

# 紫心甘薯对高脂血症大鼠脂质代谢及氧化应激的影响

陈伟平<sup>1</sup>,毛童俊<sup>2</sup>,樊林<sup>1</sup>,周宇瀚<sup>1</sup>,俞兢<sup>1</sup>,金赞<sup>1</sup>,侯鹏超<sup>1</sup>

(1. 浙江大学城市学院医学与生命科学学院, 浙江 杭州 310015;

2. 浙江大学医学院公共卫生系, 浙江 杭州 310058)

**[摘要]** **目的:**观察紫心甘薯对高脂血症大鼠脂质代谢及氧化应激的影响,并探讨其可能的作用机制。**方法:**40只雄性SD大鼠按体重及血脂水平分为4组:正常对照组、高脂对照组、紫心甘薯高剂量组和紫心甘薯低剂量组,分别饲以不同饲料。于第3周和第6周末测血清脂质水平及氧化应激指标。**结果:**①第3周末,紫心甘薯高剂量组大鼠血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)显著低于高脂对照组;紫心甘薯低剂量组大鼠血清TG显著低于高脂对照组,而TC较高脂对照组无显著性差异。这些变化一直持续到第6周末。②第3周末,紫心甘薯高、低剂量组血清高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)均显著高于高脂对照组,而低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和动脉粥样硬化指数(AI)则显著低于高脂对照组。这些变化一直持续到第6周末。③第6周末,紫心甘薯高、低剂量组血清超氧化物歧化酶(SOD)活性较高脂对照组明显增高,而丙二醛(MDA)水平明显降低;肝脏超氧化物歧化酶(SOD)、还原型谷胱甘肽(GSH)水平显著高于高脂对照组,而MDA水平则显著低于高脂对照组。**结论:**紫心甘薯具有明显降血脂的功效,并能有效改善高脂血症大鼠氧化应激。

**[关键词]** 甘薯/化学;降血脂药/药理学;紫心甘薯;高脂血症;血脂;氧化应激

**[中图分类号]** R 541.8 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-9292(2011)04-0360-05

## Effect of purple sweet potato on lipid metabolism and oxidative stress in hyperlipidemic rats

CHEN Wei-ping<sup>1</sup>, MAO Tong-jun<sup>2</sup>, FAN Lin<sup>1</sup>, ZHOU Yu-han<sup>1</sup>, YU Jing<sup>1</sup>, JIN Yun<sup>1</sup>, HOU Peng-chao<sup>1</sup>

(1. School of Medicine and Life Sciences, Zhejiang University City College, Hangzhou 310015;

2. Department of Public Health, College of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310058)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the effect of purple sweet potato on lipid metabolism and oxidative stress in hyperlipidemic rats. **Methods:** Forty male SD rats were randomly divided into 4 groups: normal control group, high-fat control group, high purple sweet potato groups, low purple sweet potato group. The rats were fed with different diets for 6w respectively. **Results:** Serum TC, TG levels were significantly lower in high dosage group than in high-fat control group; while only serum TG was significantly lower in low dosage group than in high-fat control group, these changes started at the third week and lasted to the end of experiment. Serum LDL-C and AI levels were significantly lower in high and low dosage group than in high-fat control group, whereas, serum HDL-C was significantly higher than that in high-fat control group at w3 and lasted to the end of experiment. Serum SOD was significantly

收稿日期:2011-04-18 修回日期:2011-05-31

作者简介:陈伟平(1956-),男,硕士,副教授,主要从事营养与代谢性疾病的研究;E-mail: chenwp@zucc.edu.cn

higher in high and low dosage group than in high-fat control group, whereas, serum MDA was significantly lower than that in high-fat control group at w6. **Conclusion:** Purple sweet potato can decrease serum lipids and reduce hepatic oxidative stress in hyperlipidemic rats.

