



刘 金, 冯定远, 王林川, 等. 猪体内谷胱甘肽过氧化物酶分布及动态变化研究[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(5): 19-24.

# 猪体内谷胱甘肽过氧化物酶分布及动态变化研究

刘 金<sup>1</sup>, 冯定远<sup>2</sup>, 王林川<sup>1</sup>, 陈芳艳<sup>2</sup>

(1 华南农业大学 兽医学院, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**【目的】全面了解谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)在猪体内的分布和动态变化.【方法】以3个品种的猪为研究对象,测定了不同组织中及不同品种、性别、龄期、健康状态猪血液中的GPx活力.【结果和结论】在26~150日龄,长白猪和蓝塘猪全血中的GPx活力随着龄期的增加而缓慢上升,至150日龄时达到最大值;蓝塘猪各龄期GPx活力高于长白猪GPx活力,30和90日龄GPx活力显著高于长白猪的GPx活力( $P < 0.05$ );90日龄杜大长公猪GPx活力显著高于母猪的GPx活力( $P < 0.01$ );90日龄健康杜大长猪GPx活力显著高于病猪的GPx活力( $P < 0.01$ ).对不同组织GPx活力和比活力进行比较,结果发现猪的肾、脾、肝、肺、心和回肠等组织的活力和比活力较高,可作为理想的提取GPx的原材料.

**关键词:**猪;谷胱甘肽过氧化物酶;体内分布;动态变化

中图分类号:S852.23

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2014)05-0019-06

## A study on the distribution and dynamic changes of the glutathione peroxidase activity in pigs

LIU Jin<sup>1</sup>, FENG Dingyuan<sup>2</sup>, WANG Linchuan<sup>1</sup>, CHEN Fangyan<sup>2</sup>

(1 College of Veterinary Medicine, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:**【Objective】To get a thorough understanding about the distribution and dynamic changes of the glutathione peroxidase (GPx) activity in pigs.【Method】Using three varieties of pigs as the subject, GPx activities of different tissues and whole blood from pig with different species, genders, age periods and health statuses were determined in this study.【Result and conclusion】The result showed that the GPx activity of whole blood from Lantang or Landrace pigs was slowly rising from 26 to 150 d, reaching a maximum at 150 d. The GPx activity of Lantang pigs was significantly higher than that of Landrace pigs during the periods of 30 and 90 d ( $P < 0.05$ ) and no significant difference in the other periods. The GPx activity of hybrid boars (Duroc × Yorkshire × Landrace) was significantly higher than that of sows ( $P < 0.05$ ); the GPx activity of healthy pigs (Duroc × Yorkshire × Landrace) was significantly higher than that of sick ones ( $P < 0.05$ ). Samples from different tissues revealed that kidney, spleen, liver, lung, heart and ileum showed a higher Gpx activity and these tissues can be used as ideal raw materials for extracting GPx.

**Key words:** pig; glutathione peroxidase; body distribution; dynamic change of GPx activity

收稿日期:2014-02-19 优先出版时间:2014-07-17

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20140717.0909.028.html>

作者简介:刘 金(1989—),男,硕士研究生,E-mail: qingdaoliujin@163.com;通信作者:陈芳艳(1971—),女,副教授,博士,  
E-mail: chenfangyan@scau.edu.cn

基金项目:广东省自然科学基金(S2012040007696);华南农业大学校长基金(4300-K07227)

谷胱甘肽过氧化物酶 (Glutathione peroxidase, EC1.11.1.9, 简称 GPx) 是生物机体组织中存在的 3 种重要的抗氧化酶之一, 也是一种重要的含硒酶, 硒是该酶活性中心的构成成分; 它的生物学作用主要是清除脂质氢过氧化物, 并在过氧化氢酶含量很少或  $H_2O_2$  产量很低的组织中, 代替过氧化氢酶清除  $H_2O_2$  发挥抗氧化作用. 目前研究表明 GPx 具有清除氢过氧化物、阻止癌症启动 ROS 对机体 DNA 的损伤, 抑制癌细胞的扩散、转移和再生<sup>[1]</sup>; 保护线粒体 ATP 免受氧化应激的影响, 抑制线粒体凋亡的发生<sup>[2-4]</sup> 以及对神经退行性疾病具有一定的神经保护作用<sup>[5]</sup>. 因此说, GPx 是一种有发展潜力的医药用酶和动物饲料添加剂.

