

紫薯水溶性提取物以及紫薯酸奶 对SHR血压的影响

刘军伟, 胡志和*, 张祎豪, 刘雪君

(天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134)

摘要:以紫薯为原料, 12周龄雄性原发性高血压大鼠(SHR)和正常Wistar大鼠为受试动物, 研究紫薯水溶性提取物的降血压作用。用紫薯水溶性提取物以低、中、高3个剂量(0.12、0.6、1.2g/kg·bw)灌胃SHR大鼠和正常Wistar大鼠, 观察对大鼠尾动脉收缩压(SBP)的影响。结果表明: 单次灌胃8h内, 低、中、高三个剂量对正常Wistar大鼠的血压无影响; 三种剂量对SHR的血压有明显的降低作用, 且中、高剂量作用效果较好。灌胃后, 中剂量在2h时达到最低值, 下降了27.25mmHg, 高剂量在4h时下降了约33.00mmHg。连续灌胃三种剂量水溶性提取物可较长时间维持低水平SBP。用上述三种不同剂量制备紫薯酸奶, 灌胃SHR大鼠。单次灌胃三种酸奶都有降血压作用, 低剂量组在4h时达到最低值, 下降了20.25mmHg, 中剂量组在3h时达到最低值, 下降了25.13mmHg, 高剂量组在4h时达到最低值, 下降了28.13mmHg, 且连续灌胃紫薯酸奶可以在8h内维持较低的血压。

关键词:水溶性提取物, 原发性高血压大鼠, 紫薯酸奶

Effect of water-soluble fraction and purple sweet potato yoghurt on blood pressure in spontaneously hypertensive rats

LIU Jun-wei, HU Zhi-he*, ZHANG Yi-hao, LIU Xue-jun

(Tianjin Key Laboratory of Food and Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: Purple potato homogenate was filtrated through multiple layers of gauze. After a period of time of sedimentation, the filtrate was harvested. The effect of water-soluble fraction on blood pressure of spontaneously hypertensive rats (SHR) was investigated by using 12 weeks old male SHR and Wistar rats as the trial animals with different gavage administration doses (0.12, 0.6, and 1.2g/kg·bw). The SHR rats tested for their systolic blood pressure (SBP) during 8h post-administration once a day for continuously 3d in order to the anti-hypertension effect of single administration of water-soluble fraction in SHR. The result showed that in the single administration trial, normal Wistar rats administered each dose of water-soluble fraction did not present any obvious change in SBP within 8h after administration. Each of the three doses had a notable inhibitory effect on the increase of SBP in SHR. Moreover, middle and high dose groups had better effect. The water-soluble fraction was the most effective antihyperglycemic factor with 27.25mmHg at 2h after administration at 0.6g/kg·bw and 33.00mmHg drop at 4h at 0.12g/kg·bw, respectively. The fermented milk was orally administered to SHR for single and continuous experiment, lowering the blood pressure by the three doses. The fermented milk was the most effective antihyperglycemic factor with 20.25mmHg drop at 4h after administration at 0.12g/kg·bw, 25.13mmHg at 3h after administration at 0.6g/kg·bw, 28.13mmHg at 4h after administration at 1.2g/kg·bw. Furthermore, continuous administration of high dose could keep SBP at a lower level for a long time period.

Key words: water-soluble fraction; spontaneously hypertensive rats (SHR); purple sweet potato yoghurt

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)08-0353-05

高血压是最常见的心血管疾病^[1], 不仅患病率高, 而且常常会引起严重的心、脑、肾并发症, 是许多疾病发病和致死的主要危险因素^[2]。最常见的并发症是心肌梗塞和脑卒中, 其中心肌梗塞病人中50%是

高血压患者, 脑卒中病人中76%的人有高血压病史^[3-6]。因此, 高血压被称为生命“第一杀手”。近年来, 人们越来越倾向于具有保健、食疗和预防作用的食物。目前已报道有很多具有辅助降血压作用的食物, 如牛奶、乳酪、鱼肉、大豆、蔬菜、小麦、大米及苦荞麸皮蛋白等^[7-12]。紫薯(*Solanum tuberosum*)又叫黑薯, 薯肉呈紫色至深紫色, 除了具有普通红薯的营养成分外, 还

