup>2</sup>	肌纤维周长/ μm	肌纤维最小 直径/μm
对照组	1 630.55±154.44 <sup>a</sup>	166.70±11.57 <sup>ab</sup>	137.57±0.67 <sup>a</sup>
试验组 A	1 606.53±128.68 <sup>a</sup>	160.50±9.93 <sup>b</sup>	138.40±1.14 <sup>a</sup>
试验组 B	1 477.30±155.38 <sup>b</sup>	151.50±10.78 <sup>c</sup>	135.87±0.23 <sup>b</sup>
试验组 C	1 599.37±140.41 <sup>a</sup>	169.60±11.15 <sup>a</sup>	138.03±0.83 <sup>a</sup>

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

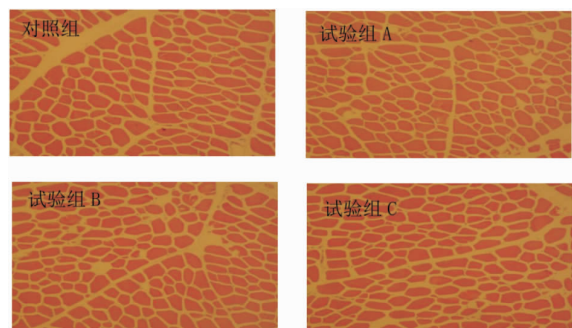


图 3 贮藏初期肌纤维组织结构图

Figure 3 Muscle fiber structure observation chart in early storage (×200)

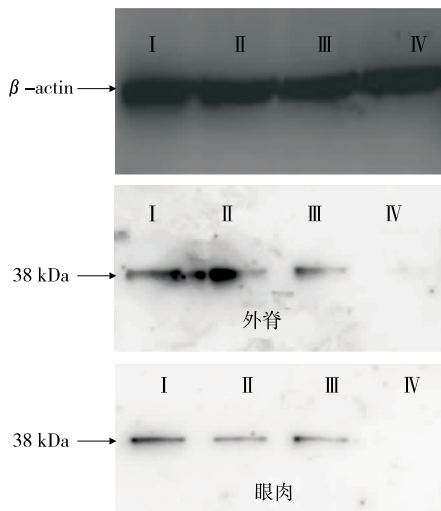
和直径显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。以上试验结果说明,宰前饮用复合磷酸盐水对延边黄牛肉贮藏初期肌纤维组织学特性有一定改善作用,其中试验组 B 效果最显著。从贮藏初期肌纤维结构观察图可以看出,试验组肌束之间的扩散程度均小于对照组,可能是宰前饮用复合磷酸盐水,减少了肌组织内部的能量消耗造成的。

### 2.5 对 Troponin-T 表达量的影响

由图 4 可知,外脊和眼肉的试验组 C 无明显的目的条带,其余 3 组有较为明显的目的条带。肌钙蛋白与肉的嫩度之间有直接的关系,但其作用机理还不明确需要进一步的研究。Troponin-T 可以起到调节肌动蛋白和肌球蛋白之间的相互作用,它与原肌球蛋白一起调节肌肉收缩时的细丝,同时还促进 I 带中细丝的损坏, Troponin-T 的降解有利于提高肉的嫩度。Lametsch 等<sup>[24]</sup>认为 38 kDa 的 Troponin-T 在宰后积累升高。研究<sup>[25]</sup>表明, Troponin-T 是内源性  $\mu$ -钙激活酶的作用底物,被降解后会引起肌纤维粗丝和细丝的相互作用的损坏,并增加肌原纤维的小片化,其降解产物的生产量可以很好地反映肉的嫩度。试验结果显示,对照组的 Troponin-T 目的条带较试验组更为清晰,说明对照组的 Troponin-T 的表达量高于试验组,同时随着复合磷酸盐水浓度的增加其蛋白表达量逐渐降低。试验结果说明,宰前饮用复合磷酸盐水会降低宰后初期 Troponin-T 的含量,会对延边黄牛肉品质产生影响。

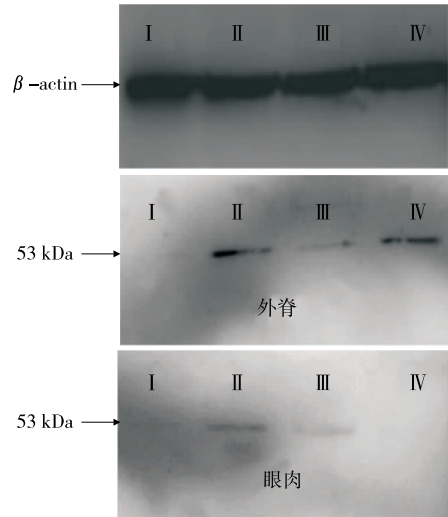
### 2.6 对 Creatine Kinase 表达量的影响

如图 5 所示,在外脊中试验组有较为明显的目的条带,其中试验组 A 和 C 较试验组 B 的目的条带清晰,对照



I. 对照组 II. 试验组 A III. 试验组 B IV. 试验组 C  
图 4 复合磷酸盐处理对延边黄牛肉外脊和眼肉 Troponin-T 表达量的影响

Figure 4 Effect of compound phosphate treatment on troponin-t expression of Yanbian yellow beef rib and rib-eye steak



I. 对照组 II. 试验组 A III. 试验组 B IV. 试验组 C

图 5 复合磷酸盐处理对延边黄牛外脊和眼肉 Creatine Kinase 表达量的影响

Figure 5 Effect of compound phosphate treatment on Creatine Kinase expression of Yanbian cattle rib and rib eye steak