[ **Key words** ] Ipomoea batatas/chem; Antilipemic agents/pharmacol; Purple sweet potato; Hyperlipidemias; Serum lipids; Oxidative stress

[ J Zhejiang Univ ( Medical Sci ) , 2011 ,40(4) :360-364. ]

紫心甘薯(purple sweet potato)属旋花科一年生草本植物<sup>[1]</sup>,是新近开发出的一类优良特异的甘薯品种,其肉质紫红,外观诱人,具有营养、着色和保健等多重作用,引起国内外的广泛关注。紫甘薯富含花青素<sup>[2]</sup>及膳食纤维,多年来研究表明,花色素苷具有抗氧化、清除自由基、防癌、提高视力等生物活性<sup>[3]</sup>;膳食纤维可在肠道内吸水后形成胶体,阻止脂类物质向小肠壁的扩散<sup>[4]</sup>,从而减少机体对脂类物质的吸收,起到了降脂的作用。高脂血症是各种原因导致的血胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白升高和(或)高密度脂蛋白降低的一种脂代谢异常疾病<sup>[5]</sup>,它与代谢综合征等疾病密切相关,包括2型糖尿病,胰岛素抵抗,高血压等<sup>[6]</sup>。目前最安全有效的治疗高脂血症的方法在于饮食干预,因此,从天然食物中找寻具降脂功效的食材已成为研究热点<sup>[7-8]</sup>。已有研究表明,紫甘薯具有预防高血压,改善肝功能,减少基因突变,抑制诱癌物质的产生,改善视力等保健作用<sup>[9]</sup>。但关于紫甘薯对脂质代谢影响的研究较少,本实验通过观察紫甘薯对大鼠脂质代谢及氧化应激的影响,为其进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 动物 雄性SD大鼠40只,体重180~200 g,购于浙江省医学科学院。合格证号SCXK(浙)2008-0033。

1.2 材料及试剂 紫心甘薯购于临安市太阳镇紫心甘薯示范基地。总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、超氧化物歧化酶(SOD)、还原型谷胱甘肽(GSH)、丙二醛(MDA)及总蛋白定量测试盒均购于南

京建成生物工程研究所。

1.3 方法

1.3.1 紫心甘薯粉末的制备 将紫心甘薯洗净,晾干,切成薄片后放在0.1 mol/L、pH值为5的柠檬酸溶液里浸泡0.5 min(防止紫心甘薯内的花青素被氧化),置于60℃烘箱内12 h,而后将烘干的紫心甘薯片用中药粉碎机打碎成细粉状用于制备饲料。

1.3.2 动物分组及处理 SD大鼠适应性喂养1周后,禁食12 h,次日晨取尾血测血清TC、TG。按血脂水平及体重分为4组,每组10只:正常对照组饲喂基础饲料,高脂对照组饲喂高脂饲料(高脂饲料配方:10%蛋白粉、0.5%胆盐、5%猪油及84.5%基础饲料),紫甘薯高剂量组饲喂85%高脂饲料+15%紫甘薯粉,紫甘薯低剂量组饲喂90%高脂饲料+10%紫甘薯粉。动物房温度为22~25℃,相对湿度为45%~60%。动物置不锈钢笼内喂养,5只一笼,自由饮水进食,并且记录当天饮水量,每周称体重一次。实验期为6周,分别于第0周、第3周、第6周末取尾血测定血脂指标。

1.3.3 指标测定 3周末,取尾血测定血清TC、TG、HDL-C指标。6周末,取尾血测定血清TC、TG、HDL-C、SOD及MDA的指标。然后处死大鼠,解剖分离得到肝脏,在冰冷生理盐水中漂洗,除污,拭干,称重;用0.86%预冷生理盐水制成10%组织匀浆,以2 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min;取上清液测定肝脏SOD、GSH、MDA的活性。蛋白定量采用考马斯亮蓝法。血脂水平及氧化应激指标均按试剂盒说明操作。LDL-C用Friedewald公式计算:LDL-C(mmol/L)=TC(mmol/L)-HDL-C(mmol/L)-TG(mmol/L)×0.456。AI=(TC-HDL-C)/HDL-C<sup>[10]</sup>。

