

黑米多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠的影响

厉成玲¹, 周东浩^{2*}

(1. 青岛大学医学部, 青岛 266000; 2. 山东省临沂市人民医院, 临沂 276000)

摘 要: **目的** 研究黑米多酚对四氧嘧啶诱导的糖尿病模型小鼠的降血糖作用。**方法** 以黑米为原料提取纯化黑米多酚, 在应用四氧嘧啶腹腔注射并成功建立高血糖模型小鼠方法的基础上, 将模型组 50 只雄性小鼠按每组 10 只, 随机分为阴性对照组(NM)、阳性对照组(PM)及黑米多酚低、中、高剂量组(B1、B2、B3)。另取 10 只雄性小鼠作为正常对照组(NC), 连续灌喂 4 周。**结果** 与正常组相比, 模型组小鼠饮水、体重、血糖水平均有显著差异($P < 0.05$), 且血糖水平达到高血糖标准, 说明造模成功; 黑米多酚可以缓解四氧嘧啶造模糖尿病小鼠的症状, 具体表现为减缓多饮、多尿、体重下降的症状; 一定程度上减缓糖尿病小鼠血糖增高的趋势, 且高剂量的黑米多酚可以显著降低糖尿病小鼠的血糖($P < 0.05$), 有效刺激小鼠胰岛素的分泌和小鼠肝糖元的产生, 对保护糖尿病小鼠的肝脏和肾脏具有一定的作用。**结论** 黑米多酚具有降低四氧嘧啶诱导高血糖模型小鼠血糖的作用, 但其机制有待进一步探究。

关键词: 黑米多酚; 糖尿病; 血糖

Effect of black rice polyphenols on alloxan induced diabetes in mice

LI Cheng-Ling¹, ZHOU Dong-Hao^{2*}

(1. Medical College, Qingdao University, Qingdao 266000, China;
2. Shangdong Linyi People's Hospital, Linyi 276000, China)

ABSTRACT: Objective To study the hypoglycemic effect of black rice polyphenol on alloxan induced diabetic mice. **Methods** Black rice polyphenols were extracted and purified from black rice. On the basis of the method of intraperitoneal injection of alloxan and the establishment of hyperglycemia model mice, 50 male mice in the model group were randomly divided into negative control group (NM), positive control group (PM) and low, medium and high dose groups of black rice polyphenols (B1, B2, B3). Another 10 male mice were taken as the normal control group (NC) and all the groups were administered once a day for 4 consecutive weeks. **Results** The results showed that compared with the normal group, there were significant differences in drinking water, body weight and blood glucose level in the model group ($P < 0.05$), and the blood glucose level reached the hyperglycemia standard indicating that the model was successful. Black rice polyphenol could alleviate the symptoms of alloxan induced diabetic mice, which was manifested in slowing down the symptoms of polydipsia, polyuria and weight loss; to some extent, it could slow down the trend of blood glucose increase in diabetic mice. High dose of black rice polyphenol could significantly reduce the blood sugar of diabetic mice ($P < 0.05$), and effectively stimulate the secretion of insulin and the production of glycogen in mice liver, which has a certain effect on protecting the liver and kidney of diabetic mice. **Conclusion** Black rice polyphenol could reduce the blood glucose of hyperglycemic model mice induced by

*通讯作者: 周东浩, 副主任医师, 主要研究方向为内分泌系统疾病。E-mail: lichengling1989@126.com

*Corresponding author: ZHOU Dong-Hao, Associate Professor, Shangdong Linyi People's Hospital, Linyi 276000, China. E-mail: zhoudonghao8888@126.com

alloxan, but its mechanism should be further explored.

