

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20180094

荞麦粉饮食干预对高血压大鼠肾脏损伤的保护作用

汪雪睿, 唐金蕾, 李 政, 程 代, 王春玲

(天津科技大学新农村发展研究院, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘 要: 为了研究荞麦饮食摄入对高盐诱导高血压大鼠的血压调节功效及作用机制, 选取 9 种常见商品荞麦, 以 Wistar 大鼠为实验动物, 将其分为空白对照组(普通饲料, 0.5% NaCl)、高盐模型组(8% NaCl 饲料)、9 组杂粮实验组(8% NaCl + 15% 荞麦), 每周测定尾动脉收缩压 1 次, 7 周后采集大鼠肾脏组织标本; 选取降压效果较好的六苦 3 号荞麦和信农 1 号荞麦, 测定大鼠肾组织羟脯氨酸含量及大鼠肾组织 Src、Ras、Raf 的蛋白表达水平. 研究结果显示: 高盐饮食会诱导大鼠血压显著升高, 而摄入含有 15% 荞麦的饮食具有预防高盐饮食大鼠血压升高的功效; 摄入 15% 荞麦可显著降低大鼠肾组织中羟脯氨酸含量及 Src、Ras 及 Raf 蛋白表达水平, 从而抑制高盐导致的大鼠肾组织损伤. 研究表明, 15% 荞麦饮食可预防高盐导致的高血压, 缓解高血压导致的肾脏损伤.

关键词: 荞麦粉; 高盐饮食; 高血压; 肾脏损伤

中图分类号: R544.1⁺4

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2019)04-0030-05

Protective Effect of Buckwheat Diet on High Blood Pressure and Kidney Injury in Hypertensive Rats

WANG Xuerui, TANG Jinlei, LI Zheng, CHENG Dai, WANG Chunling

(Institute for New Rural Development, College of Food Engineering and Biotechnology,
Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: In order to study the effect of buckwheat dietary intake on blood pressure regulation in high salt-induced hypertensive rats and its mechanism, 9 kinds of common commercial buckwheat and Wistar rats were used as experimental materials. The rats were divided into the control group (normal feed feeding), model group (8% NaCl feed feeding), and 9 experimental groups (8% NaCl + 15% buckwheat feeding). The rat kidney tissue specimens were collected after the tail artery systolic blood pressure was measured once a week for 7 weeks. No.3 Six bitter buckwheat and No.1 Xinuo buckwheat were then selected for measuring the hydroxyproline content and the protein expression levels of Src, Ras, Raf in the rat kidney tissue. The results showed that high salt diet induced a significant increase in blood pressure in rats, and intake of diet containing 15% buckwheat has the effect of preventing blood pressure increase in high-salt diet rats; intake of 15% buckwheat can significantly reduce hydroxyproline content in the rat kidney tissue and Src, Ras, and Raf protein expression levels, and thus inhibit high-salt-induced renal tissue damage in rats. Therefore, it can be concluded that 15% buckwheat diet can prevent high salt-induced hypertension and relieve kidney damage caused by hypertension.

Key words: buckwheat flour; high-salt diet; hypertension; kidney injury

高血压是一种常见的心血管综合症. 每年全世界因高血压病及其继发于高血压的心力衰竭、脑梗塞与脑出血、肾功能衰竭等引发的死亡人数约有 730 万^[1-2]. 由于肾脏在人体中有着维持血容量和电解质

平衡以及调节肾素-血管紧张素系统(RAS)的重要作用, 因此也是高血压损害的主要靶器官之一. 高血压最终会导致肾功能不全及其他重要脏器损伤^[3-4], 甚至引发肾功能衰竭而死亡^[5]. 高血压导致肾脏损伤的

收稿日期: 2018-03-27; 修回日期: 2018-08-27

基金项目: 天津科技大学新农村发展研究院开放课题基金(xnc201608)

