

文冠果叶提取物降血压活性研究

王 亚, 马挺军*

(北京农学院食品科学与工程学院 北京 102206)

摘要 目的:探究文冠果叶提取物对原发性高血压大鼠(SHR)的降血压活性。方法:试验设计为空白对照组(正常血压大鼠)、阳性对照组(SHR 大鼠灌胃氨氯地平)、阴性对照组(SHR 大鼠)和高、中、低剂量组(SHR 大鼠灌胃 2,1,0.5 g/kg 文冠果叶提取物)。灌胃 4 周后,观察大鼠收缩压、舒张压、平均压、心率、血清内皮素-1、NO、总胆固醇及甘油三酯等指标。结果表明:灌胃 4 周后,与阴性对照组相比,高、中、低剂量组 SHR 大鼠收缩压、舒张压、平均压及血脂均显著降低($P<0.05$),中剂量组大鼠的血脂与血清 ET-1 显著降低,血清 NO 水平升高($P<0.05$),而对 SHR 大鼠心率和胆固醇无显著影响($P>0.05$)。结论:动物体内试验表明文冠果叶提取物可以显著降低 SHR 大鼠血压,中剂量组效果显著。

关键词 文冠果叶;原发性高血压大鼠;降血压活性

文章编号 1009-7848(2022)03-0096-07 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.03.012

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)是无患子科文冠果属植物,是中国特有的古老的木本油料树木类型,有 200 多年的种植历史,又被称作“北方油茶”,在我国内蒙古、河南、甘肃、新疆等地区广泛种植^[1]。其叶片、果壳、果仁、种皮^[2-5]均含有多种活性物质。文冠果叶含杨梅苷、槲皮素、芦丁、香豆素等活性物质,除此之外,文冠果叶中还含有皂苷类化合物,皂苷是一种存在于植物中的特殊苷类物质,在组成上由皂苷元和大部分以分子状态存在的糖、糖醛酸等物质构成。根据皂苷元组成可将皂苷分为三萜类皂苷和甾体类皂苷,而文冠果中多为三萜类皂苷^[6]。研究表明,皂苷类化合物具有抗菌、抗肿瘤、抗氧化、降血压等活性^[7-9]。

高血压是心血管疾病的重要因素之一。据 2018 年中国心血管疾病报告,中国有 2.9 亿心血管疾病患者^[10]。慢性高血压可导致心血管疾病,如心力衰竭、心脏病、中风、冠状动脉疾病,以及其它疾病,如肾脏疾病、视力丧失、痴呆、抑郁等^[11-12]。

近年来,文冠果作为特种经济作物被广泛研究。有研究表明文冠果具有治疗阿尔兹海默症、抑菌、抗癌等活性^[13-15],然而,对于文冠果叶降血压活性的研究报道较少。本文用文冠果叶正丁醇提取物做动物体内试验,期间检测大鼠收缩压、舒张

压、平均压、心率、血清 ET-1、血清 NO、血清甘油三酯和血清胆固醇等指标,探究文冠果叶正丁醇提取物对自发性高血压大鼠(SHR 大鼠)的影响,以及降血压活性,为文冠果保健功能产品开发提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

1.1.1 试验材料 文冠果叶,华清农业开发有限公司提供。用粉碎机粉碎,过 60 目筛,备用。

文冠果叶正丁醇提取物(N-butanol extract from *Xanthoceras sorbifolia* leaves, X-NE),将 2 g 文冠果叶加入 10 mL 石油醚脱脂后用 60%乙醇回流提取 3 次得提取物,将提取物用水溶解,3 500 r/min 离心 15 min 后取上清液用正丁醇萃取 3 次得到。

芦丁、没食子酸、齐墩果酸标准品,中国食品药品检定研究院;香草醛、乙醇、正丁醇、冰醋酸、石油醚、亚硝酸钠等均为分析纯,西陇化工股份有限公司;福林酚试剂,美国 Sigma 公司;碳酸钠、氯化铝、氢氧化钠、高氯酸等均为分析纯,北京化工厂。氨氯地平,浙江新赛科药业有限公司;羧甲基纤维素,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 试验仪器 KQ-500DE 型数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;LabTech 紫外分光光度计 UV9100D,北京莱伯泰科仪器有限公司;FW177 中草药粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公

