

石斛与粉葛体外体内降糖降脂协同作用研究

Synergistic effects of *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii* on hyperglycemic and lipid-lowering between *in vitro* and *in vivo*

许子杨¹ 敬思群¹ 林映君¹ 丁佳敏¹ 周扬¹ 于白音²

XU Zi-yang¹ JING Si-qun¹ LIN Yin-jun¹ DING Jia-min¹ ZHOU Yang¹ YU Bai-yin²

(1. 韶关学院英东食品科学与工程学院, 广东 韶关 512005; 2. 韶关学院英东生命科学学院, 广东 韶关 512005)

(1. Yingdong College of Food Science and Engineering, Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512005, China; 2. Yingdong College of Life Science, Shaoguan University, Shaoguan, Guangdong 512005, China)

摘要:以阿卡波糖作对照,分析了石斛粉葛咀嚼片中石斛与粉葛对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的协同作用;以黑檀体果蝇为试验动物,建立高糖及高脂诱导的果蝇2型糖尿病模型,石斛组、粉葛组、石斛粉葛组分别给药7 d后,以总蛋白、甘油三酯、海藻糖含量为考察指标,研究各试验组对果蝇糖脂代谢的影响,同时分析了粉葛和石斛的协同降糖降脂作用。结果表明:水提液、醇提液各组对 α -葡萄糖苷酶抑制作用均呈剂量—效应关系,水提液抑制作用从强到弱顺序为:阿卡波糖>石斛咀嚼片水提液>石斛粉葛咀嚼片>粉葛咀嚼片水提液,以石斛咀嚼片抑制作用最强,而醇提液以粉葛咀嚼片作用最强,石斛与粉葛无显著的体外降糖协同作用;与模型组相比,石斛粉葛组降低甘油三酯($P<0.01$)及海藻糖($P<0.05$)的效果最佳,石斛和粉葛在体内有协同降糖降脂作用。

关键词:石斛粉葛咀嚼片; α -葡萄糖苷酶;降糖作用;降脂作用;协同作用

Abstract: The synergistic effects were observed on inhibiting α -glucosidase activity between *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii* form self-made chewable tablets by taking the acarbose as control. *Drosophila melanogaster* was used as experimental animal, and the model of II diabetic *Drosophila melanogaster* was prepared by high glucose and high fat feeding. The experiment was divided into model control group, positive control group, *Dendrobium* (D) group, *Pueraria thomsonii* (PT) group and (*Dendrobium* + *Pueraria thomsonii*) (D + PT) group.

基金项目:韶关市科技计划项目社会发展与科技服务专项(编号:2018sn066);2018 韶关学院省级大学生创新创业训练计划项目(编号:201810576048)

作者简介:许子杨,男,韶关学院在读本科生。

通信作者:敬思群(1966—),女,韶关学院教授,博士。

E-mail: jmsiqun@163.com

收稿日期:2019-11-18

After 7 days of lipid-lowering effects between *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii* was analyzed. results showed that all of groups dose-effect perfusion, the total protein, triglycerides and trehalose content were measured. Compared with control group, the influence of experiments on glycolipid metabolism in *Drosophila melanogaster* was researched, respectively. Furthermore, the *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii* showed synergistic relationship on inhibition of α -glucosidase activity. The results showed that each groups of water extract and alcohol extract played a certain role in inhibition of α -glucosidase activity with dose-effect relationship, and the ranking of inhibition effect of water extract groups was acarbose > D > (D+PT) > PT, and among which D group showed strongest effect while PT group was the strongest in the alcohol extract. Therefore, D and PT had no synergistic effects *in vitro*. It was found that D group, PT group and (D+PT) group had the effect of triglycerides and trehalose lowering, but had no significant effect on total protein content ($P>0.05$). Compared to the model group, the the (D+PT) group had the best effect on lowering triglycerides ($P<0.05$) and trehalose ($P<0.01$). It is indicated that *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii* had synergistic effect *in vivo*.