收稿日期: 2012-10-08 * 通讯联系人

作者简介: 刘军伟(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术。

富含硒元素和花青素。研究发现,紫薯具有抗氧化、抗突变、保肝、降血压和对心血管病作用等^[13]。此外,紫薯产量高、价格低廉,是一种易得的材料。本研究制备紫薯的水溶性提取物,以不同剂量分别灌胃SHR大鼠和正常Wistar大鼠,观察其对大鼠血压的影响。为了研制新型酸奶以及提高农副产品的附加值,在此基础上,将紫薯水溶性提取物与还原乳发酵,制备具有辅助降血压作用的发酵乳制品。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

美国黑心紫薯 天津韩家墅海吉星农产品批发市场;全脂乳粉 天津海河乳业有限公司;酵母膏(生化试剂) 北京奥博星生物技术有限责任公司;蛋白胨(生化试剂) 天津市福晨化学试剂厂;牛肉膏(生化试剂) 天津市英博生化试剂有限公司;葡萄糖、无水乙酸钠、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、 K_2HPO_4 (均为分析纯) 天津市化学试剂批发公司;直投式发酵剂 CHR HANSEN;原发性SHR高血压大鼠 中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心;正常Wistar大鼠 北京维通利华实验动物技术有限公司。

UV-2100型紫外-可见分光光度计 日本Unico公司;高低温恒温振荡培养箱 上海一恒科技有限公司;FA1104N型电子天平 上海精密科学仪器有限公司;FLUKO FA-25型均质机 上海弗鲁克流体机械制造有限公司;PB-10型pH计 Sartorius德国赛多利斯股份公司;Bioscreen型全自动生长曲线分析仪 上海谓载商贸发展有限公司;Scientz-50N型冷冻干燥机 宁波新芝生物科技股份有限公司;BP-2006A型智能无创血压计 北京软隆科技有限责任公司。

1.2 实验方法

1.2.1 紫薯水溶性提取物的制备^[14] 把紫薯洗净,剔除破损部分,切成小块后用组织捣碎匀浆机破碎,破碎过程中加入 V_C 和柠檬酸(质量比,3:16)。破碎浆液用多层纱布过滤,将粗上清液放置一定时间进行淀粉的沉淀分离,之后的上清液进行冷冻干燥。得到的粉状产物主要成分包括低聚糖、水溶性色素等。

1.2.2 紫薯水溶性提取物对嗜酸乳杆菌生长的影响

1.2.2.1 制备菌悬液 无菌条件下,称取直投式乳酸菌菌种0.01g溶于0.9%无菌生理盐水20mL振荡5~10min,使菌体分布均匀,调整菌浓度为 10^7 个/mL。

1.2.2.2 菌种活化 无菌条件下用移液管移取菌悬液,按10%添加量于灭菌的MRS液体培养基中,37℃厌氧培养24h。

1.2.2.3 绘制OD₆₀₀—菌落数对数标准曲线 无菌条件下用移液管移取活化一次的菌悬液,按10%添加量于灭菌的MRS液体培养基中,37℃厌氧培养24h。

稀释:用无菌移液枪吸取1mL菌液,注入含有9mL无菌生理盐水的试管内,振荡摇匀,制成1:10的稀释样液。另取1mL无菌枪头按照上述的操作顺序,作10倍递增稀释液,以此类推。

取样:选择5~6个适宜稀释度,分别在做10倍递增稀释的同时,即用吸取该稀释度的移液枪吸取1.0mL稀释样液于无菌平皿内,用涂布棒涂布均匀。

每个稀释度作2个平皿。另外,测出与稀释度相对应的菌液的吸光值。

计算:将灭过菌融化后的MRS培养基冷却至45℃,倾入平皿大约15mL,转动平皿,使混合均匀。在37℃恒温箱内培养24h后取出,计算平皿内的菌落数目。

1.2.2.4 嗜酸乳杆菌的生长曲线测定 取17支盛有MRS液体培养基的大试管,9.0mL/支,用记号笔标明培养基时间,即0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32h。

用1mL无菌吸管,每次准确地吸取1.0mL嗜酸乳杆菌培养液,分别接种到已编号的17支MRS液体培养基中,接种后振荡,使菌体混匀。

将接种后的17支试管置于37℃恒温培养箱中分别培养0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32h,选用600nm波长测定菌液的OD值,以未接种的MRS培养基为空白对照。分别以时间为横坐标,吸光值为纵坐标,绘制生长曲线。