**1.4 统计学分析** 以 SPSS 11.5 统计分析软件先进行单因素方差分析,若具有统计学意义( $P<0.05$ ),则采用 LSD 法进行统计分析,所有数据均以均值±标准差表示。

2 结 果

**2.1 平均进食量与体重变化** 由表 1 可知整个实验期间,各组大鼠的平均进食量、初始体重以及体重增长均无显著性差异( $P>0.05$ )。

**2.2 紫心甘薯对各组大鼠血清 TC、TG 的影响** 由表 2 可知各组大鼠基础 TC、TG 水平无显著性差异( $P>0.05$ )。从第 3 周开始,高脂对照组血清 TC、TG 水平显著高于正常组( $P<$

0.01)。而紫心甘薯高剂量组大鼠血清 TC 和 TG 水平较高脂对照组明显降低;紫心甘薯低剂量组大鼠血清 TG 在第 3 周末显著低于高脂对照组,而 TC 较高脂对照组无显著性差异。这些变化一直持续到第 6 周末。

**2.3 紫心甘薯对各组大鼠血清 HDL-C、LDL-C 和 AI 值的影响** 由表 3 可知,第 3 周末紫心甘薯高、低剂量组血清 HDL-C 值均显著高于高脂对照组,而 LDL-C 和 AI 则显著低于高脂对照组。这些变化一直持续到第 6 周末。

**2.4 紫心甘薯对各组大鼠血清 SOD 活性、MDA 水平的影响** 由表 4 可知,各组大鼠基础 SOD 活性、MDA 水平无显著差异( $P>0.05$ )。

表 1 各组平均进食量及体重变化

Table 1 Average food intake and weight gain in different groups

| 组 别      | <i>n</i> | 平均进食量/g·d <sup>-1</sup> | 初始体重/g       | 体重增长/g       |
|----------|----------|-------------------------|--------------|--------------|
| 正常组      | 10       | 28.43±4.52              | 224.40±14.81 | 193.50±21.15 |
| 紫心甘薯高剂量组 | 10       | 27.11±2.34              | 225.10±9.38  | 197.60±19.11 |
| 紫心甘薯低剂量组 | 10       | 27.91±2.12              | 224.10±9.04  | 183.30±23.13 |
| 高脂对照组    | 10       | 27.27±2.49              | 225.10±6.30  | 184.67±29.53 |

表 2 紫心甘薯对各实验组血清 TC 和 TG 的影响

Table 2 Effect of purple sweet potato on serum TC,TG levels in different groups

| 组 别      | <i>n</i> | TC/mmol·L <sup>-1</sup> |                        |                         | TG/mmol·L <sup>-1</sup> |                         |                         |
|----------|----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|          |          | 0 w                     | 3 w                    | 6 w                     | 0 w                     | 3 w                     | 6 w                     |
| 正常组      | 10       | 1.44±0.13               | 1.44±0.18 <sup>*</sup> | 1.53±0.54 <sup>**</sup> | 0.57±0.24               | 0.59±0.24 <sup>**</sup> | 0.57±0.06 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯高剂量组 | 10       | 1.48±0.21               | 1.99±0.21 <sup>*</sup> | 2.01±0.39 <sup>*</sup>  | 0.57±0.25               | 0.72±0.49 <sup>**</sup> | 0.71±0.02 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯低剂量组 | 10       | 1.49±0.18               | 2.04±0.10              | 2.15±0.32               | 0.54±0.14               | 0.83±0.45 <sup>**</sup> | 0.81±0.03 <sup>**</sup> |
| 高脂对照组    | 10       | 1.45±0.23               | 2.21±0.21              | 2.58±0.63               | 0.52±0.21               | 1.10±0.49               | 1.29±0.31               |