Keywords: chewable tablets made of *Dendrobium* and *Pueraria thomsonii*; hypoglycemic effects; lipid-lowering effects; synergistic effect

医学营养疗法是糖尿病管理的一个重要组成部分^[1],而通过添加药食同源的中药营养的中药营养治疗已成为研究热点并在动物试验获得理想疗效^[2-3]。铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)具有很高的药用价值^[4],其主要功能性成分包括石斛多糖、石斛碱、氨基酸、多肽类、酚类化合物和部分金属元素^[5-6],在所有活性成分中多糖含量是最高的(18%~30%)。多项研究表明,石斛具有降血糖^[7-9]、降血脂^[10-11]、抗肿瘤^[12]、抗氧化^[13-14]、提

高免疫力^[15]等作用。粉葛(*Pueraria thomsonii* Benth)为豆科多年生藤本植物,药用价值高,可促进人脑的血液循环、增强记忆、降低血脂血糖、减肥健美^[16],研究表明粉葛中的化学成分含有异黄酮、三萜类、淀粉及矿物元素等^[17-19],其中粉葛总黄酮具有改善 2 型糖尿病病人胰岛素抵抗的作用^[20]。火山粉葛是中国国家地理标志产品,丹霞铁皮石斛是中国铁皮石斛中的名贵优质品种,仅分布于粤北丹霞地貌岩石上,韶关石斛产业逐步成为粤北地区的特色产业。

咀嚼片是一种服用方便、疗效显著的制剂形式,经咀嚼后崩解时间大大节省,溶解度高,生物利用度也较高。但关于将石斛和粉葛复合研制咀嚼片尚未见报道,也未见关于石斛、粉葛及其食品的系统的体外体内协同降糖降脂作用研究。有报道^[21]表明,石斛、葛根配伍无“十九畏”和“十八反”等配伍禁忌。

试验拟在前人^[22-24]研究的基础上建立高糖、高脂果蝇模型,以海藻糖、甘油三酯、总蛋白含量为考察指标,评价石斛与粉葛体内的降糖降脂作用协同作用,为进一步的机制研究提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

石斛粉葛咀嚼片:实验室自制^[25];

α -葡萄糖苷酶(来源于黑曲霉):S10050-1ku,活力 ≥ 50 Units/mg Protein,上海源叶生物科技有限公司;

对硝基苯基- α -D-吡喃葡萄糖苷(PNPG):含量 $> 98\%$,上海宝曼生物科技有限公司;

阿卡波糖:拜耳医药保健有限公司;

盐酸二甲双胍片:齐鲁制药有限公司;

甘油三酯测定试剂盒:南京建成生物工程研究所;

总蛋白定量测试盒:武汉博士德生物工程有限公司;

海藻糖测定试剂盒:北京索莱宝科技有限公司;

蔗糖、琼脂、玉米粉、酵母粉、蔗糖和棕榈酸等:市售;

黑檀体果蝇:中山大学细胞生物学与遗传实验室;

普通培养基配方:蒸馏水 1 L,酵母 25.000 g,玉米粉 67.050 g,大豆粉 9.180 g,琼脂粉 6.000 g,蔗糖 40.000 g,麦芽糖 42.400 g,对羟基苯甲酸甲酯 0.25 mL,无水乙醇 2.50 mL,丙酸 6.875 g;

高糖培养基配方:普通培养基添加 20% 的蔗糖;

高脂培养基配方:普通培养基添加 20% 的棕榈烯酸。

1.1.2 仪器设备

全波长多功能酶标分析仪:SHE-3000G 型,北京赛尔福知心科技有限公司;

智能光照培养箱:GZ-250-GII 型,韶关广智科技设备

有限公司;

台式高速冷冻离心机:H1650R 型,上海卢湘仪离心机仪器有限公司;

双人单面净化工作:SW CJ-2G 型,苏州博莱尔净化设备有限公司;