收稿日期:2021-03-25

作者简介:王亚(1997—),女,硕士生

通信作者:马挺军 E-mail: mtingjun@163.com

司;RE-52AA 旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂;7020 全自动生化分析仪,日本日立公司;BP2006A 型智能无创血压计,北京软隆科技有限责任公司。

1.2 实验动物

SPF 级大鼠(72 只,其中自发性高血压 SHR 大鼠60 只,正常 Wistar 大鼠 12 只,平均质量为 200~240 g)均由中国医学科学院医学实验动物研究所提供,生产许可证号:SCXK(京)2018-0002。试验期间以鼠全价颗粒饲料饲养,自由饮用无菌水,并适应性喂养 5 d 后进行试验。

1.3 方法

1.3.1 黄酮含量测定 取芦丁标准品 50 mg,用 60%乙醇溶解并定容至 50 mL。称取 5 mL 置于 50 mL 容量瓶中,配制成 0.1 mg/mL 的标准品储备液。称取上述标准液 1.0,2.0,4.0,6.0,8.0,10.0 mL 溶液于试管中,并添加 60%乙醇至 10.0 mL。依次加入 5%的 NaNO_2 0.6 mL,静置 5 min,加入 10%的 AlCl_3 0.6 mL,静置 6 min,加入 4% NaOH 4 mL,混匀后添加 60%乙醇至 20 mL,静置 15 min 后置于 510 nm 吸光度下进行比色,测定其吸光值。以芦丁含量为横坐标,以吸光值为纵坐标,绘制标准曲线。通过线性拟合得到回归方程 $y=2.1633x-0.0161$, $R^2=0.9993$,式中, x 为文冠果叶黄酮含量(mg), y 为波长 510 nm 处测定的吸光值。

用粉碎机将文冠果叶粉碎成末,准确称取 2 g 的文冠果叶粉。按 1:10(g/mL)的比例用石油醚将叶粉脱脂 15 min,离心,取下层沉淀,将其吹干,用 60%乙醇定容至 50 mL。样品测定时准确吸取溶液 2 mL,添加 60%乙醇至 5 mL,剩余操作同上。

1.3.2 酚酸的测定方法 取没食子酸标准品 10 mg,定容至 100 mL,即配成 0.1 mg/mL 的标准品储备液,分别吸取 1.0,2.0,3.0,4.0,5.0 mL 没食子酸标准液,定容至 6 mL,即得 10,20,30,40,50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准液。吸取上述标准液 0.4 mL,加入 2 mol/L 福林酚试剂 0.1 mL 和 15%的 Na_2CO_3 溶液 2 mL,用蒸馏水定容至 8 mL。在 25 $^\circ\text{C}$ 反应 2 h,另吸取蒸馏水 0.4 mL,同上操作。置于 765 nm 吸光度下进行比色,测定其吸光值,以没食子酸含量为横坐标,以吸光值为纵坐标,绘制标准曲线。通过线性拟合得到回归方程 $y=0.0066x+0.0157$, $R^2=0.9991$,式中, x 为文冠果叶酚酸含量, y 为波长

765 nm 处测定的吸光值。

准确称取 2 g 文冠果叶粉,加入 60 mL 的 60%的乙醇溶液,在 50 $^\circ\text{C}$ 条件下回流提取 40 min,抽滤后,取膏体用乙醇溶解,定容 50 mL,取 0.4 mL,按照上述标准曲线方法进行测定。

1.3.3 皂苷的测定方法^[9] 标准曲线按香草醛比色法操作。通过线性拟合得到回归方程 $y=5.645x-0.233$, $R^2=0.9994$ 。式中, x 为大豆皂苷含量(mg), y 为波长 541 nm 处测定的吸光值。