作者简介: 汪雪睿(1994—), 女, 甘肃人, 硕士研究生; 通信作者: 王春玲, 教授, wangchunling@tust.edu.cn

启动因素是由于持续升高的血压水平会导致肾脏血流动力学紊乱,具有促氧化和促炎作用。

荞麦营养价值十分丰富,我国荞麦品种可达 10 余种,包括甜荞、苦荞麦、小野荞麦、金荞麦、线叶野荞麦等^[6]。荞麦中富含多种天然抗氧化剂,如儿茶酸、芦丁、槲皮素、荞麦蛋白等,具有清除人体内的氧化自由基、提高抗氧化酶活性并降低脂质过氧化物的功效^[7]。杨体模等^[8]的研究表明,金荞麦的有效部位还具有抑制肿瘤生长的作用。荞麦中含有的芦丁等黄酮类物质、D-手性肌醇及其衍生物、 γ -氨基丁酸和其他由荞麦蛋白酶解后的多肽类等具有降低血压的作用^[8-11]。荞麦降血压肽可通过抑制血管紧张素 I 转换酶的活性,起到调节血压的作用^[12-15]。因此,荞麦是一类营养丰富并具有保健作用的粮食作物,有很大的开发利用价值。

近年来,预防氧化应激对血管内皮细胞以及肾、脑等器官造成的氧化损伤成为治疗高血压的新研究方向。荞麦既具有降低血压的功效还富含多种天然的抗氧化物质,而日常膳食中增加荞麦对高血压造成的氧化应激是否有疗效值得进一步研究。因此,本文旨在研究荞麦粉饮食干预对高血压大鼠肾脏损伤的保护作用。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验动物与荞麦

实验动物为 5~7 周龄雄性 Wistar 大鼠(SPF 级),体质量 80~100 g,共 110 只。实验动物和普通饲料均由中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心提供(许可证号:SCXK-(军)2012-0004)。实验所用 9 种荞麦品种、产地和育种单位见表 1。

表 1 商品荞麦的来源

Tab. 1 The source of buckwheat

品种编号	主要产地	选育单位
1 [#]	贵州、山西	贵州省六盘水市农科院
2 [#]	宁南山区	宁夏固原市农科所
3 [#]	四川、云南	四川凉山彝族自治州昭觉农科所
4 [#]	江苏	江苏泰兴
5 [#]	四川、云南	四川凉山彝族自治州昭觉农科所
6 [#]	陕西	西北农林科技大学
7 [#]	陕西	西北农林科技大学
8 [#]	内蒙古	赤峰市农牧科学研究所
9 [#]	宁南山区	宁夏固原市农科所

注:编号 1[#]—9[#]分别为六苦 3 号、信农 1 号、川荞 2 号、泰兴荞麦 2013、川荞 1 号、西农 9976、西农 9940、赤甜荞 1 号、宁荞 1 号。

1.1.2 试剂与仪器

磷酸缓冲盐(pH 7.2),分析纯,北京索来宝科技有限公司;异丙醇,分析纯,天津北方天医化学试剂厂;SDS,美国 Sigma-Aldrich 公司;食盐,食品级,天津市长芦盐业有限公司;液氮,东祥特种气体有限公司。

BP-2010AE 型鼠尾动脉无创血压仪,北京软隆科技有限公司;高速冷冻离心机,美国 Beckman 公司;超低温冰箱、MK-3 型酶标仪,美国 Thermo 公司;TG328A 型分析天平、YP 型电子天平,上海天平仪器厂;DYY-III 12B 型三恒多用电泳仪,美国 Bio-Rad Laboratories 公司。

1.2 方法

1.2.1 造模方法

将 110 只雄性 Wistar 大鼠随机平均分为 11 组,分别为空白对照组(普通饲料,0.5% NaCl)、模型组(8% NaCl 饲料)和 9 组杂粮实验组(8% NaCl + 15% 荞麦)。9 组杂粮实验组分别添加的是六苦 3 号、信农 1 号、川荞 2 号、泰兴荞麦 2013、川荞 1 号、西农 9976、西农 9940、赤甜荞 1 号、宁荞 1 号,编号为实验组 1[#]—实验组 9[#]。在适应性喂养(0.5% NaCl 颗粒饲料喂养,自由饮水)1 周后,开始高盐模型的建立,共饲养 8 周。自由饮水和摄食,荞麦粉为荞麦全粉。