正常情况下, GPx 的活力保持在一个相对稳定的状态, 但在病理情况下, 当体内活性氧发生堆积时, GPx 必然会与其他的抗氧化酶协同参与调节过程, 因此它的活力也会随着这种调节过程发生动态变化. GPx 对于有些疾病, 如鼠的中毒性肝炎, 该酶的活力会伴随着疾病的发生而上升<sup>[6]</sup>; 而另一些疾病, 如阿尔茨海默病, 该酶的活力则会伴随着疾病的发生而下降<sup>[7-8]</sup>; 因此认为该酶可作为某些疾病的辅助诊断指标. 此外, 血浆和红细胞的 GPx 活力也会随着年龄的增长而发生变化<sup>[9]</sup>. 也有研究发现, 同一动物不同性别间 GPx 的活力也存在差异<sup>[10]</sup>.

本研究通过对不同猪种、不同性别、不同组织及猪生长发育的不同阶段、不同健康状况下 GPx 的活力进行研究. 了解 GPx 在猪体内的分布和动态变化, 为以该酶的活力水平来评定猪的健康状态, 并作为某些猪病的辅助诊断治疗指标提供参考, 同时确定富含 GPx 的组织 and 采集时期, 为选择 GPx 含量最丰富的原材料, 进一步开发应用该酶提供依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

26、30、90、150 日龄蓝塘猪与长白猪 (均为公猪), 每品种每龄期各 5 头, 共 40 头猪, 由东莞板岭猪场提供.

90 日龄杜大长 (杜洛克、大白、长白) 三元杂健康公、母猪各 7 头, 共 14 头猪, 由珠海市那洲猪场提供.

90 日龄杜大长 (杜洛克、大白、长白) 三元杂患副嗜血杆菌病 1 周的猪 (应用 PCR 进行鉴定诊断), 公、母各 11 头, 共 22 头猪, 由珠海市那洲猪场提供.

### 1.2 主要试剂

谷胱甘肽 (GSH), Amresco 公司产品; 5, 5' - 二

硫代对二硝基苯甲酸 (DTNB), Sigma 公司产品; 牛血清白蛋白, Fluka 公司产品; 考马斯亮蓝 G250, USB 公司产品; 肝素, 广州齐云生物公司产品; 其他试剂均为市售分析纯.

### 1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 血样采集: 分别选取 26 (断奶前)、30、90、150 日龄的长白和蓝塘公猪各 5 头 (同一品种体质量间无差异, 健康状态无差异) 颈静脉取血 2 mL, 加入事先用肝素处理过的离心管中, 置于冰箱中冷藏待用, 在 1 d 内测定酶活力. 测定前取 10  $\mu$ L 全血加到 1 mL 双蒸水中, 充分振摇, 使之全部溶血成为 1:100 溶血液即为待测样品.

取 90 日龄杜大长三元杂健康及患病公、母猪各 11 头, 颈静脉采血. 血样处理方法与前述相同.

组织样品采集: 分别取 150 日龄的长白猪和蓝塘猪公猪各 5 头 (同一品种间体质量无差异, 健康状态无差异), 屠宰后, 立即采集肾、脾、肺、肝、心、胰、胃、脑、肌肉以及肠 (其中肠分为空肠、结肠、回肠、十二指肠、盲肠) 等组织采集鲜物样品约 5 g, 用 20 mmol/L pH 7.2 的磷酸缓冲液冲洗 3 次后, 包装好, 置于  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  的冰箱中冷藏备用, 在 3 d 内测定样品的酶活力.

测定前取出样品, 将组织样品用  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、质量分数为 0.86% 的生理盐水漂洗, 除去血液, 滤纸拭干, 准确称取 0.4 g, 放入 10 mL 的小烧杯内. 用量筒量预冷的匀浆介质 (pH 7.2, 20 mmol/L, 内含 1 mmol/L EDTA $\text{Na}_2$  的磷酸缓冲液), 匀浆介质是组织质量的 9 倍. 用移液枪将总量 2/3 的匀浆介质移入烧杯中, 用眼科小剪尽快剪碎组织块 (在冰浴条件下进行), 然后将剪碎的组织倒入玻璃匀浆管中, 再用剩余的 1/3 匀浆介质冲洗残余在小烧杯中的碎组织一起倒入玻璃匀浆管中进行匀浆, 上下转动研磨数十次, 充分磨碎, 得到质量分数为 10% 的组织匀浆液, 以 4 000 r/min 离心 10 min, 取上清液 0.5 mL 加入 1.5 mL 匀浆介质混匀以后测定酶活力.