与高脂对照组相比,\*\*: $P<0.01$ ,\*: $P<0.05$ 。

表 3 紫心甘薯对各实验组血清 HDL-C 和 LDL-C 及 AI 的影响

Table 3 Effect of purple sweet potato on serum HDL-C,LDL-C and AI in different groups

| 组 别      | <i>n</i> | HDL-C/mmol·L <sup>-1</sup> |                         | LDL-C/mmol·L <sup>-1</sup> |                         | AI                      |                         |
|----------|----------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|          |          | 3 w                        | 6 w                     | 3 w                        | 6 w                     | 3 w                     | 6 w                     |
| 正常组      | 10       | 1.01±0.35 <sup>**</sup>    | 1.07±0.09 <sup>**</sup> | 0.31±0.12 <sup>**</sup>    | 0.31±0.03 <sup>**</sup> | 0.47±0.14 <sup>**</sup> | 0.46±0.18 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯高剂量组 | 10       | 0.93±0.27 <sup>**</sup>    | 0.93±0.01 <sup>**</sup> | 0.92±0.17 <sup>**</sup>    | 0.89±0.03 <sup>**</sup> | 1.17±0.15 <sup>**</sup> | 1.32±0.35 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯低剂量组 | 10       | 0.91±0.26 <sup>**</sup>    | 0.90±0.04 <sup>**</sup> | 0.97±0.15 <sup>*</sup>     | 0.91±0.02 <sup>*</sup>  | 1.23±0.11 <sup>**</sup> | 1.55±0.15 <sup>**</sup> |
| 高脂对照组    | 10       | 0.82±0.20                  | 0.83±0.21               | 1.18±0.63                  | 1.18±0.04               | 1.81±0.21               | 2.25±0.63               |

与高脂对照组相比,\*\*: $P<0.01$ ,\*: $P<0.05$ 。

随着实验的进展,在第6周末,除正常组外,其余3组SOD水平均有所下降。其中高脂对照组下降最明显,与正常组比有显著性差异,而MDA水平较正常组有显著上升( $P < 0.01$ )。紫心甘薯高、低剂量组血清SOD活性均较高脂对照组明显增高,而MDA水平明显降低。

表4 紫心甘薯对各实验组血清SOD和MDA的影响

Table 4 Effect of purple sweet potato on serum SOD and MDA in different groups

| 组别       | n  | SOD/U · ml <sup>-1</sup> |                             | MDA/mmol · ml <sup>-1</sup> |                           |
|----------|----|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|          |    | 0 w                      | 6 w                         | 0 w                         | 6 w                       |
| 正常组      | 10 | 118.13 ± 9.20            | 116.70 ± 7.38 <sup>**</sup> | 2.86 ± 0.43                 | 3.15 ± 0.26 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯高剂量组 | 10 | 114.73 ± 8.85            | 96.43 ± 4.48 <sup>**</sup>  | 2.93 ± 0.42                 | 4.60 ± 0.36 <sup>**</sup> |
| 紫心甘薯低剂量组 | 10 | 113.83 ± 10.07           | 95.25 ± 5.31 <sup>**</sup>  | 2.86 ± 0.25                 | 5.03 ± 0.51 <sup>**</sup> |
| 高脂对照组    | 10 | 114.01 ± 5.59            | 86.86 ± 4.86                | 2.84 ± 0.33                 | 6.09 ± 0.44               |

与高脂对照组相比,<sup>\*\*</sup>: $P < 0.01$ .