1.2.2 血压测量

适应性饲养 1 周后开始测量尾动脉血压,每周测量 1 次。测量时使室温保持 22~25 °C,将大鼠移至血压测量室,适应 30 min 左右,待尾动脉血压测量。将 BP-2010AE 型无创尾动脉血压测量分析系统和计算机连接好,将大鼠装入与其体型大小相符的鼠袋并将大鼠尾穿过尾固定器孔,使加压气囊套在尾部近心端处,固定好鼠尾,即可开始测定。打开机器,记录系统会逐渐出现脉搏信号,当出现正弦曲线的脉搏图形后,进行注气加压测量尾动脉。每只大鼠测量 3 次,间隔 30 s 左右,最后取其平均值作为大鼠的尾动脉血压。

饲料添加荞麦对血压升高的抑制效果用抑制血压升高指数表示,抑制血压升高指数按照式(1)计算。当指数小于 1,则对血压升高有抑制效果;当大于 1,则对血压升高无抑制效果。指数越小,荞麦抑制血压升高效果越好。

$$\text{抑制血压升高指数} = \frac{p_{\text{实验}} - p_{\text{空白}}}{p_{\text{模型}} - p_{\text{空白}}} \quad (1)$$

式中: $p_{\text{空白}}$ 、 $p_{\text{模型}}$ 和 $p_{\text{实验}}$ 分别表示空白组、模型组和

实验组大鼠的收缩压,单位为 mmHg.

1.2.3 肾脏取材及材料预处理

饲养 7 周结束后对大鼠进行称量. 采用股动脉放血法处死大鼠, 然后解剖大鼠切取肾脏, 放入冰敷生理盐水中剥去被膜. 取出肾脏用滤纸吸去表面水分并称量两侧肾脏总质量, 大鼠肾脏指数按照式(2)计算. 肾脏组织用锡箔纸包裹, 经液氮速冻后置于 -80 °C 低温冰箱保存, 用于后续实验数据的测定.

$$\text{大鼠肾脏指数} = \frac{\text{大鼠两侧肾脏总质量}}{\text{大鼠体质量}} \quad (2)$$

1.2.4 羟脯氨酸(Hyp)含量的测定

羟脯氨酸是机体胶原蛋白的主要组成成分之一, 组织中 Hyp 的含量可以衡量其胶原代谢情况, 判断组织的纤维化程度^[16]. 羟脯氨酸的测定采用碱水解法: Hyp 在氧化剂的作用下所产生氧化物与二甲氨基苯甲酸反应呈现紫红色, 在 550 nm 波长下有强吸收. 显色反应用组织 Hyp 检测试剂盒(南京建成试剂有限公司), 反应后取 150 μL 反应液至 96 孔板, 于 550 nm 处测定各孔吸光度(A). 肾组织中 Hyp 含量(μg/g)按式(3)计算.

$$\text{Hyp含量} = \frac{A_{\text{测定}} - A_{\text{空白}}}{A_{\text{标准}} - A_{\text{空白}}} \times \text{标准品含量} \times \frac{\text{水解液总体积}}{\text{组织湿质量}} \quad (3)$$

式中: 标准品含量为 5 μg/mL, 水解液总体积为 10 mL, 组织湿质量为 0.05 g.

1.2.5 肾组织蛋白定量表达测定

MAPK 信号通路是存在于真核细胞中的一种信号转导途径, 利用一系列蛋白激酶进行细胞膜到细胞核之间的信号转导. 该通路能够调节细胞生长、分化

等多种生物学功能. 为了验证六苦 3 号荞麦和信农 1 号荞麦抑制高盐诱导型高血压大鼠肾组织纤维化的功效是否与 MAPK 信号通路的介导有关, 采用免疫印迹(Western blot)方法测定大鼠肾组织 Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平的变化.