KEY WORDS: black rice polyphenols; diabetes; serum glucose

1 引言

糖尿病是一种以高血糖为特征的慢性、非传染性、代谢性疾病,是由 T 细胞介导的胰岛 β 细胞功能受损而引起机体胰岛素缺乏或胰岛素利用率降低,进而导致机体葡萄糖、蛋白和脂肪代谢紊乱而产生的自身免疫性疾病。促胰岛素分泌剂类、二甲双胍类、 α -糖苷酶抑制剂类、噻唑烷二酮衍生物、DDP-4 酶抑制剂等常用口服降血糖药,虽具有较好的降血糖效果,但多为化学合成,长期服用西药会造成机体胰岛素受体敏感性降低,产生胰岛素抵抗等一系列毒副作用,难以有效预防并发症^[1-3]。大量体外研究的结果直接或间接表明,多酚具有一定的降血糖作用。Shimizu 等^[4]发现,茶多酚能够显著抑制人体小肠上皮结肠癌细胞 Caco-2 内葡萄糖的吸收;仇菊等^[5]发现葡萄籽多酚通过修复胰岛损伤促进胰岛素分泌降低空腹血糖水平,改善葡萄糖耐受程度;赵艳威等^[6]发现,苹果多酚可降低糖尿病模型大鼠血糖,其降糖机制与抑制 α -葡萄糖苷酶活性、加强葡萄糖向外周细胞的转运作用有关。开发利用天然、安全、有效的降血糖药物或辅助降血糖功能食品将是防治糖尿病的发展趋势,也是膳食营养干预的重要发展方向^[7,8]。

黑米有“黑珍珠”和“世界米中之王”的佳誉,是一种药食两用的大米。我国不少地方都有生产,具有代表性的有陕西黑米、贵州黑糯米、湖南黑米等。研究表明,黑米中含有矢车菊素-3-葡萄糖苷、芍药素-3-葡萄糖苷等花青苷类多酚物质,它们都是以糖苷形式存在于黑米的米糠之中,其不仅具有极强的抗氧化能力和减肥功效,还对慢性疾病有一定的预防作用^[9,10]。黑米中多酚含量丰富,研究表明多酚具有抗氧化、降血脂、抑制 α -淀粉酶活性等作用,然而黑米中多酚的生理活性,尤其是降血糖活性方面的研究报道相对较少^[11-13]。本文主要研究黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠的作用,以期在黑米今后在食品、医药及饲料中的应用提供基础数据及理论支撑。

2 材料与方法

2.1 主要材料

黑米,市售。

昆明小鼠,购自广州市赛柏诺生物科技有限公司。

主要试剂:四氧嘧啶、福林酚试剂(分析纯,北京索莱宝科技有限公司);正己烷、无水乙醇(分析纯,天津益仁达化工有限公司)、没食子酸(纯度 > 98%, 20 mg, 北京索莱宝科技有限公司);胰岛素测定试剂盒、肝糖原测试盒(南京建成生物工程研究所)。

2.2 仪器与设备

CWS-2 碾米机(北京中慧天诚科技有限公司); AS3120A 超声波提取器(天津奥特赛恩斯仪器有限公司); RE-2000 旋转蒸发器(上海耀特仪器设备有限公司); FD-2B-80 冷冻真空干燥机(上海继谱电子科技有限公司); UV-2006 紫外分光光度计[尤尼柯(上海)科学仪器有限公司]; FB104 电子天平(上海佑科仪器仪表有限公司); A11 基本型研磨粉碎机[艾卡(广州)仪器设备有限公司]; SC-3614 型离心机(安徽中科中佳科学仪器有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 黑米米糠多酚的提取与纯化

黑米用碾米机脱皮得到米糠,过 420 μm 筛取胚芽,得到黑米米糠。用正己烷(1:5, *W/V*)对黑米米糠进行脱脂 2 次,用布氏漏斗抽滤去正己烷,自然风干至有机溶剂完全挥发,得脱脂黑米米糠。脱脂黑米米糠用 70%乙醇溶液超声处理 20 min,之后于 37 $^{\circ}\text{C}$ 条件下搅拌提取 5 h,离心,取上清液用旋转蒸发器浓缩至体积的 1/4,得到黑米米糠多酚粗提物。利用大孔树脂 HPD400A 进行吸附,吸附达到饱和后用浓度 70%乙醇洗脱处理,再经浓缩、冻干处理后得到实验所用黑米米糠多酚,简称 BRP^[14,15]。

2.3.2 总酚含量测定

总酚含量的测定采用 Foiln-Ciocalte 法,用没食子酸做标准物。根据标准曲线 $Y=0.0339X+0.0064$ (相关系数 $r^2=0.9992$),计算 BRP 含量 612.34 mg/100 g^[16]。