将文冠果叶正丁醇提取物按照上述标准曲线方法进行测定。

1.3.4 X-NE 提取物降血压活性试验 雄性 Wistar 大鼠 12 只,测量其血压值并做为空白对照组,雄性 SHR 大鼠 60 只,测量其血压值,根据血压随机分为 5 组,分别为阴性对照组、阳性对照组、X-NE 高剂量组(2 g/kg)、X-NE 中剂量组(1 g/kg)、X-NE 低剂量组(0.5 g/kg)。于分组当天开始给药,空白对照组和阴性对照组灌胃给予 0.5%羧甲基纤维素溶液,阳性对照组灌胃给予氨氯地平混悬液(5 mg/kg),X-NE 低、中、高剂量组分别灌胃给予 X-NE,每天给药 1 次,连续给药 4 周,每周测量动物血压 1 次。

试验期间室内通风状况良好,控制温度 20~25 $^\circ\text{C}$,相对湿度 40%~70%;每日 12/12 h 交替照明;每小时换气 15 次以上。所有大鼠均喂饲鼠全价颗粒饲料及无菌水,自由摄取。每周测量动物收缩压(systolic blood pressure,SBP)、舒张压(diastolic blood pressure,DBP)1 次,并计算其平均压(mean blood pressure,MBP),于给药结束当天动物眼眶静脉丛采血,在 4 $^\circ\text{C}$ 下 3 000 r/min 离心 10 min,然后取上清冻存,检测血清 ET-1、血清 NO、血清甘油三脂和血清胆固醇含量。

1.3.5 统计学处理 将试验数据用 Excel 2003 软件整理,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。用 SPSS 16.0 软件分析试验结果,多组间比较采用单因素方差分析,以 $P<0.05$ 表明具有统计学差异。

2 结果与分析

2.1 文冠果叶提取物中黄酮、酚酸、皂苷含量分析

由图 1 可知,文冠果叶提取物中黄酮、酚酸的含量分别为 3.84%,3.35%,皂苷含量相对较高,为

5.3%。邱悦等^[17]通过醇提法提取文冠果叶中的总皂苷,最优条件下皂苷得率为4.952%,而本试验提取物中皂苷含量更高,这可能是由于文冠果叶原料不同,通过回流提取后提取率更高。

2.2 灌胃4周对大鼠血压的影响

由表1~表3可知,阴性对照组SHR大鼠的血压(SBP、DBP和MBP)持续保持较高的水平,与空白对照组比较有显著性差异($P<0.01$ 、 $P<0.05$ 、 $P<0.05$)。与阴性对照组相比,阳性对照组(5 mg/kg)在给药观察期间能够持续稳定的降低动物的SBP、MBP,在1~4周均具有极显著差异($P<0.01$),而DBP在1~2周具有极显著差异($P<0.01$),在3~4周具有显著差异($P<0.05$)。这表明氨氯地平可以降低SHR大鼠血压,较好地控制血压水平。氨氯地平是一种钙通道阻滞剂,可以有效地降低血压^[17]。Mohd等^[19]通过对SHR大鼠口服1 mg/kg的氨氯地平,结果发现氨氯地平治疗可有效降低高血压大鼠的SBP、DBP和MBP,本试验采取灌胃给药,且氨氯地平质量浓度较高(5 mg/kg),因此降压效果更为明显。

X-NE高剂量组收缩压和平均压在第4周有下降趋势且差异极显著($P<0.01$),而舒张压在第3周有下降趋势,在第4周具有显著差异($P<0.05$)且达到最低(101.20±20.54) mmHg。X-NE中剂量组收缩压和平均压在3、4周均有极显著差异($P<0.01$),并逐渐趋于稳定,舒张压在第3周有显著差异($P<0.05$),第4周差异极显著($P<0.01$)。X-NE低剂量组SHR大鼠收缩压逐渐升高,但与阴性对照组相比在第4周差异显著($P<0.05$),而舒张压