肾组织蛋白提取: 取 100 mg 样品放入 EP 管, 加蛋白提取液(Tris-HCl, pH 7.5, 1 mmol/L PMSF)并冰上研磨, 静置 20 min. 4 °C、12 000 r/min 离心 10 min. 取上清液, 加入上样缓冲液混匀煮沸 10 min, 缓慢恢复至室温后于 -20 °C 保存.

免疫印迹: 采用聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)分离目标蛋白. 含 12% 的分离胶和 5% 的浓缩胶, 上样量 30 g, 蛋白浓缩电压 80 V, 分离电压 120 V. 电泳结束后转移到硝酸纤维素膜上, 转膜电流 300 mA. 然后将转移膜用 5% 脱脂奶粉室温孵育 1 h. 转移膜经 PBST 洗膜后加入一抗和二抗进行免疫杂交, 并用 PBST 洗去未结合的残余抗体. 特异性杂交条带用化学发光液处理并经显影定影后, 用柯达胶片感光成像检测.

1.2.6 统计学处理

用 SPSS18.0 统计软件进行数据分析, 实验数据均以“平均值 ± 标准差”来表示. 组间比较采用方差分析, *表示与空白组相比有显著差异(P<0.05), #表示与模型组相比有显著差异(P<0.05).

2 结果与讨论

2.1 荞麦对大鼠尾动脉收缩压的影响

实验前各组间大鼠血压基本一致(P>0.05), 各组大鼠尾动脉收缩压值随饲养时间的变化见表 2.

表 2 大鼠尾动脉收缩压随饲养时间的变化情况(n = 10)

Tab. 2 SBP of rat with the change of time (n = 10)

组别	血压/mmHg						
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周	第 5 周	第 6 周	第 7 周
空白组	113.40 ± 6.00	118.40 ± 7.20	116.30 ± 6.30	115.20 ± 5.30	118.20 ± 7.60	120.70 ± 8.10	125.20 ± 10.20
模型组	109.70 ± 7.50	120.60 ± 7.60	150.70 ± 6.50	169.50 ± 9.60	160.20 ± 8.80	158.50 ± 9.30	158.30 ± 5.10*
实验组 1#	109.20 ± 6.90	123.20 ± 6.80	156.90 ± 5.90	159.40 ± 8.80	151.80 ± 7.90	148.10 ± 9.10	142.40 ± 5.40#
实验组 2#	110.20 ± 10.90	116.60 ± 5.20	152.60 ± 6.40	152.10 ± 6.40	136.30 ± 4.60	140.20 ± 4.60	143.00 ± 1.50#
实验组 3#	113.00 ± 7.60	126.30 ± 3.40	157.30 ± 5.60	163.60 ± 4.60	152.70 ± 4.70	132.40 ± 6.50	150.00 ± 5.80#
实验组 4#	112.40 ± 7.60	112.60 ± 4.30	162.70 ± 7.40	159.20 ± 5.60	152.60 ± 4.60	153.50 ± 7.20	150.80 ± 9.10#
实验组 5#	112.40 ± 2.90	128.30 ± 5.30	156.40 ± 4.50	136.20 ± 7.40	142.60 ± 6.40	146.30 ± 6.40	150.40 ± 14.40#
实验组 6#	113.80 ± 6.20	150.70 ± 6.40	162.60 ± 6.40	157.50 ± 6.50	146.20 ± 7.40	159.50 ± 7.30	153.20 ± 2.40#
实验组 7#	110.10 ± 7.80	126.80 ± 7.50	150.20 ± 3.50	159.40 ± 3.60	151.20 ± 4.70	144.60 ± 6.20	156.70 ± 8.00#
实验组 8#	113.20 ± 6.10	129.20 ± 4.50	160.30 ± 4.60	153.60 ± 5.60	151.40 ± 8.50	160.30 ± 6.30	154.40 ± 9.60#
实验组 9#	112.70 ± 3.50	139.30 ± 6.40	150.00 ± 7.40	142.60 ± 7.40	149.50 ± 5.70	150.00 ± 4.80	152.90 ± 2.70#