1.2.2.5 紫薯水溶性提取物对嗜酸乳杆菌生长的影响 制备浓度分别为0、40、80、120、160、180、200、220、240mg/mL的紫薯水溶性提取物溶液。无菌操作条件下,取灭菌的8mL MRS液体培养基,分别加入1mL嗜酸乳杆菌培养液及1mL紫薯水溶性提取物溶液,使溶液的最终浓度为0、4、8、12、16、18、20、22、24mg/mL。

同1.2.2.4的操作,在每一浓度下取17支试管并编号,标明培养时间,于37℃恒温培养箱中培养,对应时间内取出,测定吸光值。每一浓度的溶液平行做两次。在测定吸光值时,以未接种但已加入紫薯水溶性提取物溶液的样液作为空白对照。

1.2.3 紫薯酸奶的制备 将全脂乳粉、白砂糖与水按照3:2:25的比例配比,预热至65℃、均质20s后灭菌,冷却至42℃左右接种0.6%的菌种(嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌),42℃培养5.5h后加入紫薯水溶性提取物,于4℃冰箱后熟15h冷藏备用。

1.2.4 动物实验

1.2.4.1 实验动物分组 12周龄雄性SHR大鼠40只,体质量为(260±15)g,自由采食饮水,保持环境温度(23±1)℃,相对湿度60%±5%,预饲养一周。大鼠随机分为4组,每组8只,分别作为空白组、低剂量组、中剂量组和高剂量组,分别灌胃生理盐水(10mL/kg·bw)和低、中、高剂量水溶性提取物(灌胃剂量为0.12、0.6、1.2g/kg·bw)。另取正常Wistar大鼠16只,分为4组,分别作为空白组(1组)和正常对照组(3组),灌胃生理盐水和3种剂量水溶性提取物。

采用同一批SHR大鼠进行实验,间隔1周,待其血压恢复原值后再进行灌胃酸奶的测试。

1.2.4.2 动物血压测定 采用血压计,测定大鼠尾动脉收缩压(SBP)^[15]。测定前,将大鼠固定于鼠网保温套中在39℃恒温预热,使尾动脉扩张,血流畅通。按照设计剂量对相应组进行灌胃,每天灌胃1次,测定灌胃后1~8h的尾动脉血压,连续测3次,对测得的SHR大鼠收缩压进行读数,取平均值。

1.2.4.3 紫薯水溶性提取物实验设计 单次灌胃实验:按照上述剂量对相应组进行灌胃,每天1次,测定灌胃后1~8h的尾动脉血压,连续测3次,观察灌胃后大鼠的收缩压(SBP)的变化。连续灌胃实验:以三种剂量紫薯水溶性提取物灌胃SHR大鼠,每4h灌胃1次,每天2次,测定灌胃后2、4h的SBP值。

1.2.4.4 紫薯酸奶实验设计 按照上述计量制备紫薯酸奶进行灌胃,每天1次,测定灌胃后1~8h的尾动脉血压,连续测3次,观察灌胃后大鼠的收缩压(SBP)的变化。其中对照组SHR大鼠灌胃未加水溶性提取物的发酵酸奶,实验组灌喂加水溶性提取物的发酵酸奶。连续灌胃发酵酸奶对SHR大鼠血压的影响:以三种剂量发酵酸奶灌胃SHR大鼠,每4h灌胃1次,每天2次,测定灌胃后2、4h的SBP值。

1.3 实验数据处理

用SPSS17.0软件分析实验结果,比较各组与对照组之间差异的显著性,所得结果应用配对t检验, $p < 0.05$ 表明统计学有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 嗜酸乳酸菌对数标准曲线