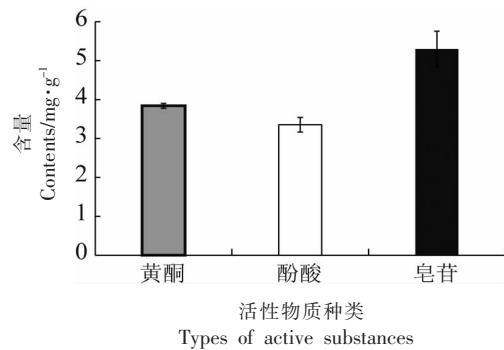


图1 文冠果叶黄酮、酚酸及皂苷含量

Fig.1 Contents of flavonoids, phenolic acids and saponins in *Xanthoceras sorbifolia* leaves

和平均压均在第二周有所增加,随后开始下降,降压效果不稳定,而且与X-NE中高剂量组比较,降压效果更差。曹敏等^[20]通过口服给予SHR大鼠三七花皂苷,发现其高、中、低剂量组[60 mg/(kg·d)、30 mg/(kg·d)、15 mg/(kg·d)]大鼠的收缩压、舒张压均在第2周后开始出现显著降低。陈梅卿^[21]通过腹腔注射人参皂苷Rb1对SHR大鼠作用12周后,高、低剂量组[60 mg/(kg·d)、30 mg/(kg·d)]血压均较治疗前明显下降(低剂量降低7.91%,高剂量组降低19.25%),但较氨氯地平组[5 mg/(kg·d)](降低24.17%)差。这与本试验的结果略有差异,由表1、表3可知,X-NE高、中剂量组血压下降且均高于阳性对照组,这是由于剂量的不同,并且X-NE提取物中皂苷含量较高所导致。至今并未有研究表明文冠果叶的降血压机理,而文冠果叶中皂苷含量高达5.3%,因此推断可能是X-NE中的皂苷起到了降血压作用。

表1 灌胃4周对SHR大鼠收缩压的影响

Table 1 Effect of X-NE on systolic blood pressure of SHR rats after 4 weeks of feeding

组别	收缩压/mmHg			
	第1周	第2周	第3周	第4周
空白对照组	127.30 ± 9.87	127.30 ± 7.83	122.30 ± 13.40	123.60 ± 14.02
阴性对照组	160.20 ± 8.22 ^{△△}	166.50 ± 9.35 ^{△△}	175.30 ± 8.21 ^{△△}	199.40 ± 12.69 ^{△△}
阳性对照组	135.60 ± 12.96 ^{**}	136.40 ± 24.43 ^{**}	148.20 ± 17.28 ^{**}	156.20 ± 13.64 ^{**}
X-NE高剂量	157.40 ± 16.63	164.00 ± 9.29	176.00 ± 9.65	162.00 ± 12.99 ^{**}
X-NE中剂量	160.20 ± 13.95	155.90 ± 13.84	152.60 ± 13.48 ^{**}	162.70 ± 13.13 ^{**}
X-NE低剂量	159.40 ± 17.26	164.40 ± 11.60	164.80 ± 18.23	165.10 ± 10.39 ^{**}

注:与阴性对照组对比^{*} $P<0.05$,^{**} $P<0.01$;与空白对照组对比[△] $P<0.05$,^{△△} $P<0.01$ 。下同。

表 2 灌胃 4 周对 SHR 大鼠舒张压的影响($\bar{x} \pm s, n=12$)Table 2 Effect of X-NE on diastolic blood pressure of SHR rats after 4 weeks of feeding ($\bar{x} \pm s, n=12$)

组别	舒张压/mmHg			
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
空白对照组	102.10 ± 6.84	103.40 ± 9.32	95.30 ± 12.38	102.10 ± 11.78
阴性对照组	113.50 ± 10.16 [△]	112.10 ± 13.25	118.70 ± 12.29 ^{△△}	118.80 ± 10.34 ^{△△}
阳性对照组	94.10 ± 16.09**	99.10 ± 11.24**	106.15 ± 10.15*	108.10 ± 10.76*
X-NE 高剂量	102.00 ± 16.17	115.70 ± 7.21	109.90 ± 19.76	101.20 ± 20.54*
X-NE 中剂量	96.10 ± 24.52	112.40 ± 14.21	102.80 ± 16.46*	97.60 ± 11.02**
X-NE 低剂量	110.80 ± 14.57	117.00 ± 23.03	107.10 ± 30.59	105.10 ± 14.51*