喂养结束后, 空白组整体收缩压保持平稳; 模型

组大鼠尾动脉收缩压与空白组相比升高了 26.5%

($P < 0.05$), 表明高盐(8%)诱导高血压大鼠模型建立成功; 与模型组第7周收缩压值相比, 实验组均有所降低, 说明15%的荞麦饮食干预可以抑制高盐导致血压的升高. 该结论与张宏伟等^[17]的研究结果相一致. 此外, 9种荞麦的预防效果差异较大: 六苦3号和信农1号分别降低10.1%和9.7% ($P < 0.05$), 川荞2号、泰兴荞麦2013、川荞1号、西农9976、西农9940、赤甜荞1号和宁荞1号分别降低5.3%、4.8%、5.0%、3.2%、1.0%、2.5%和3.4% ($P > 0.05$). 9种荞麦抑制血压升高指数(表3)表明, 对高盐诱导型高血压预防效果最好的是六苦3号和信农1号.

表3 各荞麦抑制血压升高指数 ($n = 10$)

Tab. 3 Index of buckwheat to inhibit blood pressure increase ($n = 10$)

组别	抑制血压升高指数	组别	抑制血压升高指数
实验组 1 [#]	0.53 ± 0.94	实验组 6 [#]	0.85 ± 1.53
实验组 2 [#]	0.55 ± 1.71	实验组 7 [#]	0.95 ± 0.41
实验组 3 [#]	0.76 ± 0.86	实验组 8 [#]	0.89 ± 0.12
实验组 4 [#]	0.78 ± 0.22	实验组 9 [#]	0.84 ± 1.47
实验组 5 [#]	0.77 ± 0.82		

2.2 大鼠肾脏指数

荞麦干预高盐饮食大鼠7周后, 肾脏指数见表4. 模型组比空白组高37.1% ($P < 0.05$), 即8%的高盐饲料能够导致大鼠肾脏质量增加. 实验组大鼠的肾脏质量与模型组相比, 六苦3号、信农1号、川荞2号、泰兴荞麦2013、西农9976、西农9940、赤甜荞1号分别降低17.6%、15.3%、12.9%、8.2%、10.6%、9.4%和10.6% ($P < 0.05$), 表明15%荞麦摄入可以抑制高盐诱导型高血压大鼠肾脏指数升高. 然而, 川荞1号和宁荞1号对高血压大鼠肾脏指数的升高无明显抑制作用 ($P > 0.05$).

表4 荞麦干预高盐饮食7周后各组大鼠肾脏指数 ($n = 10$)

Tab. 4 Index of rat kidney after buckwheat intervention in high-salt diet for 7 weeks ($n = 10$)

组别	肾脏指数
空白组	0.006 2 ± 0.000 26
模型组	0.008 5 ± 0.001 05*
实验组 1 [#]	0.007 0 ± 0.000 39 [#]
实验组 2 [#]	0.007 2 ± 0.000 21 [#]
实验组 3 [#]	0.007 4 ± 0.000 52 [#]
实验组 4 [#]	0.007 8 ± 0.000 13 [#]
实验组 5 [#]	0.008 3 ± 0.000 19 [#]
实验组 6 [#]	0.007 6 ± 0.000 11 [#]
实验组 7 [#]	0.007 7 ± 0.000 10 [#]
实验组 8 [#]	0.007 6 ± 0.000 20 [#]
实验组 9 [#]	0.008 4 ± 0.000 16 [#]

长期的高盐(8%)饮食会导致 Wistar 大鼠血压显

著升高, 最终表现为高血压症状, 而15%荞麦摄入对于高盐诱导的大鼠血压升高具有显著的预防效果. 在本研究中, 9种荞麦的预防效果各有差异, 从而为不同品种荞麦预防高血压提供了品质级别参考. 此外, 抑制血压升高指数和肾脏指数两项指标显示, 预防效果最好的是六苦3号荞麦和信农1号荞麦. 因此, 在后续实验中重点选择这两种荞麦饲喂的大鼠进行深入研究.