2.3.3 糖尿病小鼠模型的建立

实验动物中心提供体重(36 $\pm$ 3) g 雄性清洁级 ICR 小鼠,并适应性喂养 7 d,禁食 12 h,自由饮水。随机分成正常组和模型组,采用四氧嘧啶诱导的糖尿病模型方法,每只小鼠一次性剂量腹腔注射 100 mg/kg 体重的四氧嘧啶。注射 3 d 后空腹血糖浓度大于 11 mmol/L 者即为合格的糖尿病模型小鼠^[17]。

2.3.4 动物分组

随机将四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠分成 5 个灌胃组:阴性对照组,简称 NM(灌胃生理盐水);阳性对照组,简称 PM(灌胃二甲双胍, 500 mg/kg 体重);BRP 低、中、高剂量组,简称 B1、B2、B3(分别灌胃 BRP, 1、2、4 g/kg 体重),每组 10 只。另取 10 只正常小鼠作为正常对照组,简称 NC(灌胃生理盐水)。每天灌胃 1 次,连续灌胃 4 周^[18]。

2.3.5 基本指标测定

每天测定小鼠的饮水量,每周测定 1 次小鼠体重,每周末使用血糖仪测定小鼠,空腹血糖。实验结束后小鼠禁食 12 h,眼球取血,5000 g 离心 15 min 后取血清待用,再测

定胰岛素。小鼠处死后解剖, 取其心、肝、脾、肾脏并测湿重; 再将肝脏制成组织匀浆, 分别测定肝糖元含量。

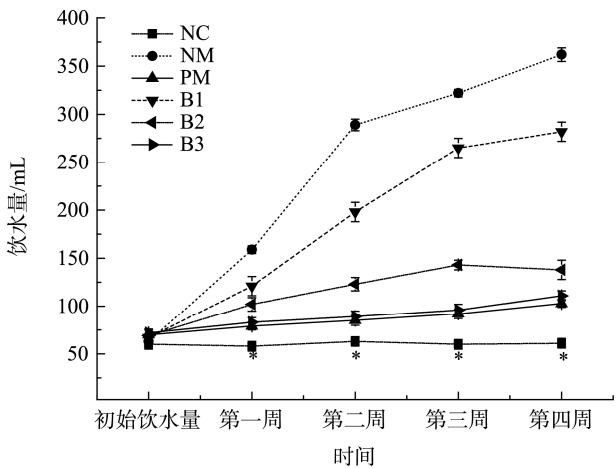
2.4 数据处理

试验数据以平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 SPSS23.0 统计软件对数据进行分析, 多组间比较用单因素方差分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 为差异性不显著。

3 结果与分析

3.1 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠饮水量的影响

由图 1 可知, NC 组小鼠每天饮水量一直稳定在 60 mL 左右, 显著低于其他各组($P < 0.05$)。除 PM、B3 组外, 所有糖尿病组饮水量随着时间推移而增加, 表明多饮多尿的病情在逐渐变重, 其中 NM 饮水量最多, 增加也最快, 第 4 周末达到了 360 mL 左右, 是糖尿病不控制不治疗、其病情并随时间恶化的典型症状。第 4 周末各组饮水量: $NM > B1 > B2 > B3 \approx PM > NC$, 表明 BRP 能有效控制和防止四氧嘧啶诱导的糖尿病多饮多尿症状恶化, BRP 剂量越高, 控制病情恶化的效果越好。



注: *表示显著性差异($P < 0.05$)。

图 1 BRP 对四氧嘧啶诱导的糖尿病饮水量的影响($n=3$)
Fig.1 Effects of BRP on water intake in ALX-induced diabetes mice($n=3$)