表 3 灌胃 4 周对 SHR 大鼠平均压的影响

Table 3 Effect of X-NE on mean blood pressure of SHR rats after 4 weeks of feeding

组别	平均压/mmHg			
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
空白对照组	115.30 ± 7.56	115.30 ± 6.25	108.70 ± 12.86	112.90 ± 12.49
阴性对照组	137.20 ± 7.35 [△]	139.50 ± 10.27 ^{△△}	147.20 ± 8.09 ^{△△}	159.30 ± 7.12 [△]
阳性对照组	114.80 ± 12.63**	117.80 ± 15.88**	127.20 ± 9.73**	132.40 ± 8.32**
X-NE 高剂量	130.00 ± 10.27	140.00 ± 5.35	143.10 ± 11.45	131.80 ± 13.79**
X-NE 中剂量	128.30 ± 10.56	134.40 ± 12.69	127.95 ± 10.75**	130.40 ± 8.78**
X-NE 低剂量	135.30 ± 14.68	140.90 ± 12.49	136.20 ± 23.02	135.40 ± 8.49**

2.3 灌胃 4 周对大鼠血清心率的影响

心率被视为评价交感神经活性的有效指标,交感神经过度激活在高血压的病程中发挥了重要作用^[21],因此心率加快可能会加速高血压的发生。

由表 4 可知,以 X-NE 灌胃大鼠 4 周,与阴性

对照组及空白对照组相比,阳性对照组及 X-NE 各剂量组的心率在试验 4 周内均无显著性差异 ($P>0.05$),这表明 X-NE 对大鼠心率并无显著影响。

表 4 给药 4 周对 SHR 大鼠心率的影响

Table 4 Effect of X-NE on heart rate of SHR rats after 4 weeks of feeding

组别	心率/次·min ⁻¹			
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
空白对照组	430.90 ± 34.16	450.70 ± 39.60	421.40 ± 60.04	434.40 ± 46.11
阴性对照组	412.50 ± 47.23	436.60 ± 55.62	434.70 ± 44.74	433.50 ± 50.47
阳性对照组	431.10 ± 53.99	348.60 ± 51.90	351.85 ± 34.95	335.60 ± 31.77
X-NE 高剂量	395.00 ± 19.01	417.40 ± 36.82	388.50 ± 55.91	386.30 ± 60.07
X-NE 中剂量	403.70 ± 28.96	423.20 ± 50.47	407.40 ± 0.36	403.20 ± 24.54
X-NE 低剂量	382.30 ± 46.98	434.10 ± 48.00	393.80 ± 49.38	405.40 ± 55.88

2.4 灌胃 4 周对大鼠血清 ET-1、血清 NO、血清甘油三酯和血清胆固醇含量的影响

高血压时血管剪应力的增加会使内皮细胞内 Ca²⁺水平降低,导致 NO 合酶活性降低,NO 的舒张血管效应减弱^[23]。通过检测血清中 ET-1 和 NO 的

表达量可以简单而有效的评估 SHR 大鼠的血压变化情况^[24]。王禹程等^[25]研究表明,通过升高 NO 含量或降低 ET-1 含量可以起到降血压作用。同时血脂增高时可以影响血管的外周阻力,使其增高,从而减弱血管壁的弹性,使血液的黏度增加,可形

成或进一步加重高血压疾病^[26]。由表5可知,X-NE所有剂量组血脂TG与阴性对照组比较均极显著性降低($P<0.01$),中剂量组最低,为(0.27±

0.04) mmHg,同时中剂量组能够显著降低血清ET-1水平和极显著升高血清NO水平,与阴性对照组比较有显著性差异($P<0.05$, $P<0.01$)。

表5 给药4周后对大鼠TG、CHO、ET-1和NO的影响

Table 5 Effect of X-NE on TG, CHO, ET-1 and NO of SHR rats after 4 weeks of feeding