2.3 肾组织 Hyp 含量

通过测定肾组织中 Hyp 的含量可以衡量肾组织的纤维化程度. 大鼠肾组织 Hyp 含量测定结果如图1所示.

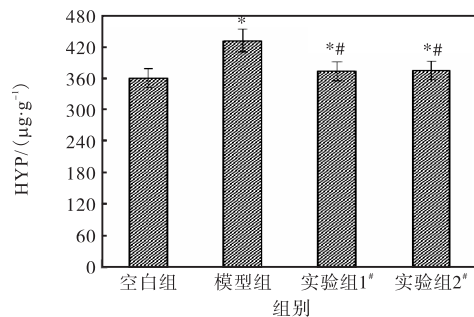


图1 大鼠肾组织 Hyp 含量

Fig. 1 Concentration of Hyp in rat

空白对照组、模型组、六苦3号和信农1号实验组大鼠肾组织 Hyp 含量分别为 364.69 µg/g、436.02 µg/g、377.39 µg/g 和 378.71 µg/g; 模型组比空白对照组大鼠肾组织 Hyp 含量高 19.6% ($P < 0.05$), 表明 8%的高盐摄入能够导致大鼠肾组织 Hyp 含量升高, 导致肾组织纤维化程度加剧; 六苦3号和信农1号实验组大鼠肾组织 Hyp 含量比模型组分别降低13.4%和13.1% ($P < 0.05$), 即15%六苦3号荞麦和15%信农1号荞麦摄入可以抑制高盐诱导的高血压大鼠肾组织 Hyp 含量的升高.

肾脏的纤维化会破坏肾单位, 最终出现慢性肾功能衰竭, 导致肾脏排钠排水功能降低, 钠水潴留, 继而引起血容量和心输出量增多, 导致钠依赖性高血压. 研究表明, 15%六苦3号荞麦和15%信农1号荞麦摄入可以显著抑制大鼠肾组织 Hyp 含量的升高. 实验从肾组织纤维化程度这一角度表明: 荞麦通过抑制肾组织 Hyp 含量的升高缓解肾组织的纤维化进程, 进而抑制了高盐诱导的血压升高.

2.4 MAPK 细胞信号通路相关蛋白表达水平

Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平分别如图2—图4所示. 与空白对照组大鼠相比, 模型组大鼠肾组织

Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平分别提高了 32.2%、27.5%和 40.7%，差异具有显著性($P<0.05$)，说明 8%的高盐摄入能够导致大鼠肾组织 Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平的升高。

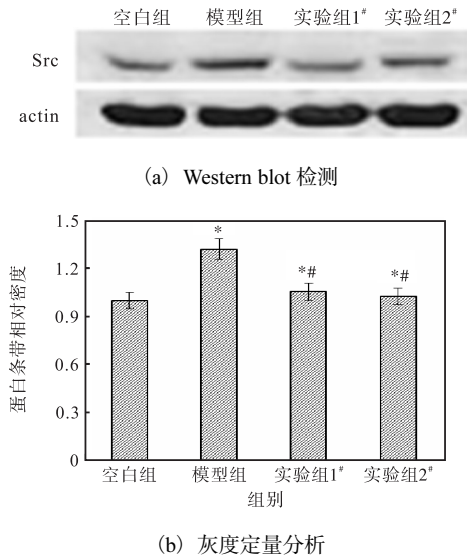


图2 荞麦对大鼠肾组织 Src 蛋白表达的影响
Fig.2 Effect of buckwheat on the expression of Src protein in rat kidney