1.3.2 猪副嗜血杆菌病的诊断 参照吴诗敏<sup>[11]</sup> 的方法通过 PCR 进行鉴定诊断.

1.3.3 GPx 活力的测定 参照荣征星等<sup>[12]</sup> 和蒙秋锁等<sup>[13]</sup> 的测定方法, 并作适当改进.

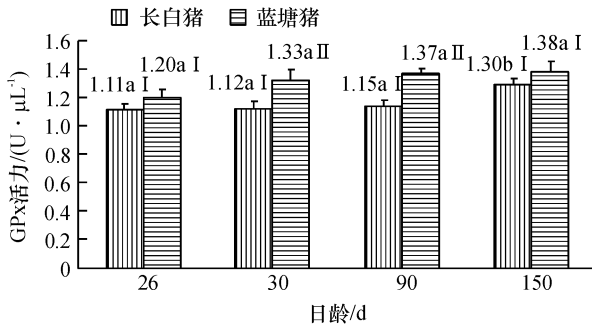
1.3.4 蛋白质质量浓度的测定 按 Bradford<sup>[14]</sup> 的方法, 并以牛血清白蛋白为标准蛋白质.

1.3.5 数据处理和统计分析 采用 SPSS 17.0 进行数据分析. 所有数据采用平均值  $\pm$  标准误差表示. 2 种数据间的比较采用 *T*-tests, 多组数据比较采用 Duncan's 新复极差法.

## 2 结果与分析

### 2.1 猪不同日龄 GPx 活力的动态变化

分别对 26~150 日龄(其中:26 日龄是断奶前的仔猪;150 日龄为即将出栏猪)的长白猪与蓝塘猪颈静脉采血,测定全血中 GPx 的活力,结果见图 1。



图中同一品种不同日龄柱上凡是有有一个相同小写英文字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法);同一日龄不同品种间凡是有有一个相同罗马字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)。

图1 长白猪与蓝塘猪不同日龄全血谷胱甘肽过氧化物酶活力的比较

Fig. 1 Glutathione peroxidase activities in the whole blood from Lantang pigs and Landrace pigs of different stages

图1表明,26(断奶前)~150日龄这段时期,长白猪和蓝塘猪全血中的 GPx 活力随着龄期的增加而缓慢上升.长白猪 26~150 日龄 GPx 活力由平均 1.11 U/μL 增至 1.30 U/μL,蓝塘猪 GPx 活力由 1.20 U/μL 增至 1.38 U/μL,都在 150 日龄时活力达最大,但除长白猪在 150 日龄与其他日龄 GPx 活力有显著差异外( $P < 0.05$ ),其余日龄 GPx 活力差异不显著( $P > 0.05$ )。

对断奶前(26 日龄)与断奶后(30 日龄)仔猪全血 GPx 活力进行比较,蓝塘猪断奶前后的 GPx 活力没有显著的差异( $P > 0.05$ );长白猪断奶前后的

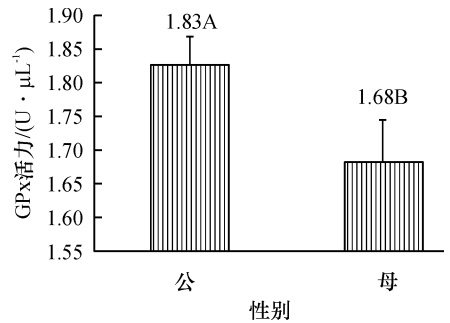
GPx 活力亦没有显著差异( $P > 0.05$ ).可能断奶应激发对全血 GPx 活力不会造成影响,也可能 GPx 活力断奶后能迅速恢复到原来的水平。

### 2.2 猪种间 GPx 活力的比较

由图 1 可见,对蓝塘猪和长白猪 26、30、90、150 日龄 GPx 活力进行比较,蓝塘猪各日龄的平均酶活力均高于长白猪的平均酶活力.在 26 日龄和 150 日龄,长白猪和蓝塘猪全血中的 GPx 活力差异不显著( $P > 0.05$ ),而在 30 日龄和 90 日龄 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ).可见不同猪种间酶活力存在差异。