据方法1.2.2.3,在波长为600nm的条件下,测定不同稀释度的菌悬液的OD值,作出标准曲线。其结果见图1。

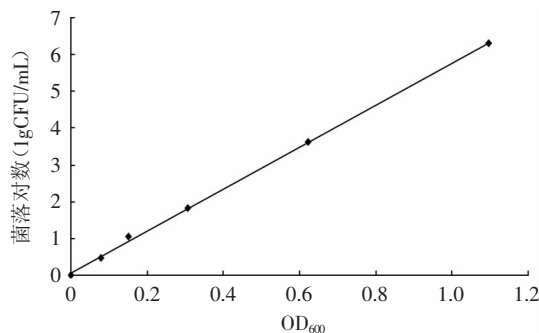


图1 乳酸菌菌落标准曲线

Fig.1 Standard curve of Lactic acid bacteria colony forming units

由图1看出,乳酸菌菌落数与其对应的吸光值 OD_{600nm} 呈线形关系, $y=5.7036x+0.0676$, $R^2=0.9993$ 。

2.2 嗜酸乳酸菌的生长曲线

为了解该株嗜酸乳杆菌的生长情况,根据方法1.2.2.4进行生长曲线的测定,结果见图2。

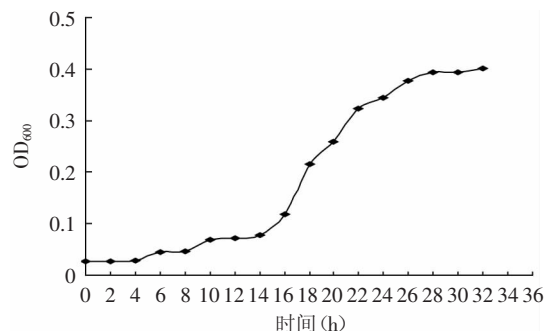


图2 嗜酸乳杆菌的生长曲线

Fig.2 Growth curve of *Lactobacillus acidophilus*

由图2可知,菌种接种后0~14h菌体数量增加缓慢,为延滞期;14~28h,活菌数增加较快,进入对数生长期;28~32h,菌体生长从对数期进入稳定期。

由实验结果可知,在上述实验条件下,发酵菌种具有较强的生长活力且其生长延滞期较长,稳定期活菌数达到最大。

2.3 紫薯水溶性提取物的添加对发酵菌种的生长影响

根据方法1.2.2.5,每隔2h取样,测定提取物发酵液的吸光值,结果见图3。

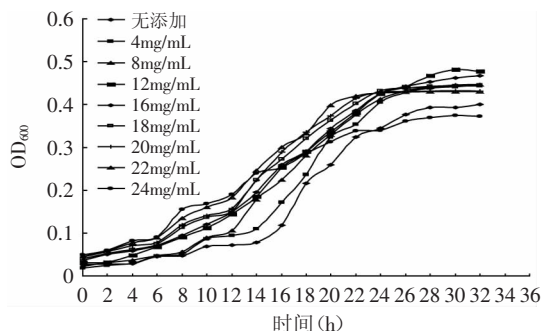


图3 不同浓度紫薯水溶性提取物对嗜酸乳杆菌生长的影响

Fig.3 Effects of different concentration purple sweet potato water-soluble fraction on growth of *Lactobacillus acidophilus*

由图3可知,与无添加溶液相比,在培养前4h,加入不同浓度的紫薯水溶性提取物对菌体的吸光度影响不大,呈现比较平稳的趋势,曲线重合度较大。这说明在生长调整期,加入了水溶性提取物对菌体生长影响甚微。从6h起,曲线走势开始发生变化,但是不同浓度之间的吸光值没有太大差别。10h之后的对数期以及稳定期,吸光值出现了明显的变化。在4~12mg/mL的浓度范围内,浓度越大促进生长现象表现得越突出,且在浓度为12mg/mL时促进作用最大。在16~22mg/mL范围内时,这种促进作用出现了明显的减弱趋势,并且在浓度为24mg/mL时,对嗜酸乳杆菌的生长有抑制作用,这是因为当外界浓度大于菌体自身内液浓度时,会使细胞失水,失水后对菌体的生命活动产生抑制作用。

由图3可知,在培养26h时,各浓度菌体样液的吸光值趋于平稳,由此以紫薯水溶性提取物浓度为横

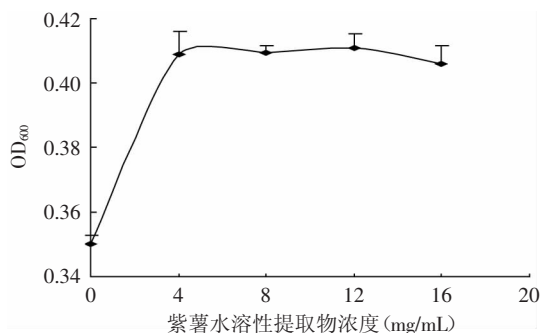


图4 不同浓度的紫薯水溶性提取物对发酵菌体的生长促进曲线

Fig.4 Promote growth curve of different concentration purple sweet potato water-soluble fraction to *Lactobacillus acidophilus*