表5 肝脏SOD活性和MDA及GSH水平

Table 5 Hepatic SOD activities and MDA,GSH levels

| 组别       | n  | SOD/U · mg prot <sup>-1</sup> | MDA/nmol · mg prot <sup>-1</sup> | GSH/mg · g prot <sup>-1</sup> |
|----------|----|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 正常组      | 10 | 122.32 ± 11.34 <sup>**</sup>  | 1.87 ± 0.42 <sup>**</sup>        | 57.33 ± 3.81 <sup>**</sup>    |
| 紫心甘薯高剂量组 | 10 | 109.89 ± 5.14 <sup>*</sup>    | 2.67 ± 0.72 <sup>**</sup>        | 52.86 ± 2.38 <sup>**</sup>    |
| 紫心甘薯低剂量组 | 10 | 108.11 ± 4.93 <sup>*</sup>    | 3.01 ± 1.02 <sup>**</sup>        | 48.82 ± 4.37 <sup>**</sup>    |
| 高脂对照组    | 10 | 99.13 ± 11.81                 | 4.66 ± 0.82                      | 43.13 ± 3.67                  |

与高脂对照组相比,<sup>\*\*</sup>: $P < 0.01$ ,<sup>\*</sup>: $P < 0.05$ .

3 讨 论

目前对高脂血症的研究常通过制备实验性高脂血症动物模型进行,而以化学物质诱发的动物模型在国内外应用最为广泛,尤其是高脂饲料喂养形成的动物模型<sup>[11]</sup>。本实验亦通过给大鼠喂饲高脂饲料使得在实验第3周末,血清TC、TG水平明显高于正常对照组,说明高脂血症模型建立成功,并且这种状态一直持续到实验结束。实验结果表明,紫心甘薯高、低剂量分别能不同程度的降低血清TC、TG、LDL-C水平和AI值,与高脂对照组比较有显著差异,并且这种变化呈现剂量依赖性关系,而HDL-C则显著升高。HDL-C水平的升高有利于外周胆固醇的清除,防止胆固醇在动脉壁沉积从而阻碍动脉粥样硬化的形成。由此表明紫心甘薯有

2.5 肝脏SOD活性和MDA及GSH水平 由表5可知高脂对照组肝脏SOD活性、GSH水平较正常组明显减低,MDA则明显升高( $P < 0.01$ )。紫心甘薯高、低剂量组大鼠肝脏SOD活性、GSH水平则显著高于高脂对照组,而MDA水平显著低于高脂对照组。

降脂的功效。

余华等<sup>[12]</sup>对不同肉色甘薯的营养成分进行了分析,结果显示,与桔红色、黄色甘薯相比,紫心甘薯中除了花青素外,碳水化合物、蛋白质、铜、锌、铁、锰、镁等的含量都显著提高,维生素C、β-胡萝卜素等显著降低,而粗纤维、脂肪、硒等差别不显著。

高脂血症的发病与氧化应激/脂质过氧化也有一定的关系。MDA是脂质过氧化反应的代谢产物,其含量间接反映了细胞受自由基攻击后脂质过氧化程度。本实验结果显示高脂对照组MDA含量明显高于正常对照组,而紫心甘薯高、低剂量组MDA含量有明显降低,与高脂对照组相比有显著性差异。SOD是体内十分重要的抗氧化酶,其功能是去除细胞中的超氧阴离子,活性的高低可反映机体抗氧化能力

的强弱。SOD 属于金属酶,按照结合金属离子种类不同,可分为三种:含铜与锌超氧化物歧化酶(Cu-ZnSOD)、含锰超氧化物歧化酶(Mn-SOD)和含铁超氧化物歧化酶(Fe-SOD)。紫心甘薯中铜、锌、铁、锰含量显著提高,这为机体内合成更多的 SOD 提供了可能;GSH 是一种内原性的抗氧化物质,在体内的抗氧化体系中起着关键的作用,食物中 GSH 的浓度与蛋白质含量有关。本研究显示,紫心甘薯高、低剂量组的 GSH 水平明显较高脂对照组增加,这也可能与紫心甘薯中蛋白质的含量较高有关。以上各种指标都表明,紫心甘薯具有清除过多氧自由基,阻断由氧自由基介导的脂质过氧化作用对细胞造成的损害,减少脂质过氧化产物的形成,提高机体的抗氧化能力等作用。这些作用与紫心甘薯中的营养成分组成有关,也可能与紫心甘薯的降血脂功能有关。