### 2.3 公、母猪 GPx 活力的比较

由图 2 可见,90 日龄杜大长公猪的平均 GPx 活力比母猪的高了 8.93%.公、母猪间的 GPx 活力存在极显著差异( $P < 0.01$ )。

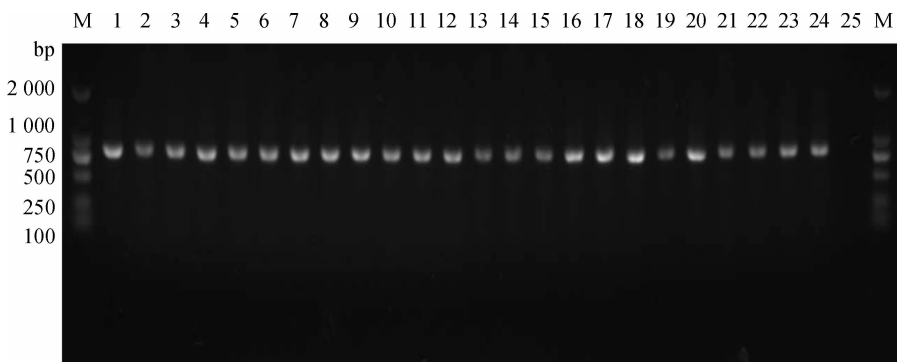


图中柱上凡是有有一个相同大写字母者,表示差异极不显著( $P > 0.01$ , Duncan's 法)。

图2 杜大长公、母猪谷胱甘肽过氧化物酶活力的比较  
Fig. 2 A comparison of glutathione peroxidase activities on boars and sows (Duroc × Yorkshire × Landrace)

### 2.4 不同健康状况 GPx 活力的比较

首先对猪副嗜血杆菌病进行诊断.分别测定了公、母各 11 头猪,通过 PCR 在 822 bp 左右处出现目的条带,其大小与阳性对照一致(图 3),结合临床症状,说明所采样的猪患有副嗜血杆菌。

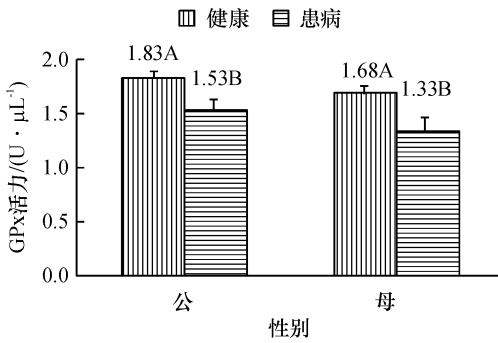


M: DNA marker DL2000; 1, 24: 阳性对照; 2~23: 检测样品; 25: 阴性对照。

图3 猪副嗜血杆菌 PCR 诊断结果

Fig. 3 The result of PCR for *Haemophilus parasuis*

测定了其中患病猪(公、母各7头)和健康猪(公、母各7头)全血 GPx 活力,结果见图4.



图中同一性别柱上凡是有一个相同大写字母者,表示差异极不显著( $P > 0.01$ , Duncan's 法)

图4 90日龄杜大长健康猪与患病猪副嗜血杆菌病猪全血谷胱甘肽过氧化物酶活力比较

Fig. 4 A comparison of glutathione peroxidase activities on healthy and *Haemophilus parasuis* disease pigs (Duroc × Yorkshire × Landrace)

90日龄患病公猪 GPx 活力比健康公猪的低16.39%;患病母猪 GPx 活力比健康母猪的低了20.83%(图4). 无论是公猪或母猪,患病猪副嗜血杆菌病1周的猪全血中的酶活力会显著降低( $P < 0.01$ ,图4).