坐标、OD值增量为纵坐标,绘制吸光值增加曲线,见图4。

由图4可知,当添加物浓度增加时,菌体的生长也得到了相应的促进,当浓度达到12mg/mL时,OD值增加量为0.41,达到最大。当浓度为16mg/mL时,OD值增量出现降低趋势。曲线表明,紫薯水溶性提取物浓度为12mg/mL时对菌体生长促进作用最大。

2.4 单次灌胃紫薯水溶性提取物对SHR和Wistar大鼠的影响

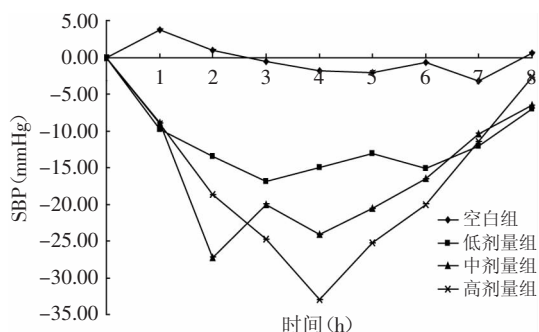


图5 单次灌胃水溶性提取物对SHR大鼠血压变化的影响

Fig.5 Antihypertensive effect of single administration of water-soluble fraction on the SBP of SHR

由图5可知,所有剂量组SHR大鼠的血压与空白组相比较均有明显下降,且血压下降幅度随灌胃剂量的增大而增大。统计显示相同时间下,各剂量组与空白组比较有显著性差异($p < 0.05$)。灌胃后,低剂量组在3h时达到最低值,下降了16.88mmHg;中剂量组在2h时达到最低值,下降了27.25mmHg;高剂量组在4h时达到最低值,下降了约33.00mmHg。随后血压开始慢慢回升,并在8h处基本恢复到灌胃前的水平,这表明水溶性提取物有较强的抗高血压的效果。

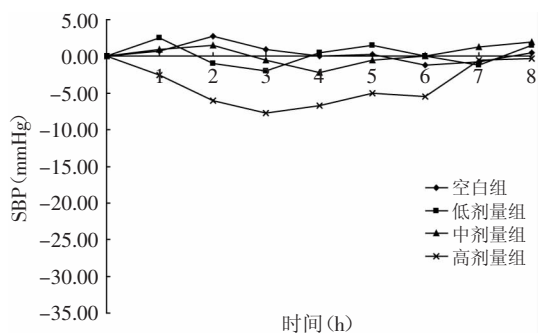


图6 单次灌胃水溶性提取物对Wistar大鼠血压变化的影响

Fig.6 Antihypertensive effect of single administration of water-soluble fraction on the SBP of Wistar

由图6可知,相同时间下,各剂量组与空白组相比,血压均没有显著变化($p > 0.05$),表明紫薯中的水溶性成分对正常大鼠的血压没有影响。

2.5 连续灌胃紫薯水溶性提取物对SHR大鼠的影响

连续紫薯水溶性提取物后SHR大鼠的SBP变化见图7。水溶性提取物效果如何,除了考察其是否具有显著的降压作用,还有一个重要的方面就是考察

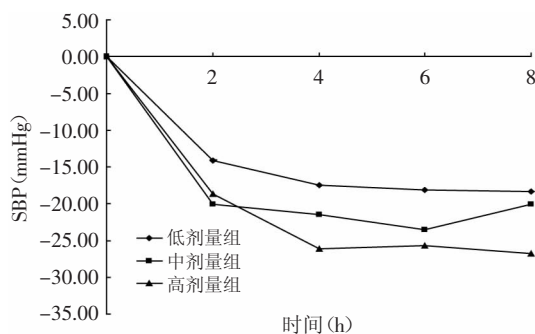


图7 连续灌胃水溶性提取物对SHR大鼠血压变化的影响

Fig.7 Antihypertensive effect of continuous administration of water-soluble fraction on the SBP of SHR