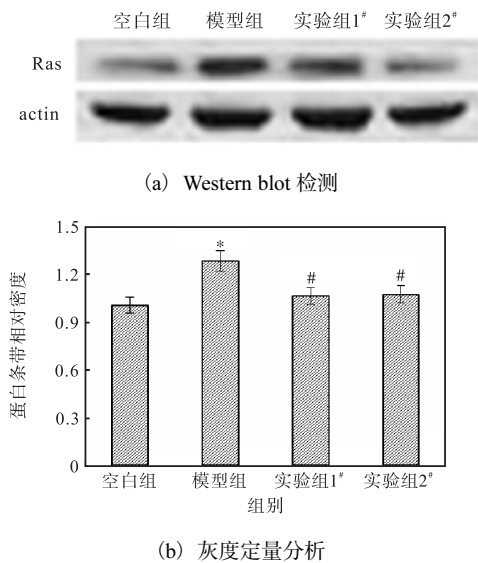


图3 荞麦对大鼠肾组织 Ras 蛋白表达的影响
Fig.3 Effect of buckwheat on the expression of Ras protein in rat kidney

与模型组大鼠相比，六苦 3 号组大鼠肾组织 Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平分别降低了 20.1%、17%和 25.9%，差异具有显著性($P<0.05$)；信农 1 号组大鼠肾组织 Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平分别降低了 22.4%、16.3%和 24.7%，差异具有显著性($P<0.05$)。这说明 15%六苦 3 号荞麦和 15%信农 1 号荞

麦摄入可以抑制高血压大鼠肾组织 Src、Ras 和 Raf 蛋白表达水平的升高。可有效减少因 Src 蛋白诱导转化生长因子(TGF- β 1)的产生，减缓高血压的发生过程^[18]；减少由Ras、Raf 蛋白导致的 MEK1/2 磷酸化^[19]。

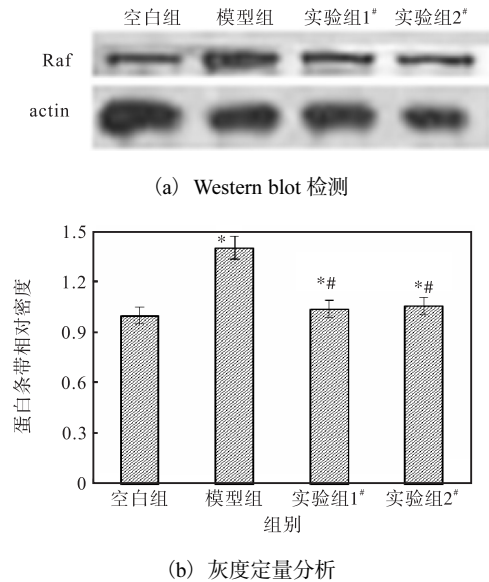


图4 荞麦对大鼠肾组织 Raf 蛋白表达的影响
Fig.4 Effect of buckwheat on the expression of Raf protein in rat kidney

3 结论

长期摄入高盐食物会导致 Wistar 大鼠血压显著性升高，最终诱导高血压。而摄入含 15%荞麦的饮食可预防高盐所导致的大鼠血压升高。不同的荞麦品种预防效果不同，六苦 3 号>信农 1 号>川荞 2 号>川荞 1 号>泰兴荞麦 2013>宁荞 1 号>西农 9976>赤甜荞 1 号>西农 9940，其中六苦 3 号和信农 1 号荞麦的预防效果最佳。六苦 3 号和信农 1 号荞麦可显著抑制高血压导致的肾组织 Hyp 含量的升高；六苦 3 号荞麦和信农 1 号荞麦能抑制 MAPK 信号通路相关蛋白的表达，从而起到抑制高盐诱导型高血压大鼠肾组织纤维化。

参考文献:

[1] Berk B C, Fujiwara K, Lehoux S. ECM remodeling in hypertensive heart disease[J]. Journal of Clinical Investigation, 2007, 117(3): 568-575.