体视显微镜:PXS-210 型,梧州奥卡光学仪器有限公司。

1.2 样品制备

1.2.1 石斛粉葛咀嚼片 以丹霞铁皮石斛、火山粉葛为原料,以玉米淀粉、菊粉、甘露醇、木糖醇为辅料,经配料、制软材、湿法造粒、干燥、整粒、压片、包装等工序制作而成。最佳工艺配方为^[25]:原料中石斛:粉葛为 1:4,原辅料比[(石斛+粉葛):辅料(玉米淀粉+菊粉+木糖醇+甘露醇)]为 2:3,辅料配比(玉米淀粉:菊粉:木糖醇:甘露醇)为 4:3:1:1,润湿剂 60% 乙醇的添加量为 0.4 mL/g,硬脂酸镁 1.5%。

1.2.2 醇提液的制备 将咀嚼片粉碎,过 40 目筛,称量 10 g 样品按粉液比 1:20 (g/mL),用 70% 乙醇在 90 °C 条件下回流提取 3 h。将提取液抽滤,分别旋蒸至溶液体积 < 100 mL,使用乙醇定容至 100 mL 容量瓶中,即得 0.1 g/mL 咀嚼片醇提液,备用。

1.2.3 水提液的制备 称量 10 g 样品按粉液比 1:10 (g/mL),用蒸馏水回流提取 3 h。将提取液抽滤,分别旋蒸至溶液体积 < 100 mL,用蒸馏水定容至 100 mL 容量瓶中,即得 0.1 g/mL 咀嚼片水提液,备用。

1.2.4 阿卡波糖溶液的制备 准确称取 5 g 阿卡波糖,放入烧杯中用蒸馏水溶解,定容于 50 mL 容量瓶备用。

1.3 α -葡萄糖苷酶抑制活性

以阿卡波糖为对照。参照蒋莺^[26]的方法(PNPG 法)进行。将反应液置于酶标仪 405 nm 下测定吸光度,每个样品同时做 3 个平行试验。酶活性抑制率按式(1)计算:

$$R = \frac{A_{\text{空白}} - (A_{\text{样品}} - A_{\text{背景}})}{A_{\text{空白}}} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——酶活性抑制率,%;

$A_{\text{空白}}$ ——不加待测样品反应后的吸收值;

$A_{\text{样品}}$ ——加入待测样品反应后的吸收值;

$A_{\text{背景}}$ ——只加待测样品的吸收值。

1.4 果蝇降糖降脂试验

参照段寅慧^[27]的方法进行。果蝇分为正常对照组、模型组、阳性对照组和给药组,以盐酸二甲双胍为阳性对照。给药组又分为石斛组、粉葛组、石斛粉葛组。各组配方见表 1。

将培养 3 d 的雄性果蝇随机分组,正常对照组喂养普通培养基,随机挑选出的果蝇 2 型糖尿病模型喂养高糖培养基、高脂培养基 7 d 后,再随机分为模型组和咀嚼片

表 1 咀嚼片配方

Table 1 Formula of chewable tablet

组别	石斛粉/ g	粉葛粉/ g	玉米淀粉/ g	菊粉/ g	甘露醇/ g	木糖醇/ g	润湿剂 60%乙醇/ (mL · g ⁻¹)	硬脂酸镁/ %
石斛粉葛咀嚼片组	30	120	100	75	25	25	0.4	1.5
粉葛咀嚼片组	0	150	100	75	25	25	0.4	1.5
石斛咀嚼片组	150	0	100	75	25	25	0.4	1.5

给药组,给药组是指在培养基中分别加入石斛粉葛咀嚼片、粉葛咀嚼片、石斛咀嚼片,7 d 后测定蛋白质、甘油三酯和海藻糖指标。果蝇模型试验分组详见表 2。

表 2 果蝇模型试验分组

Table 2 High glucose drosophila model experiment grouping

组别	果蝇数量/只	培养基
正常对照组	30	普通培养基
高糖模型对照组	30	高糖培养基
高脂模型对照组	30	高脂培养基
阳性对照组	30	0.1%二甲双胍+培养基
石斛咀嚼片组	30	6%石斛咀嚼片+培养基
粉葛咀嚼片组	30	6%粉葛咀嚼片+培养基
石斛粉葛咀嚼片组	30	12%石斛粉葛咀嚼片+培养基