组别流水号	组别名称	TG/mmol·L ⁻¹	CHO/mmol·L ⁻¹	ET-1/pg·mL ⁻¹	NO/μmol·L ⁻¹
1	空白对照组	0.55 ± 0.13	1.44 ± 0.18	0.35 ± 0.06	32.83 ± 3.46
2	阴性对照组	0.53 ± 0.11	1.41 ± 0.14	0.61 ± 0.11 ^{△△}	16.18 ± 7.33 ^{△△}
3	阳性对照组	0.52 ± 0.11	1.12 ± 0.19	0.48 ± 0.11*	43.32 ± 12.06**
4	X-NE高剂量	0.30 ± 0.12**	1.30 ± 0.18	0.53 ± 0.27	44.89 ± 48.17
5	X-NE中剂量	0.27 ± 0.04**	1.53 ± 0.56	0.41 ± 0.09*	53.18 ± 18.50**
6	X-NE低剂量	0.30 ± 0.05**	1.55 ± 0.22	0.53 ± 0.11	30.31 ± 12.85**

3 结论

文冠果叶中黄酮含量为3.84%,酚酸含量为3.35%,皂苷含量为5.3%。本研究通过正丁醇萃取得到文冠果叶提取物X-NE,并选取此提取物进行体内实验,灌胃4周后,与阴性对照组相比,SHR大鼠血压显著降低,低、中、高剂量组(0.5,1,2 g/kg)大鼠收缩压、平均压、舒张压和血脂均显著降低($P<0.05$);大鼠心率及CHO无显著性变化($P>0.05$);中剂量组大鼠血清ET-1显著降低,NO含量显著升高($P<0.05$)。结果表明,文冠果叶提取物可以降低SHR大鼠血压,并且中剂量组还能显著降低大鼠血脂与血清ET-1,升高血清NO水平($P<0.05$),明显改善SHR大鼠自身反应因子紊乱的状况,因此中剂量组具有降血压活性,推断其降血压活性物质为皂苷,下一步将对文冠果叶提取物进行分离并阐明皂苷结构与降血压之间的关系。

参 考 文 献

- [1] 孙录,胡文忠,刘程惠,等.文冠果主要功效成分研究进展[J].食品工业科技,2016,37(8):396-399.
SUN L, HU W Z, LIU C H, et al. Research advance of main efficacy components of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(8): 396-399.
- [2] 郝倩,段力歆,马挺军,等.超声辅助提取文冠果叶总黄酮的工艺研究[J].食品工业科技,2013,34

(16): 295-300.

HAO Q, DUAN L X, MA T J, et al. Study on technology of extracting total flavones from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge leaves by ultrasonic wave[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(16): 295-300.

- [3] 张洪梅,周泉城.文冠果壳皂苷提取物抑制酪氨酸酶活性的研究[J].中国粮油学报,2013,28(5):53-56,62.
ZHANG H M, ZHOU Q C. Inhibitory effect of saponin constituents from *xanthoceras* nutshell on tyrosinase activity[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(5): 53-56, 62.
- [4] 赵茜茜.文冠果种仁油中总甾醇的提取纯化、组成分析及抑菌性研究[D].西安:陕西师范大学,2016.
ZHAO Q Q. Research on the extraction, purification, composition analysis and antimicrobial activity of phytosterol from kernel oil of shiny-leaved yellowhorn[D]. Xian: Shaanxi Normal University, 2016.
- [5] 董妙音,李万武,孔维宝,等.响应面法优化超声波辅助提取文冠果种皮总皂苷的工艺[J].中国油脂,2014,39(11):74-78.
DONG M Y, LI W W, KONG W B, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total saponins from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge seed husk using response surface methodology[J]. China Oil and Fats, 2014, 39(11): 74-78.
- [6] 李金焕.文冠果果壳总皂苷提取、浓缩工艺及其果壳皂苷纯化工艺的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2016.
LI J H. Research on the extraction and concentra-