其降压的稳定性。因此在单次灌胃实验的基础上,用三种剂量进行连续灌胃实验,考察其降压的稳定性。由图7可知,在灌胃2h后血压显著降低,各测定点与0h相比有显著性差异($p < 0.05$),2、4、6、8h的平均降幅分别达到17.63、21.71、22.46、21.75mmHg。这表明每隔4h灌胃1次,可长时间的维持较低水平的血压值,紫薯水溶性提取物具有很好的稳定性,这为其转化成辅助降血压功能性食品提供了有力的数据理论支持。

2.6 单次灌胃紫薯酸奶对SHR大鼠的影响

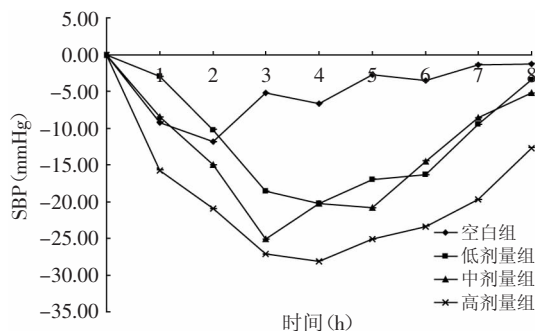


图8 单次灌胃紫薯酸奶对SHR大鼠血压变化的影响

Fig.8 Antihypertensive effect of single administration of purple sweet potato yoghurt on the SBP of SHR

由图8可知,普通发酵酸奶和紫薯发酵酸奶都有辅助降血压的作用,统计显示在8h内各剂量组与空白组比较有显著性差异($p < 0.05$)。普通发酵酸奶在2h时达到最低值,下降了11.88mmHg,之后随着时间的延长SBP值逐渐增大,7h后基本上恢复到原有血压值。低剂量发酵酸奶在4h时达到最低值,下降了20.25mmHg;中剂量发酵酸奶在3h时达到最低值,下降了25.13mmHg;高剂量发酵酸奶在4h时达到最低值,下降了28.13mmHg,然后血压缓慢回升,在8h基本上恢复到灌胃前的水平。综上,与正常发酵酸奶比较表明,加入了紫薯水溶性提取物的发酵酸奶具有明显的辅助降血压作用。

2.7 连续灌胃紫薯酸奶对SHR大鼠的影响

连续紫薯发酵后SHR大鼠的SBP变化见图9。在第一次灌胃2h后血压有显著降低($p < 0.01$),三种剂量降幅分别达到13.88、15.88、17.88mmHg;在第二次

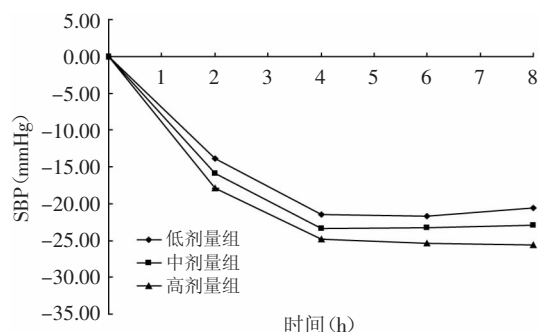


图9 连续灌胃紫薯酸奶对SHR大鼠血压变化的影响

Fig.9 Antihypertensive effect of continuous administration of purple sweet potato yoghurt on the SBP of SHR

灌胃4h时血压降低了21.50、23.38、24.88mmHg。然后进行第2次灌胃,在灌胃后2h和4h,即6h和8h时血压仍处于较低的水平,分别比初始血压值降低21.75、23.25、25.38mmHg和20.63、22.88、25.63mmHg。各测定点与初始点0h相比有显著性的差异($p < 0.01$),这表明每隔4h灌胃1次,可长时间的维持较低水平的血压值,紫薯水溶性提取物具有很好的稳定性,这为其转化成辅助降血压功能性食品提供了有力的数据理论支持。

3 结论与讨论

本实验选取新鲜紫薯为原料,对提取的水溶性提取物的抗高血压效果进行验证。实验结果表明,单次灌胃时,三种剂量对SHR的血压有明显的降低作用($p < 0.05$);连续灌胃三种剂量水溶性提取物可较长时间维持低水平的SBP。用上述三种不同剂量制备紫薯酸奶,灌胃SHR大鼠,单次灌胃三种酸奶都有降血压作用,且连续灌胃紫薯酸奶可以在8h内维持较低的血压。这充分说明紫薯水溶性提取物对SHR大鼠的血压升高具有明显的抑制作用,而对正常的Wistar大鼠无降低血压作用,这表明所得的水溶性提取物对于正常血压不会有影响,其作用是有针对性的。