海藻糖、甘油三酯、总蛋白含量:按试剂盒方法进行测定。

1.5 数据统计与处理

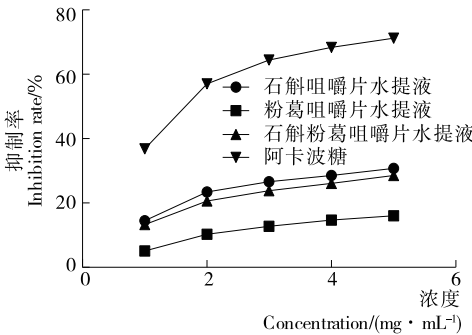
试验数据以“ $X \pm S$ ”表示,统计软件 SPSS 22.0 用于分析差异的意义, $P < 0.05$,显著性差异; $P < 0.01$,极显著性差异,每个试验做 3 个平行。

2 结果与分析

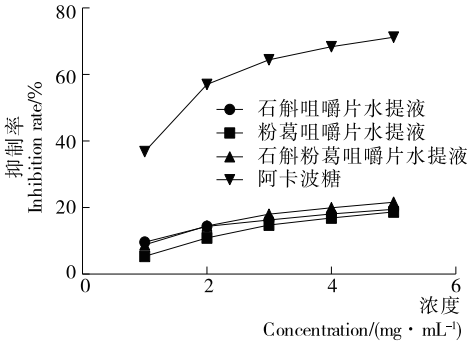
2.1 石斛粉葛咀嚼片对 α -葡萄糖苷酶抑制能力

从图 1 可知,各组对 α -葡萄糖苷酶抑制作用都呈剂量一效应关系。石斛咀嚼片水提液、粉葛咀嚼片水提液、石斛粉葛咀嚼片水提液与阿卡波糖对 α -葡萄糖苷酶抑制活性强弱顺序为:阿卡波糖 > 石斛咀嚼片水提液 > 石斛粉葛咀嚼片水提液 > 粉葛咀嚼片水提液;石斛咀嚼片醇提液、粉葛咀嚼片醇提液、石斛粉葛咀嚼片醇提液对 α -葡萄糖苷酶抑制活性强弱顺序为:阿卡波糖 > 粉葛咀嚼片 > 石斛粉葛咀嚼片醇提液 > 石斛咀嚼片醇提液。各组对 α -葡萄糖苷酶抑制能力都呈剂量一效应关系。当浓度为 5 mg/mL 时,石斛粉葛咀嚼片水提液抑制率为 28.55%,醇提液抑制率为 21.60%,水提液的抑制能力略强于醇提液。综上,石斛粉葛咀嚼片有一定的 α -葡萄糖苷酶活性抑制作用,但弱于阿卡波糖。

多糖是铁皮石斛最主要的化学成分,水溶性好^[28],粉



(a) 水提液抑制作用



(b) 醇提液抑制作用

图 1 α -葡萄糖苷酶抑制活性

Figure 1 Effect of concentration of sample on inhibitory activity of α -glucosidase

葛中主要化学成分为葛根素、大豆苷元等异黄酮类化合物^[29],因此各组咀嚼片的水提液以石斛咀嚼片对 α -葡萄糖苷酶抑制作用最强,而铁皮石斛乙醇提取物中成分众多,主要含有萜类化合物、联苄类、萜类、酚酸类、黄酮、生物碱、挥发油、微量元素等^[30],各组咀嚼片的醇提液以粉葛咀嚼片作用最强,可能是火山粉葛的醇溶性总黄酮含量高所致,有待进一步试验研究。

协同作用分析:水提液对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的 IC_{50} 值由小到大的顺序为:石斛咀嚼片水提液 < 石斛粉葛咀嚼片水提液 < 粉葛咀嚼片水提液,以石斛咀嚼片作用最强,其次是石斛粉葛咀嚼片,粉葛咀嚼片抑制作用最弱;而醇提液对 α -葡萄糖苷酶抑制活性的 IC_{50} 值由小到大的顺序为:粉葛咀嚼片醇提液 < 石斛粉葛咀嚼片醇提液 < 石斛咀嚼片醇提液,以粉葛咀嚼片作用最强,其次是石斛粉葛咀嚼片,石斛咀嚼片抑制作用最弱。因此,石斛与粉葛对 α -葡萄糖苷酶抑制活性无显著的协同作用。