## 2.5 猪不同组织 GPx 活力的比较

从表1对长白猪和蓝塘猪各组织 GPx 活力的比较发现,GPx 活力最高的组织是肾,活力最低的组织

是盲肠,GPx 活力大小的排列顺序依次是肾 > 脾 > 肺 > 肝 > 回肠 > 心 > 胰 > 胃、脑、肌肉、空肠、十二指肠、直肠、结肠、盲肠等组织. 其中肾 GPx 活力与肺、肝、回肠、心、胰、胃等组织间的酶活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),脾 GPx 活力与肝、回肠、心、胰、胃等组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),肺 GPx 活力与肾、回肠、心、胰、胃等组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),肝 GPx 活力与肾、脾、心、胰、胃等组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),回肠 GPx 活力与肾、脾、肺、胰、胃等组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),心 GPx 活力与肾、脾、肺、肝、胃等组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),胰 GPx 活力与所测定各组织(除长白猪心的 GPx 活力外)的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ ),胃 GPx 活力与肾、脾、肺、肝、回肠、心、胰组织间的 GPx 活力存在显著差异( $P < 0.05$ );胃、脑、肌肉、空肠、十二指肠、直肠、结肠、盲肠等组织间活力差异不显著( $P > 0.05$ ).

对蓝塘猪和长白猪各肠段 GPx 活力比较发现,回肠的 GPx 活力显著高于其他肠段( $P < 0.05$ ),与活力相对较高的肝 GPx 活力相比,没有显著性差异( $P > 0.05$ )(表1).

对蓝塘猪和长白猪各组织的比活力分别进行比较发现,GPx 比活力较高的组织有直肠、胃、回肠、肺、肾、脾、肝等;且在长白猪中,这些组织间 GPx 比活力差异不显著( $P > 0.05$ ).

表1 猪各组织 GPx 活力及比活力的比较

Tab.1 A comparison of GPx activities and specific activities from different tissues of pigs

组织	蓝塘猪( $n=5$ )		长白猪( $n=5$ )	
	酶活力/(U · mL <sup>-1</sup> )	比活力/(U · mg <sup>-1</sup> )	酶活力/(U · mL <sup>-1</sup> )	比活力/(U · mg <sup>-1</sup> )
肾	63.02 ± 1.40a	22.48 ± 1.41abc	59.51 ± 1.48a	17.01 ± 1.72ab
脾	56.14 ± 3.31ab	17.83 ± 0.31cd	53.19 ± 0.93ab	13.67 ± 1.97ab
肺	51.98 ± 1.25bc	26.83 ± 1.49a	48.64 ± 3.80bc	17.89 ± 2.60ab
肝	47.28 ± 3.23cd	12.45 ± 1.20de	40.00 ± 5.02cd	9.82 ± 2.18ab
回肠	43.54 ± 0.54de	21.00 ± 3.29bc	33.75 ± 0.44d	21.18 ± 4.23ab
心	35.94 ± 0.81e	17.70 ± 1.16cd	22.43 ± 3.66e	13.14 ± 1.33ab
胰	23.23 ± 2.28f	8.71 ± 1.46efg	22.85 ± 2.83e	4.57 ± 1.61b
胃	12.81 ± 0.22g	23.45 ± 0.75ab	9.57 ± 2.87f	22.43 ± 9.79ab
空肠	10.94 ± 2.14g	7.13 ± 2.30efgh	6.35 ± 3.53f	4.46 ± 2.46b
脑	9.38 ± 1.03g	10.54 ± 1.51ef	7.29 ± 1.92f	6.28 ± 1.31ab
肌肉	8.75 ± 3.09g	2.32 ± 0.44h	4.39 ± 0.74f	1.47 ± 0.33b
十二指肠	8.54 ± 1.32g	11.27 ± 1.27ef	9.69 ± 3.82f	9.78 ± 2.37ab
直肠	8.33 ± 0.74g	27.80 ± 2.30a	7.64 ± 1.71f	30.35 ± 3.43a
结肠	6.35 ± 1.25g	4.58 ± 0.03gh	5.69 ± 2.66f	3.54 ± 0.75b
盲肠	6.15 ± 1.69g	6.66 ± 0.33fgh	4.93 ± 3.26f	2.88 ± 1.43b

1) 表中数据为3次重复的平均值 ± 标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法).