3.2 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠体重的影响

由表 1 可知, NC 组小鼠体重随着实验时间的增加一直持续递增, 且体重一直为各组最大; 而阴性对照 NM 组小鼠体重在造模前后体重呈下架趋势, 同时出现了多饮、多尿、多食、体重减轻的典型症状, 且同时期体重较 NC 组差异显著($P < 0.05$); 其他模型组 PM、B1、B2 及 B3 组的体重均较同时期 NC 组的体重低, 可能与腹腔注射四氧嘧啶有一定损伤作用。实验第 3 周后, B2 及 B3 组均显著高于 NM 组($P < 0.05$), 试验第 4 周后, B1、B2 及 B3 组均显著高于 NM 组($P < 0.05$), 且与阳性对照 PM 组无显著差异。结果表明 BRP 和药物二甲双胍能够很好地恢复糖尿病小鼠体重减轻的情况, 且 BRP 含量积累对糖尿病小鼠体重具有恢复作用。

3.3 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠血糖的影响

由图 2 可知, 造模后糖尿病小鼠的初始血糖值显著高于 NC($P < 0.05$)并高于 11.0 mmol/L, 这说明四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠糖尿病模型成功。NM 小鼠的血糖 4 周内一直上升, 血糖值为各组最大, 说明糖尿病病情逐渐加重, 并且与其他糖尿病组相比存在显著的差异($P < 0.05$)。对黑米米糠多酚各组血糖进行对比发现, 黑米米糠多酚摄入量与血糖呈一定剂量效应关系, 黑米米糠多酚各组第 4 周血糖低于初始血糖, 且 B3 组小鼠血糖接近 PM, 说明黑米米糠多酚具有较好的降血糖效果。

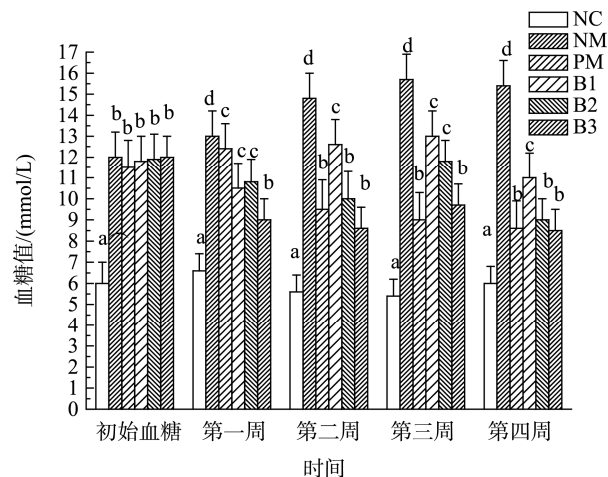
3.4 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠胰岛素的影响

由图 3 可知, B1、B2 及 B3 组小鼠的胰岛素的分泌量均极显著($P < 0.01$)高于 NM 组, B3 组小鼠的胰岛素分泌量极显著($P < 0.01$)高于 B1 和 B2 组, 且 B2 和 B3 组间差异不显著($P < 0.05$), B3 组和 PM 组间差异不显著($P < 0.05$), 说明黑米米糠多酚可以有效刺激小鼠胰岛素的分泌, 且剂量要达一定量才能达到药物效果。

表 1 BRP 对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠体重的影响(g)
Table 1 Effect of BRP on the body weight of ALX-induced diabetic mice(g)

样本	初始体重	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周
NC	36.0±2.1 ^a	37.5±1.9 ^b	38.2±1.5 ^b	38.9±1.3 ^b	39.7±2.2 ^b
NM	36.1±1.5 ^a	33.5±2.0 ^a	34.1±2.0 ^a	33.1±1.0 ^a	32.4±1.1 ^a
PM	35.8±2.6 ^a	35.7±1.7 ^{ab}	36.8±1.7 ^{ab}	37.4±2.2 ^b	38.7±1.5 ^b
B1	36.1±1.4 ^a	33.5±1.0 ^a	35.2±2.1 ^{ab}	35.8±1.6 ^{ab}	36.4±2.0 ^b
B2	35.9±1.7 ^a	34.1±2.5 ^{ab}	35.7±2.3 ^{ab}	36.6±2.4 ^b	37.1±1.8 ^b
B3	35.8±2.4 ^a	34.6±1.8 ^{ab}	36.1±1.0 ^{ab}	37.2±1.8 ^b	38.2±2.1 ^b