2.2 石斛粉葛咀嚼片对高糖诱导的果蝇 2 型糖尿病模型
脂质代谢的影响

由表 3 可知,高糖模型组与正常组相比,总蛋白含量有所降低,但无显著差别,无统计学意义($P>0.05$);甘油三酯含量升高极显著,有显著统计学意义($P<0.01$);海藻糖含量升高极明显,有明显统计学意义($P<0.01$)。模型建立。给药后,(石斛+粉葛)咀嚼片组与高糖模型组相比,总蛋白含量无显著差别,无统计学意义($P>0.05$);甘油三酯含量和海藻糖含量均极明显降低,有明显统计学意义($P<0.01$)。因此,石斛粉葛咀嚼片有一定的降血糖作用。

2.3 石斛粉葛咀嚼片对高脂诱导的果蝇 2 型糖尿病模型
脂质代谢的影响

由表 4 可知,高脂模型组与正常组相比,总蛋白含量有所降低,但无显著差别,无统计学意义($P>0.05$);甘油三酯含量升高极显著,有显著统计学意义($P<0.01$);海

藻糖含量升高极显著,有显著统计学意义($P<0.01$),模型建立。给药后,(石斛+粉葛)组与高脂模型组相比,总蛋白含量有所升高,但无显著差别,无统计学意义($P>0.05$);甘油三酯含量降低极显著,有显著性差异($P<0.01$);海藻糖含量降低显著,有统计学意义($P<0.05$)。因此,石斛粉葛咀嚼片有一定的降血脂作用。这源于铁皮石斛、粉葛异黄酮化合物及葛根素都有降血糖、降血脂的作用^[31-33]。

2.4 石斛、粉葛协同降糖降脂作用

由表 5 可知:高糖组、高脂组中,皆以(石斛+粉葛)组降脂作用最强,其次是石斛组,最弱的是粉葛组,石斛与粉葛合用效果都优于各自单独使用效果,因此石斛与粉葛有体内协同降糖降脂作用。

体内试验表明,石斛和粉葛具有协同辅助降糖降血脂作用。石斛与粉葛在体外降糖试验中未显示协同降糖作用,但在体内试验中却显示有协同作用。

表 3 高糖模型组果蝇的总蛋白质含量、
甘油三酯含量、海藻糖含量[†]

Table 3 The total protein content, triglyceride content and
trehalose content of hyperglycemia model group

组别	总蛋白含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	甘油三酯含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$)	海藻糖含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)
正常组	3.62 ± 0.21	0.28 ± 0.02	2.44 ± 0.03
高糖模型组	3.51 ± 0.09	$0.83 \pm 0.05^{**}$	$5.81 \pm 0.16^{**}$
阳性对照组	3.58 ± 0.05	$0.32 \pm 0.04^{##}$	$3.21 \pm 0.09^{##}$
咀嚼片组	3.51 ± 0.06	$0.35 \pm 0.02^{##}$	$3.59 \pm 0.03^{##}$

[†] “*”表示与空白组比较 $P<0.05$,“**”表示与空白组比较 $P<0.01$;“#”表示与模型组比较 $P<0.05$,“##”表示与模型组比较 $P<0.01$ 。

表 4 高脂模型组总蛋白质含量、甘油三酯
含量、海藻糖含量[†]

Table 4 Total protein content, triglyceride content and
trehalose content of high-fat model group

组别	总蛋白含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	甘油三酯含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$)	海藻糖含量/ ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)
正常组	3.62 ± 0.21	0.28 ± 0.02	2.44 ± 0.03
高脂模型组	3.50 ± 0.06	$1.57 \pm 0.09^{**}$	$4.12 \pm 0.13^{**}$
阳性对照组	3.60 ± 0.02	$0.44 \pm 0.11^{##}$	$2.85 \pm 0.10^{##}$
咀嚼片组	3.93 ± 0.04	$0.59 \pm 0.03^{##}$	$3.56 \pm 0.01^{##}$