紫心甘薯除具有普通甘薯的营养成分外,还富含花青素和多糖,具有较好的降脂和改善氧化应激的功效,更重要的是它是一种天然无害的产品,因此可以作为人体抗衰老保健品加以开发,具有良好的市场开发前景。

## References:

- [1] HAN Yong-bin, ZHU Hong-mei, GU Zhen-xin, et al (韩永斌, 朱洪梅, 顾振新, 等). Inhibitory Effect of Purple Sweet Potato Pigments on some Microorganisms [J]. **Microbiology (微生物学通报)**, 2008, 35(6): 913-917. (in Chinese)
- [2] SUDA I, OKI T, MASUDA M, et al. Direct absorption of acylated anthocyanin in purple-fleshed sweet potato into rats [J]. **J Agric Food Chem**, 2002, 50(6): 1672-1676.
- [3] KANO M, TAKAYANAGI T, HARADA K, et al. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, Ipomoea batatas cultivar Ayamurasaki [J]. **Biosci. Biotechnol. Biochem**, 2005, 69(5): 979-988.
- [4] DVIR I, CHAYOTH R, SOD-Moriah U, et al. Soluble polysaccharide and biomass of red microalga Porphyridium spalter intestinal morphology and reduce serum cholesterol in rats [J]. **British J Nutr**, 2000, 84(4): 469-476.
- [5] HUANG Bo-fu (黄波夫). Advance in Research of Traditional Chinese Medicine Treatment to Tall Lipemia [J]. **Journal of Guangxi Traditional Chinese Medical University (广西中医学院学报)**, 2008, 11(3): 102-104. (in Chinese)
- [6] CRUZ M L, GORAN M I. The metabolic syndrome in children and adolescents [J]. **Curr Diab Rep**, 2004, 4: 53-62.
- [7] ZHAO Yan, LIU Guo-yan, SHI Xian-ming (赵燕, 刘国艳, 史贤明). Effects of Luo Han Guo Juice Concentrate and Luo Han Guo Mogrosides on the Metabolism of Blood Fat in Mice [J]. **Journal of Chinese Institute Of Food Science and Technology (中国食品学报)**, 2008, 8(1): 9-12. (in Chinese)
- [8] DEVI R, SHARMA D K. Hypolipidemic effect of different extracts of Clerodendron colebrookianum Walp in normal and high-fat diet fed rats [J]. **J Ethnopharmacol**, 2004, 90(1): 63-68.
- [9] MING Xing-jia, LI Kun-pei, ZHANG Ming, et al (明兴加, 李坤培, 张明, 等). Advance in Research of Physiological Activity of Purple Sweet-Potato [J]. **Food Research and Development (食品研究与开发)**, 2007, 28(7): 144-147. (in Chinese)
- [10] ZHANG Shi-hong, YU Chun-shan (张式鸿, 俞纯山). Advance in Research of Low Density Lipoprotein Cholesterol Determination Methods [J]. **Foreign Medical Sciences (section of Clinical Biochemistry and Laboratory Medicine) (国外医学临床生物化学与检验学分册)**, 1999, 20: 151-153. (in Chinese)
- [11] MENG Zhen-Zhi (蒙缜之). Advance in Research of Chemical Substances Induce Hyperlipemia Model of Rats [J]. **Journal of Guangxi Traditional Chinese Medical University (广西中医学院学报)**, 2008, 11(1): 71-73. (in Chinese)
- [12] YU Hua, SONG Yong-kang, YAO Qing-hua, et al (余华, 宋永康, 姚清华, 等). Nutrition composition of sweet potatoes of different colors [J]. **Fujian Journal of Agricultural Science (福建农业学报)**, 2010, 25(4): 482-485. (in Chinese)