### 3 讨论与结论

GPx 的活力会随着动物年龄的增长而发生变化,一般认为 GPx 的活力在青壮年期活力较高,到了老年时期该酶活力会显著下降。Cejková 等<sup>[15]</sup>测定了1月龄至5岁的兔角膜的 GPx 活力,发现1月龄的兔角膜活力很低,4~9.5月龄活力较高,2~2.75岁的 GPx 活力最高,3~5岁活力又显著降低。本研究2个品种的猪在断乳前至上市的这段时期,全血 GPx 的活力保持在一个相对稳定上升的水平。

本研究对健康仔猪断奶前1d及断奶后第4天 GPx 活力进行比较,无显著差异( $P > 0.05$ )。这种结果存在两种可能,一是断奶应激对 GPx 活力不一定会造成影响;二是经过4d时间 GPx 活力已经迅速恢复至原水平。有研究发现,热应激反应短期内会造成鼠脑线粒体 GPx 活力的明显下降,但48h后能恢复到原有水平<sup>[16]</sup>。

蓝塘猪是我国优良的地方品种,具有肉质鲜美,遗传性能稳定,温驯易管,适应性强等特点。长白猪原名德瑞斯猪,原产于丹麦,具有产仔数较多,生长发育快,饲料转化率高,瘦肉率高,但抗逆性差,对饲料营养要求高等特点。测定这两品种猪全血 GPx 活力,结果表明蓝塘猪 GPx 活力高于长白猪的活力,尤其在30日龄和90日龄显著高于长白猪全血中 GPx 的活力( $P < 0.05$ )。蓝塘猪抗病力、适应能力强于长白猪,这可能与该酶能增强和调节机体的免疫系统功能有关。

Habif 等<sup>[17]</sup>测定了12至90岁的男女血液中 GPx 活力,得出性别对 GPx 活力没有影响的结论,而Rush 等<sup>[10]</sup>的研究却认为,女性血浆中的 GPx 活力显著高于男性。本研究分别测定了7头公、母猪的 GPx 活力,结果则表明公猪的 GPx 活力极显著地高于母猪的活力( $P < 0.01$ )。与上述两位学者的研究结果不一致,这可能与采样的是留种公猪(一般都选择更加健康的公猪留种)有关;但还有待于扩大检测样品的数据来进一步确认这一结果。

在人医临床工作中发现许多疾病的患者体内均存在 GPx 活性和含量的改变,这种变化较为复杂,但通过其变化可以作为判定一些疾病的辅助指标。如鼠的中毒性肝炎,该酶的活力会伴随着疾病的发生而上升<sup>[6]</sup>;阿尔茨海默病,该酶的活力则会伴随着疾病的发生而下降<sup>[7-8]</sup>。本研究以患副猪嗜血杆菌病1周的病猪为检测对象,以健康猪为对照,检测到发病1周病猪比健康猪的酶活力显著降低( $P < 0.05$ )。猪

副猪嗜血杆菌病症中有猪的心包炎、浆膜炎、肺炎等。猪在断奶至上市这段时间 GPx 活力保持在一个相对较平稳的状态,如果猪全血 GPx 活力突然升高或者降低了,说明猪可能是处在某种不健康的状态。

GPx 在不同组织的活性是不同的,有研究结果表明肝脏中 GPx 活性最高,心和肺次之,肌肉中最低<sup>[9]</sup>。本研究测定了长白猪和蓝塘猪的心、肝、肺、肠、脑、肌肉等10个组织,发现 GPx 活力高的组织主要有肾、脾、肺、肝、回肠、心脏和胰等,而胃、脑、肌肉及其他肠段 GPx 活力较低,这可能与自由基产生部位主要在肾、肺、肝等器官有关<sup>[18]</sup>。对各肠段 GPx 活力测定表明,除了回肠的活力明显较高外,其他肠段活力都较低( $P < 0.05$ )。分离纯化 GPx 应选择酶活力高的组织进行提取。

此外,对各组织 GPx 的比活力进行了比较,比活力是衡量酶纯度的一个指标,纯度越高越有利于酶的分离纯化。有些组织,如肝、脾、肌肉等很容易匀浆,因此匀浆液中蛋白质质量浓度高,计算出的比活力相对会低些;有些器官,如肠、肺等不易匀浆,匀浆液中蛋白质质量浓度低,比活力会比较高。对各组织比活力进行比较,直肠、胃、回肠、肺、肾、脾、肝、十二指肠、心、胰等器官的比活力较高。

由于与 GPx 共存的高分子物质非常复杂,因此要选择酶活力和比活力都较高的组织作为提取纯化 GPx 的材料。猪的肾、脾、肝、肺、心和回肠等组织的酶活力和比活力都较高,从这些组织中提取 GPx 是较理想方案。