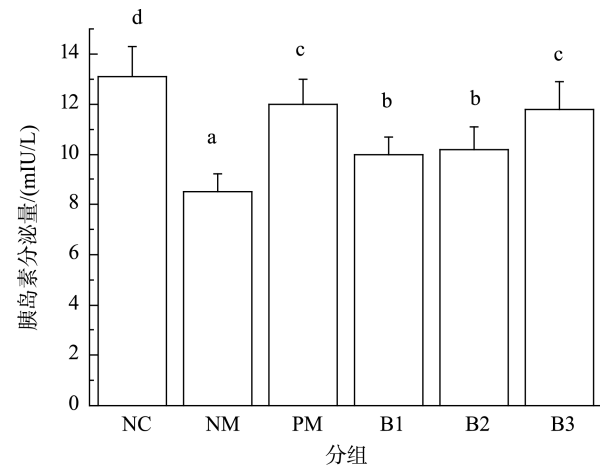
注: 数据表示为平均数±标准差。表中同一列不同字母之间表示显著性差异($P < 0.05$)。



注：数据表示为平均数±标准差。图中同一行不同字母之间表示显著性差异($P<0.05$)。

图 2 BRP 对四氧嘧啶诱导小鼠糖尿病血糖的影响($n=3$)

Fig.2 Effects of BRP on fasting blood glucose in ALX-induced diabetes mice ($n=3$)



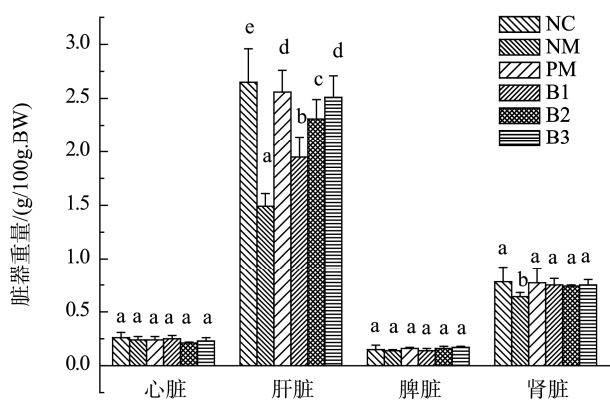
注：数据表示为平均数±标准差。图中同一行不同字母之间表示显著性差异($P<0.05$)。

图 3 BRP 对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠胰岛素的影响($n=3$)

Fig.3 Effects of BRP on insulin in ALX-induced diabetes mice ($n=3$)

3.5 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠脏器系数的影响

由图 4 可知, BRP 灌胃 4 周后各组小鼠的脏器的重量有着不同的差异, NC 组与其他四氧嘧啶诱导糖尿病组在心脏、脾脏的重量无显著变化, 但在肝脏和肾脏上却有显著差异($P<0.05$), 阴性对照组 NM 的肝脏和肾脏重量显著低于其他组, 而灌胃高剂量的 BRP 组小鼠的肝脏和肾脏重量与正常组 NC 和阳性对照组 PM 无显著差异, 由此可以说明灌胃 BRP 对保护糖尿病小鼠的肝脏和肾脏具有一定的作用。



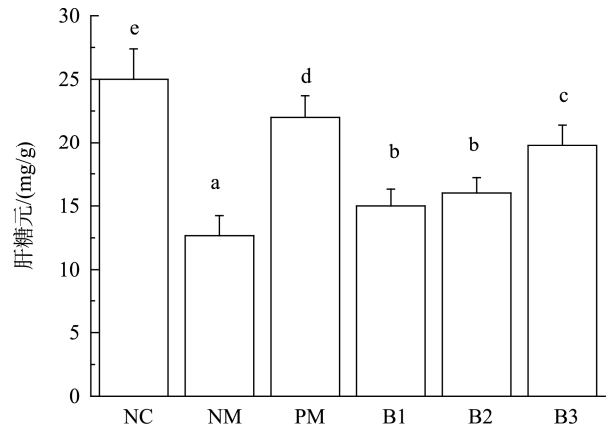
注：数据表示为平均数±标准差。图中同一行不同字母之间表示显著性差异($P<0.05$)。

图 4 BRP 对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠脏器重量的影响($n=3$)

Fig.4 Effects of BRP on organ weight in ALX-induced diabetes mice ($n=3$)