曾有研究表明紫薯水溶性提取物具有抗高血压作用。Suda等^[16]对高血压志愿者进行人体实验,研究发现12名血压高于140mmHg的受试者中,有两名受试者血压下降大于20mmHg,4名受试者血压下降10~20mmHg。Kobayashi等^[17]以紫薯提取物喂养患高血压小鼠,以400mg/kg体质量喂养后,在2~8h内血管收缩明显得到改善,并且持续喂养也观察到同样现象,但停止喂养后高血压又会复发。胡志和等以紫薯全粉、滤渣、淀粉及水溶性提取物灌胃SHR大鼠,研究表明除了紫薯淀粉外,紫薯的水溶性成分、滤渣及紫薯全粉在所选择的实验剂量范围内均有降血压效果,其中以水溶性成分的降血压效果最为显著,最大可降低24.48mmHg。本实验中紫薯水溶性提取物对SHR具有明显的抗高血压作用,随着剂量的增大而增强,高剂量作用最为显著,最大降幅约为33.00mmHg。但结果与胡志和等^[14]的结果有所差异,这表明不同种紫薯抗高血压作用不同。

另外,本实验结果表明紫薯水溶性提取物除具有抗血压升高作用外,在灌胃受试样品时SHR大鼠还出现了粪便湿润度增加及排便顺畅的现象,但紫薯水溶性提取物对SHR胃肠道的作用有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 黎龙琼,李隆贵. 盐与高血压的新进展[J]. 重庆医学,2001,30(1):9-10.
- [2] 隋海霞. 芹菜素安全性和降血压作用及其机制的实验研究[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2009:57-59.
- [3] 王林华,陈明. 原发性高血压与内皮功能研究进展[J]. 心血管病学进展,2006(1):37-44.
- [4] 文允镒. 从几组数据看高血压危害及高血压新定义[J]. 医学研究杂志,2006(4):9-10.
- [5] 骆景铭. 高血压危害知多少[J]. 家庭医学,1998(18):67-72.
- [6] 李南方. 继发性高血压的筛选与诊断[C]. 中华医学会心血管病学分会第十次全国心血管学术会议. 郑州:中华医学会,2008.
- [7] WU J P, DING X L. Characterization of inhibition and stability of soy-protein derived angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides[J]. Food Research International,2002,35(4):367-372.
- [8] EIJI E. Resistance to gastrointestinal proteases of the short chain peptides has reductive effect in blood pressure[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi,1996,43(5):520-525.
- [9] HAILESLASSIE S S,LEE B H,GIBBS B F. Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese[J]. J Dairy Sci,1999,82:1612-1617.
- [10] 林汝法,陕方,宋金翠,等. 酶法水解苦荞麸皮蛋白生产降血压肽[J]. 食品科学,2004,25(11):207-209.
- [11] MEISEL H. ACE inhibitory activities in milk products[J]. Mich Wissenschaft,1997,52:307-311.
- [12] PIHLANTO-LEPPALA A,KOSKINEN P. Angiotensin I converting enzyme inhibitory properties of whey protein digests: concentration and characterization of active peptide[J]. J Dairy Res,2000,67:53-64.
- [13] 陆国权. 甘薯品质性状的基因型与环境效应研究[M]. 北京:气象出版社,2003,8.
- [14] 胡志和,张然嬉,冯永强,等. 提取紫薯淀粉的副产物对SHR血压的影响[J]. 食品科学,2010,31(21):361-364.
- [15] 张燕,王红英,胡艳君,等. SHR大鼠血压尾套法测定影响因素探讨[J]. 西北药学杂志,2008,23(2):34-42.
- [16] SUDA I,YAMAKAWA O,MATSUGANO K,et al. Changes of serum r-GTP,GOT and GPT levels in hepatic function-weakling subjects by ingestion of high anthocyanin sweetpotato juice[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi,1998,45(10):611-617.
- [17] KOBAYASHI M,OKI T,MASUDA M,et al. Hypotensive effect of anthocyanin-rich extract from purple-fleshed sweet potato cultivar Ayamurasaki in spontaneously hypertensive rats[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi,2005,52(1):41-44.