- tion technique of saponin from *Xanthoceras sorbifolia* and the purification technique of xanthoceraside[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2016.
- [7] 张洪梅, 周泉城. 文冠果壳开发利用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(11): 118–121.
- ZHANG H M, ZHOU Q C. Research advance of development and utilization of xanthoceras sorbifolia hull[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(11): 118–121.
- [8] 陈红惠, TARUN B, 李刚凤, 等. 表面活性剂协同超声波酶法提取三七花总皂苷工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(20): 178–186.
- CHEN H H, TARUN B, LI G F, et al. Enzymolysis-ultrasound-assisted surfactant extraction and antioxidant activity of saponins from panax notoginseng flowers[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(20): 178–186.
- [9] VALERINO - DIAZ A B, ZANATTA A C, GAMIOTE - TURRO D, et al. An enquiry into antileishmanial activity and quantitative analysis of polyhydroxylated steroidal saponins from *Solanum paniculatum* L. leaves[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2020, 191: 113635 – 113672.
- [10] DENG J L, GUO M Y, LI G P, et al. Gene therapy for cardiovascular diseases in China: basic researches[J]. Gene therapy, 2020, 27(7/8): 360–369.
- [11] VINCENT B, JOHN T, ERNEST Y, et al. Older adults with hypertension have increased risk of depression compared to their younger counterparts: Evidence from the World Health Organization study of Global Ageing and Adult Health Wave 2 in Ghana[J]. Journal of Affective Disorders, 2020, 277(8): 329–336.
- [12] ELIZABETH A K, CLARISSA J D, HAYDEN B B, et al. Racial differences in the effectiveness of a multifactorial telehealth intervention to slow diabetic kidney disease[J]. Medical Care, 2020, 58(11): 968–973.
- [13] 张雅欣, 路肖, 肖碧灵, 等. 文冠果抗阿尔茨海默症的研究进展及应用前景[J]. 药物评价研究, 2018, 41(5): 912–917.
- ZHANG Y X, LU X, XIAO B L, et al. Research progress and application prospect of *Xanthoceras sorbifolia* for treating Alzheimer's disease[J]. Drug Evaluation Research, 2018, 41(5): 912–917.
- [14] 杨小慧, 石光波, 拜晓彬, 等. 文冠果落果黄酮成分分析及抑菌性评价[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 53–58.
- YANG X H, SHI G B, BAI X B, et al. Flavonoid content and antibacterial activity of *Xanthoceras sorbifolia* bunge fruit drop[J]. Food Science, 2018, 39(10): 53–58.
- [15] 蔡婷婷. 文冠果皂苷 E 钠盐的抗乳腺癌活性及其毒性的初步研究[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2019.
- CAI T T. Preliminary study on the anti-breast cancer activity of Sodium Bunkanka Saponins E and its toxicity[D]. Shenyang: China Medical University, 2019.
- [16] 王居伟, 马挺军, 贾昌喜. 超高压提取大豆皂苷的工艺优化及动力学模型[J]. 中国食品学报, 2012, 12(4): 8–18.
- WANG J W, MA T J, JIA C X. Optimization of the technology and dynamic model for ultrahigh pressure extraction of soyasaponin[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(4): 8–18.
- [17] 邱悦, 潘佳, 沈明浩. 文冠果叶总皂苷的提取工艺优化及减肥降脂功效[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020, 48(11): 113–122, 132.
- QIU Y, PAN J, SHEN M H. Extraction process optimization of total saponins from leaves of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge and the effect on weight loss and lipid-lowering[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2020, 48(11): 113–122, 132.
- [18] JEFFERS B W, ROBBINS J, BHAMBRI R, et al. A systematic review on the efficacy of amlodipine in the treatment of patients with hypertension with concomitant diabetes mellitus and/or renal dysfunction, when compared with other classes of antihypertensive medication [J]. American Journal of Therapeutics, 2015, 22(5): 322–341.
- [19] MOHD A A, YOUSEF A B, MOHAMMAD R, et al. Effect of nigella sativa and fenugreek on the pharmacokinetics and pharmacodynamics of amlodipine in hypertensive rats[J]. Current Drug Metabolism, 2020, 21(4): 318–325.
- [20] 曹敏, 楼丹飞, 王国印, 等. 三七花总皂苷对自发性高血压大鼠的降压作用研究[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(2): 367–369.