3.6 黑米米糠多酚对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠肝糖原的影响

由图 5 可知, B1、B2 及 B3 组小鼠肝糖元含量显著高于阴性对照组 NM($P<0.05$), 对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠的肝糖元均具有一定的调节作用, 并且随着剂量的增加, 调节能力增强, 肝糖元的含量呈上升趋势, B3 组小鼠肝糖元显著高于 B1 和 B2 组($P<0.05$)。由此说明黑米米糠多酚可以有效刺激小鼠肝糖元的产生。



注：数据表示为平均数±标准差。图中同一行不同字母之间表示显著性差异($P<0.05$)。

图 5 BRP 对四氧嘧啶诱导糖尿病小鼠肝糖元的影响($n=3$)

Fig.5 Effects of BRP on hepatic glycogen in ALX-induced diabetes mice ($n=3$)

4 结 论

黑米作为传统的药食同源的大米, 深受消费者喜爱, 采用四氧嘧啶诱导建立小鼠糖尿病模型, 四氧嘧啶诱导的糖尿病模型成功后, 研究了黑米米糠多酚对糖尿病小鼠血糖的调节作用。实验结果表明: 黑米米糠多酚可以缓解四

氧嘧啶造模糖尿病小鼠的症状,具体表现为减缓多饮、多尿、体重下降的症状;一定程度上减缓糖尿病小鼠血糖增高的趋势,且高剂量的黑米米糠多酚可以显著降低糖尿病小鼠的血糖($P < 0.05$);有效刺激小鼠胰岛素的分泌;有效刺激小鼠肝糖元的产生;保护糖尿病小鼠的肝脏和肾脏具有一定的作用。可能与其组成成分有关,其成分为黄酮类化合物、花青素、阿魏酸等生物活性成分物质,且集中分布在其皮层和胚中。综合而言,黑米米糠多酚显示出了针对糖尿病的辅助治疗能力,为天然提取物在降血糖治疗糖尿病的利用提供了理论依据。

我国黑米米糠的开发和利用前景极为广阔,今后应加大黑米米糠产品的开发研究投入,在制药、保健食品及饲料等方面进行系列开发和产品研制。但总体看来,黑米米糠的基础性研究开展不够,特别是与黑米米糠医药保健应用密切相关的现代医药学基础研究没有展开,黑米米糠中的许多活性物质的化学、药学和药理的研究还不深入,这些问题均有待于我们通过进一步对黑米米糠进行更深入的研究来得到更可靠的结论。