[2] Crews D C, Plantinga L C, Miller E R, et al. Prevalence of chronic kidney disease in persons with undiagnosed or prehypertension in the United States[J]. Hypertension, (下转第 71 页)

- [28] 郭文川,王婧,朱新华. 基于介电特性的燕麦含水率预测[J]. 农业工程学报,2012,28(24):272-279.
- [29] 顾园华,宋春芳,崔政伟. 基于温度和水分的紫薯热物理特性与介电特性的分析[J]. 浙江农业学报,2015,27(1):97-103.
- [30] 刘兴鹏. 基于微波同轴谐振腔物料密度测量技术的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- 责任编辑:常涛,郎婧
-
- (上接第34页)
- 2010,55(5):1102-1109.
- [3] 林善铤. 肾脏与高血压[J]. 中华内科杂志,1996(2):68-70.
- [4] 刘力生. 中国高血压防治指南 2010[J]. 中华高血压杂志,2011,19(8):701-743.
- [5] Listed N. Mortality after 16 years for participants randomized to the multiple risk factor intervention trial[J]. Circulation,1996,94(5):946-951.
- [6] Kawa J M, Taylor C G, Przybylski R. Buckwheat concentrate reduces serum glucose in streptozotocin-diabetic rats[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51(25):7287-7291.
- [7] 惠丽娟. 荞麦及荞麦食品研究进展[J]. 粮食加工,2008,33(3):78-80.
- [8] 杨体模,荣祖元,许世跃,等. 金荞麦 E 抗肿瘤及抗炎作用的研究[J]. 四川生理科学杂志,1990(Z1):1-4.
- [9] Kim D W, Hwang I K, Lim S S, et al. Germinated Buckwheat extract decreases blood pressure and nitrotyrosine immunoreactivity in aortic endothelial cells in spontaneously hypertensive rats[J]. Phytotherapy Research,2009,24(1):993-998.
- [10] 周小理,赵琳. γ -氨基丁酸的生理功能及在食品中应用的研究进展[J]. 食品工业,2011,32(10):58-61.
- [11] 任清,张晓平,刘丫丫,等. 荞麦蛋白的提取及其酶解产物 ACE 抑制活性的研究[J]. 食品科技,2009,34(4):175-178.
- [12] Li C H, Matsui T, Matsumoto K, et al. Latent production of angiotensin I-converting enzyme inhibitors from buckwheat protein[J]. Journal of Peptide Science,2002,8(6):267-274.
- [13] Ma M S, Bae I Y, Lee H G, et al. Purification and identification of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) [J]. Food Chemistry,2006,96(1):36-42.
- [14] Koyama M, Naramoto K, Nakajima T, et al. Purification and identification of antihypertensive peptides from fermented buckwheat sprouts[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry,2013,61(12):3013-3021.
- [15] Liu C L, Chen Y S, Yang J H, et al. Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) buckwheat sprouts [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry,2008,56(1):173-178.
- [16] 张自强,赵东旭,杨新林. 羟脯氨酸的研究与开发[J]. 氨基酸和生物资源,2006,28(1):55-58.
- [17] 张宏伟,张永红,卢明俊,等. 食用荞麦对血糖、血脂及血压的影响[J]. 环境与职业医学,2003(2):120-122.
- [18] Ishizawa K, Izawa Y, Ito H, et al. Aldosterone stimulates vascular smooth muscle cell proliferation via big mitogen-activated protein kinase 1 activation[J]. Hypertension,2005,46(4):1046-1052.
- [19] Rauch J, O'Neill E, Mack B, et al. Heterogeneous nuclear ribonucleoprotein H blocks MST2-mediated apoptosis in cancer cells by regulating A-Raf transcription[J]. Cancer Research,2010,70(4):1679-1688.
- 责任编辑:郎婧