组无目的条带。在眼肉中,对照组和试验组 C 无明显条带,试验组 A 和 B 有较为清晰条带,其中试验组 A 颜色较试验组 B 的深。试验结果显示,延边黄牛外脊中试验组的 Creatine Kinase 表达量高于对照组,延边黄牛眼肉中试验组 A 和 B 有较高的蛋白表达量,说明宰前饮用复合磷酸盐水可提高延边黄牛肉中 Creatine Kinase 的表达量,来减少宰前应激所带来的能量消耗。

## 3 结论

试验结果表明:宰前饮用复合磷酸盐水对改善延边黄牛宰后的血液生化指标有显著作用,可在一定程度上减少宰前应激并可一定程度地降低延边黄牛肉的肌纤维面积和周长,降低宰后 Troponin-T 表达量,提高 Creatine Kinase 表达量有显著作用。综合以上试验结果分析,宰前饮用 0.10% 的复合磷酸盐水效果最佳。

### 参考文献

[1] 张焱森. 预防猪应激的各项技术措施[J]. 畜牧兽医科技信息, 2013(8): 66.  
[2] 丁玉庭. 猪正常肉与 PSE 肉生化特性的比较及猪肉保鲜技术的研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2005: 7-8.  
[3] 朱学伸. 家禽“类 PSE 肉”的品质特性及其改善因素研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011: 20-21.  
[4] 李苗云, 张秋会, 柳艳霞, 等. 不同磷酸盐对肉品保水性的影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(4): 439-442.

- [5] 尚一平. 磷酸盐对肉制品加工的影响[J]. 食品与机械, 1990 (1): 22-23.
- [6] 赵雅娟, 苏琳, 尹丽卿, 等. 蛋白质组学技术在肉品质中的研究进展[J]. 食品工业, 2016, 37(4): 233-236.
- [7] 卢昊. 牛肉品质差异的蛋白质组学初步研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014: 2-3.
- [8] BERNEVIC B, PETRE B A, GALETSKIY D, et al. Degradation and oxidation postmortem of myofibrillar proteins in porcine skeleton muscle revealed by high resolution mass spectrometric proteome analysis[J]. International Journal of Mass Spectrometry, 2011, 305(2/3): 217-227.
- [9] SZABO C, JANSMAN A J, BABINSZKY L, et al. Effect of dietary protein source and lysine: DE ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing-finishing pigs[J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(11): 2 857-2 856.
- [10] 魏丹. 宰前饮用复合磷酸盐水对延边黄牛肉品质影响研究[D]. 延吉: 延边大学, 2017: 17-18.
- [11] 柴进. 宰前应激对猪肉质的影响及其机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 48-49.
- [12] PROMEYRAT A, SAYD T, LAVILLE E, et al. Early post-mortem sarcoplasmic proteome of porcine muscle related to protein oxidation[J]. Food Chemistry, 2011, 127 (3): 1 097-1 104.
- [13] 柴晓峰. 静养时间对肉牛运输应激消除作用的影响研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015: 29.
- [14] 仲庆振, 王丹, 孙泽威, 等. 急性热应激期间鹅血清生化指标和相关激素化规律的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49 (17): 74-77.
- [15] 杨培歌, 顾宪红. 应激对猪生产性能、行为及血液理化指标影响的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40 (1): 111-116.
- [16] HANA H, MASAHISA S, KIYOTO K, et al. Microauto-radiographic studies of glucose uptake in skeletal muscle fibers at rest[J]. Acta Histochemica, 2001, 103: 355-363.
- [17] 韩瑾瑾, 杨高丰, 张凯韩, 等. 夏南牛运输前后生理指标和血液指标的对比研究[J]. 动物医学进展, 2011, 32 (3): 121-124.
- [18] GUPTA S, EARLEY B, CROWE M A. Effect of 12-hour road transportation on physiological, immunological and haematological parameters in bulls housed at different space allowances[J]. The Veterinary Journal, 2007, 173 (3): 605-616.
- [19] PÉREZ M P, PALACIO J, SANTOLARIA M P, et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs[J]. Meat Science, 2002, 61(4): 425-433.
- [20] 武书庚. 家禽应激模型研究进展[C]// 中国畜牧兽医学会动物营养学分会. 饲料营养研究进展——第五届全国饲料营养学术研讨会论文集. 珠海: 中国畜牧兽医学会动物营养学分会, 2006: 7.
- [21] 李鹏飞. 黄芪多糖粉和银黄粉缓解羊运输应激的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015: 34.
- [22] 贾淑芬. 无机盐在养鸡生产中的作用[J]. 猪业观察, 2011 (5): 41.
- [23] MOTA-ROJAS D, BECERRIL-HERRERA M, ROLDAN-SANTIAGO P, et al. Effects of long distance transportation and CO<sub>2</sub> stunning on critical blood values in pigs[J]. Meat Science, 2012, 90(4): 893-898.
- [24] LAMETSCH R, KARLSSON A, ROSENVOLD K, et al. Postmortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(24): 6 992-6 997.
- [25] KAYAN A, UDDIN M J, CINAR M U, et al. Investigation on interferon alpha-inducible protein 6 (IFI6) gene as a candidate for meat and carcass quality in pig[J]. Meat Science, 2011, 88(4): 755-760.

## 信息窗

### 英国桑德兰大学正在开发可食用标签

据英国桑德兰大学网站消息,英国桑德兰大学(The University of Sunderland)的研究人员宣布开发一种可食用的食品标签,这种标签可以为消费者提供产品信息,并减少不必要的包装。

这种可食用标签是依据食品质量标准开发出来的,可直接贴在所有类型食品上,包括鱼、水果、蔬菜、

烘焙食品、饮料和肉类,消费者可以扫描标签获得食品相关信息。该项目由欧洲地区开发基金(European Regional Development Fund, ERDF)资助的合作项目,目前正在通过 Label Says Ltd 申请专利。

(来源:<http://news.foodmate.net>)