参考文献

- [1] Luo C, Zhang WN, Sheng CQ, *et al.* Chemical composition and antidiabetic activity of *Opuntia milpa alta* extracts [J]. *Chem Biodiversity*, 2010, 7(12): 2869–2879.
- [2] Deutschlander MS, Lall N, VAN DVM, *et al.* Hypoglycemic evaluation of a new triterpene and other compounds isolated from *Euclea undulata* Thunb. var. *myrtina* (Ebenaceae) root bark [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 133: 1091–1095.
- [3] Hamden K, Jaouadi B, Zarai N, *et al.* Inhibitory effects of estrogens on digestive enzymes, insulin deficiency, and pancreas toxicity in diabetic rats [J]. *J Physiol Biochem*, 2011, 67: 121–128.
- [4] Shimizu M, Kobayashi Y, Suzuki M, *et al.* Regulation of intestinal glucose transport by tea catechins [J]. *Biofactors*, 2000, 13(1–4): 61–65.
- [5] 仇菊, 朱宏, 卢林纲. 葡萄籽多酚对糖尿病大鼠的降血糖作用及其机制[J]. *食品科学*, 2018, 39(1): 226–231.
Qiu J, Zhu H, Lu LG. Hypoglycemic effect of grape seed polyphenols in diabetic rats and its underlying mechanism [J]. *Food Sci*, 2018, 39(1): 226–231.
- [6] 赵艳威, 孙静, 宋光明, 等. 苹果多酚的降血糖作用及机制研究[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(7): 72–74.
Zhao YW, Sun J, Song GM, *et al.* Research on the mechanism of apple polyphenol reducing blood glucose in rat model diabetes [J]. *Food Res Dev*, 2014, 35(7): 72–74.
- [7] 王祖哲, 马普, 左爱华, 等. 刺参低聚肽对糖尿病小鼠降血糖作用的研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(8): 85–90.
Wang ZZ, Ma P, Zou AH, *et al.* Hypoglycemic effect of *apostichopus japonicus* oligo-peptides in alloxan-induced diabetic mice [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(8): 85–90.
- [8] 刘迪迪, 邱军强, 张华, 等. 红松松仁提取物对糖尿病小鼠的降血糖活性[J]. *中国食品学报*, 2019, 19(7): 20–28.
Liu DD, Qiu JQ, Zhang H, *et al.* Hypoglycemic activity of the extracts from Korean pine nut on diabetic mice [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2019, 19(7): 20–28.
- [9] 李昌文, 张丽华, 纵伟. 黑米色素的提取工艺及生物活性研究进展[J]. *中国调味品*, 2019, 44(7): 168–170, 175.
Li CW, Zhang LH, Zong W. Research progress on extraction technology and biological activity of black rice pigment [J]. *Chin Cond*, 2019, 44(7): 168–170, 175.
- [10] Ichikawa H, Ichianagi T, Xu B, *et al.* Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice [J]. *J Med Food*, 2001, 4(4): 211–218.
- [11] Zhang MW, Zhang RF, Zhang FX, *et al.* Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(13): 7580–7587.
- [12] 张名位, 郭宝江, 池建伟, 等. 黑米皮的营养与抗氧化评价及其加工处理的保质效果[J]. *农业工程学报*, 2004, (6): 165–169.
Zhang MW, Gou BJ, Chi JW, *et al.* Nutrients and antioxidation of black rice pericarp and the preservation effects of processing techniques [J]. *Transact Chin Soc Agric Eng*, 2004, (6): 165–169.
- [13] Kang YJ, Jung SW, Lee SJ. An optimal extraction solvent and purification adsorbent to produce anthocyanins from black rice (*Oryza sativa* cv. Heuginjubyeo) [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2014, 23(1): 97–106.
- [14] 王立, 王领军, 姚惠源, 等. 黑米及黑米色素的加工与利用[J]. *粮食与饲料工业*, 2004, (6): 11–13, 20.
Wang L, Wang LJ, Yao HY, *et al.* Processing and utilization of black rice and black rice pigment [J]. *Cere Feed Ind*, 2004, (6): 11–13, 20.
- [15] 陈瑞喜, 王璐璐, 陈德蓉, 等. 超声波辅助酶法提取葡萄皮渣多酚工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(9): 198–201.
Chen RX, Wang LL, Chen DR, *et al.* Process optimization for ultrasonic-assisted enzymatic extraction of polyphenols from grape pomace [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(9): 198–201.
- [16] 胡柏, 张宇, 张晖, 等. 红米多酚对体外碳水化合物消化和吸收的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(10): 134–139.
Hu B, Zhang Y, Zhang H, *et al.* Effect of red rice polyphenol on in vitro carbohydrate digestion and adsorption [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2015, 31(10): 134–139.
- [17] 王鹏, 侯宪文, 赵茂臻, 等. 杂粮多酚提取物体外抗氧化能力的分析[J]. *食品科技*, 2017, 42(4): 201–206.
Wang P, Hou XW, Zhao MZ, *et al.* Analysis on the antioxidant capacity of the polyphenolic compounds in cereal extracts [J]. *Food Sci Technol*, 2017, 42(4): 201–206.
- [18] 伊娟娟, 王振宇, 白海娜, 等. 大果沙棘黄酮对四氧嘧啶所致糖尿病小鼠血糖水平的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(6): 347–350.
Yi JJ, Wang ZY, Bai HN, *et al.* Hypoglycemic of flavonoids and various components from *Hippophae rhamnoides* L. in ICR mice with alloxan induced diabetes [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(6): 347–350.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

厉成玲, 住院医师, 主要研究方向为中西医结合内分泌。
E-mail: lichengling1989@126.com

周东浩, 博士, 主任医师, 主要研究方向为内分泌系统疾病。
E-mail: zhoudonghao8888@126.com