[†] “*”表示与空白组比较 $P<0.05$,“**”表示与空白组比较 $P<0.01$;“#”表示与模型组比较 $P<0.05$,“##”表示与模型组比较 $P<0.01$ 。

表 5 石斛和粉葛协同降糖降脂作用分析(给药 7 d 后)

Table 5 Analysis of hypoglycemic and lipid-lowering synergistic effects between *Dendrobium* and
Pueraria thomsonii after 7 d medication

组别	总蛋白含量/($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)		甘油三酯含量/($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$)		海藻糖含量/($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	高糖组	高脂组	高糖组	高脂组	高糖组	高脂组
石斛组	3.96 ± 0.05	4.17 ± 0.04	0.45 ± 0.04	0.91 ± 0.03	4.29 ± 0.05	3.75 ± 0.02
粉葛组	4.52 ± 0.04	3.78 ± 0.01	0.52 ± 0.08	1.02 ± 0.01	4.88 ± 0.06	3.79 ± 0.02
(石斛+粉葛)组	3.51 ± 0.06	3.93 ± 0.04	0.35 ± 0.02	0.59 ± 0.03	3.59 ± 0.03	3.56 ± 0.01

3 结论

各组咀嚼片的水提液、醇提液对 α -葡萄糖苷酶抑制作用皆呈剂量效应关系。咀嚼片水提液以石斛咀嚼片作用最强,咀嚼片醇提液以粉葛咀嚼片抑制作用强,而水提液的抑制作用略强于醇提液,多糖是石斛的主要有效成分,醇溶性总黄酮是粉葛的主要有效成分,可以推测石斛体外降糖活性要强于火山粉葛;石斛组、粉葛组和(石斛+粉葛)组对高糖高脂诱导的果蝇模型的甘油三酯含