- CAO M, LOU D F, WANG G Y, et al. Research of panax notoginseng flower saponins' antihypertensive effect on spontaneous hypertension rats[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2014, 32(2): 367-369.
- [21] 陈梅卿. 人参皂苷 Rb1 对自发性高血压大鼠 Th17/Treg 免疫细胞群平衡的影响[D]. 福州: 福建医科大学, 2013.
- CHEN M Q. Pharmacological effects of ginsenoside Rb1 on the balance of Th17/Treg cell in spontaneously hypertension rats[D]. Fuzhou: Fujian Medical University, 2013.
- [22] 孙宁玲, 霍勇, 黄峻. 中国高血压患者心率现状调查[J]. 中华高血压杂志, 2015, 23(10): 934-939.
- SUN N L, HUO Y, HUANG J. The current status of heart rate in Chinese hypertensive patients [J]. Chinese Journal of Hypertension, 2015, 23 (10): 934-939.
- [23] 陈临溪, 秦旭平, 黄秋林, 等. 血管内皮细胞药理与临床[M]. 北京: 人民军医出版社, 2012, 119-120.
- CHEN L X, QIN X P, HUANG Q L, et al. Vascular endothelial cells in pharmacology and clinical [M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2012: 119-120.
- [24] 王莉, 谢青, 毛玉娟, 等. 当归-川牛膝水煎剂对自发性高血压大鼠血清 ET-1、NO 表达的影响[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2019, 21(11): 2526-2531.
- WANG L, XIE Q, MAO Y J, et al. Effect of radix angelicae sinensis-radix achyranthes bidentata decoction on plasma ET-1, NO expression in spontaneously hypertensive rats[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia-World Science and Technology, 2019, 21(11): 2526-2531.
- [25] 王禹程, 马海乐, 杨雪, 等. 脱毒菜籽多肽大鼠降血压试验及机理研究[J]. 中国食品学报, 2019, 19(7): 29-35.
- WANG Y C, MA H L, YANG X, et al. Studies on reducing blood pressure activity of detoxic rapeseed peptides and mechanism in rats[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(7): 29-35.
- [25] 段佳佳. 降压方对中度高血压患者血压及血脂 TG、Lp(a)的影响[D]. 太原: 山西中医药大学, 2016.
- DUAN J J. The step-down party for blood pressure, TG and Lp (a) in patients with moderate to hypertension [D]. Taiyuan: Shanxi University of Chinese Medicine, 2016.

Studies on Antihypertensive Activity of Extracts from Leaves of *Xanthoceras sorbifolia*

Wang Ya, Ma Tingjun*

(College of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

Abstract Purpose: To investigate the effect of *Xanthoceras sorbifolia* leaves extract on blood pressure in spontaneously hypertensive rats (SHR). Methods: Rats were divided into six groups: normal control (rats with normal blood pressure), positive control (SHR rats fed amlodipine), negative control (SHR rats), high, medium and low-dose groups (SHR rats fed 2, 1, 0.5 g/kg *Xanthoceras sorbifolia* leaves extract). The changes of systolic blood pressure, diastolic blood pressure, mean pressure, heart rate, serum endothelin, NO, total cholesterol and triglyceride were observed after 4 weeks of intragastric administration. Compared with the negative control group, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, mean blood pressure and blood lipid of SHR rats in high, medium and low dose groups were significantly decreased ($P < 0.05$), the middle dose group significantly decreased blood lipid and serum ET-1, increased serum NO level ($P < 0.05$), but had no significant effect on heart rate and cholesterol in SHR rats ($P > 0.05$). Conclusion: the medium dose group of *Xanthoceras sorbifolia* leaves extract could significantly reduce the blood pressure of SHR rats.

Keywords *Xanthoceras sorbifolia* leaves; spontaneously hypertensive rats; antihypertensive activity