#### 参考文献:

- [1] BRIGELIUS F R, KIPP A. Glutathione peroxidases in different stages of carcinogenesis [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2009, 1790 (11): 1555-1568.
- [2] LIANG Hanyu, VAN REMMEN H, VICTORIA F, et al. Gpx4 protects mitochondrial ATP generation against oxidative damage [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2007, 356 (4): 893-898.
- [3] RAN Qitao, LIANG Hanyu, GU Minjun, et al. Transgenic mice overexpressing glutathione peroxidase 4 are protected against oxidative stress-induced apoptosis [J]. *Biol Chem*, 2004, 279 (53): 55137-55146.
- [4] SEILER A, SCHNEIDER M, FRSTER H, et al. Glutathione peroxidase 4 senses and translates oxidative stress into 12/15-lipoxygenase dependent-and AIF-mediated cell death [J]. *Cell Metab*, 2008, 8 (3): 237-248.
- [5] MASON R, CASU M, BUTLER N, et al. Glutathione peroxidase activity is neuroprotective in models of Hunting-

- ton's disease[J]. *Nat Genet*, 2013, 45(10):1249-1253.
- [6] ISKUSNYKH I Y, POPOVA T N, AGARKOV A A, et al. Expression of glutathione peroxidase and glutathione reductase and level of free radical processes under toxic hepatitis in rats [J/OL]. *J Toxicol*, 2013, [2014-01-10]. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/870628>.
- [7] BUIJSSE B, LEE D H, STEFFEN L, et al. Low serum glutathione peroxidase activity is associated with increased cardiovascular mortality in individuals with low HDLc's [J]. *PLoS One*, 2012, 7(6):1-6.
- [8] PADURARIU M, CIOBICA A, HRITCU L, et al. Changes of some oxidative stress markers in the serum of patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease [J]. *Neurosci Lett*, 2010, 469(1):6-10.
- [9] 陈媛,周玫. 自由基医学[M]. 北京:人民军医出版社, 1991:223-283.
- [10] RUSH J W E, SANDIFORD S D. Plasma glutathione peroxidase in healthy young adults: Influence of gender and physical activity [J]. *Clin Biochem*, 2003, 36(5):345-351.
- [11] 吴诗敏. 副猪嗜血杆菌分离鉴定及检测方法的建立[D]. 广州:华南农业大学, 2010.
- [12] 荣征星,刘慧中,鲍景奇,等. 小鼠全血中谷胱甘肽过氧化物酶活力的微量测定法[J]. *生物化学与生物物理进展*, 1994, 21(4):362-366.
- [13] 蒙秋锁,董青,张慧萍. 应用 DTNB 直接显色法测定全血谷胱甘肽过氧化物酶活力的研究[J]. *陕西医学检验*, 1994, 9(3):169-170.
- [14] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Anal Biochem*, 1976, 72(1/2):248-254.
- [15] CEJKOVÁ J, VEJRAZKA M, PLÁTENÍK J, et al. Age-related changes in superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase and xanthine oxidoreductase/xanthine oxidase activities in the rabbit cornea [J]. *Exp Gerontol*, 2004, 39(10):1537-1543.
- [16] 杨唐斌,梅尚筠. 应激反应与抗氧化酶. *航天医学与医学工程*[J]. 1994, 7(1):75-78.
- [17] HABIF S, MUTAFI, TURGAN N, et al. Age and gender dependent alterations in the activities of glutathione related enzymes in healthy subjects [J]. *Clin Biochem*, 2001, 34(8):667-671.
- [18] 张海燕,张柳春. 抗氧自由基药物的研究及临床应用[J]. *华夏医学*, 1995, 8(4):592-594.

【责任编辑 柴 焰】

## 欢迎订阅 2015《华南农业大学学报》

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、研究简报、综述等,设有动物科学与兽医学、农学·园艺·土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、农业工程与食品科学、综述、简报等栏目。本刊附英文目次和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业干部。

本刊为《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计源(中国科技核心期刊)》及《中国学术期刊综合评价数据库》等固定刊源,并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊 500 名以内。被《中文核心期刊要目总览》遴选为综合性农业科学核心期刊。为美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《CABI》、英国《动物学记录》、《中国生物学文摘》及国内农业类文摘期刊等多家国内外著名文摘固定刊源。

国内外公开发行人,欢迎订阅。双月刊,A4幅面。定价 15.00 元,全年 90.00 元。自办发行,参加全国非邮发报刊联合征订发行,非邮发代号:6573。

订阅办法:订阅款邮汇至:300381 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱,全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部