量及海藻糖含量均有降低作用,但对蛋白质含量无显著影响,其中以(石斛+粉葛)组作用效果最佳,说明石斛和粉葛具有体内协同降糖降脂作用。

试验发现石斛和粉葛体外降糖作用与体内降糖作用不一致,与尹红力等^[34]关于黑木耳多糖报道不一致,除了原料不同以外,更重要的是体内代谢通路可能存在一些调节因子在起作用,因此关于石斛和粉葛协同降糖降脂机制还有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 刘东波, 周佳丽, 李坚, 等. 营养干预在糖尿病治疗中的研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 1-11.
- [2] 贺珍, 秦昉, 陈洁, 等. 食品多酚对2型糖尿病及其代谢综合征的干预研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 202-206.
- [3] 柳萍, 陈伟, 张家瑜, 等. 富含膳食纤维主食对2型糖尿病患者糖代谢效应的影响[J]. 中国临床医生杂志, 2016, 44(6): 24-28.
- [4] 陈素红, 颜美秋, 吕圭源, 等. 铁皮石斛保健食品开发现状与进展[J]. 中国药学杂志, 2013, 48(19): 1 625-1 628.
- [5] NG T B, LIU J, WONG J H, et al. Review of research on *Dendrobium*, a prized folk medicine [J]. Applied Microbiology & Biotechnology, 2012, 93(5): 795-803.
- [6] HUA Yun-fen, ZHANG Ming, FU Cheng-xin, et al. Structural characterization of a 2-O-acetylglucomannan from *Dendrobium officinale* stem[J]. Carbohydrate Research, 2004, 339(13): 2 219-2 224.
- [7] 谭青云, 袁永俊, 王丹, 等. 不同提取方式对铁皮石斛多糖及体外降血糖的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(6): 202-206.
- [8] 马忠宾. 铁皮石斛降血糖作用的研究概况[J]. 首都食品与医药, 2018, 25(5): 101-102.
- [9] 吴昊妹, 徐建华, 陈立钻, 等. 铁皮石斛降血糖作用及其机制的研究[J]. 中国中药杂志, 2004(2): 69-72.
- [10] 姚尧, 赵路, 李军珂. 铁皮石斛水提取物对糖尿病小鼠肠道微生物及脂类代谢的影响[J]. 中医药信息, 2019, 36(2): 44-49.
- [11] 樊溢. 铁皮石斛多糖体内外降糖降脂功能初探[D]. 太原: 山西大学, 2018: 31.
- [12] ZHAO Yi, LI Bing-tao, WANG Gao-yu, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharides inhibit 1-methyl-2-nitro-1-nitrosoguanidine induced precancerous lesions of gastric cancer in rats through regulating wnt/ β -catenin pathway and altering serum endogenous metabolites[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2019, 24(14): 2 660.
- [13] 魏明, 刘艳艳, 蔡为荣, 等. 霍山石斛多酚超声波辅助提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 136-140.
- [14] ZHANG Xin-feng, ZHANG Si-jie, GAO Bei-bei, et al. Identification and quantitative analysis of phenolic glycosides with antioxidant activity in methanolic extract of *Dendrobium catenatum* flowers and selection of quality control herb-markers [J]. Food Research International, 2019, 123: 732-745.
- [15] XIA Lin-jing, LIU Xiao-fei, GUO Hui-yuan, et al. Partial characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from the stem of *Dendrobium officinale* (*Tiepishihu*) in vitro[J]. Journal of Functional Foods, 2012, 4(1): 294-301.
- [16] 梁洁, 李琳, 唐汉军. 葛的功能营养特性与开发应用现状[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 217-224.
- [17] 潘俊, 匡慕予, 田浩, 等. 粉葛中葛根素提取工艺的优化及其提取物抗氧化活性[J]. 中成药, 2018, 40(11): 2 430-2 436.
- [18] 李甜甜, 傅舒, 刘晓风, 等. 酶法结合超声波提取粉葛葛根素的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(13): 175-179.
- [19] 王辉, 刘长路. 微波辅助乙醇提取葛根素技术研究[J]. 绿色科技, 2015(9): 308-309.
- [20] 许凯霞, 魏风华, 郭亚菲, 等. 葛根咀嚼片降糖、降脂及抗氧化作用研究[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(2): 260-263.
- [21] 李志, 王升贵, 唐川. 霍山石斛姜黄葛根胶囊安全性研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(24): 140-144, 187.
- [22] PASCO M Y, PIERRE L. High sugar-induced insulin resistance in *Drosophila* relies on the lipocalin *Neural lazaro* [J]. PLoS ONE, 2012, 7(5): e36583.
- [23] PALANKER ML, FINK J L, et al. A high-sugar diet produces obesity and insulin resistance in wild-type *Drosophila* [J]. Disease Models & Mechanisms, 2011, 4(6): 842-849.
- [24] HIMANSHU PG, RAKKESH RJ, HUMAIRA A, et al. Xenobiotic mediated diabetogenesis: Developmental exposure to dichlorvos or atrazine leads to type 1 or type 2 diabetes in *Drosophila* [J]. Free Radical Biology and Medicine, 2019, 141: 461-474.
- [25] 周扬, 龙成, 许子杨, 等. 石斛粉葛咀嚼片的制备及其抗氧化活性[J/OL]. 食品工业科技. [2019-12-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20191209.1619.013.html>.
- [26] 蒋莺. 柿蒂中三萜类化合物提取、纯化工艺及 α -葡萄糖苷酶抑制作用初步研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 36-38.
- [27] 段寅慧. 清化痰热方对果蝇2型糖尿病模型糖脂代谢的影响[D]. 南京: 南京中医药大学, 2014: 14-21.
- [28] 张帮磊, 杨豪男, 沈晓静, 等. 铁皮石斛化学成分及其药理功效研究进展[J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 54(6): 3, 8.
- [29] 吴艳芳, 王新胜, 殷婕, 等. 野葛与粉葛总黄酮提取方法的比较[J]. 中国现代中药, 2011, 13(3): 38-39, 49.
- [30] 颜美秋, 苏洁, 俞静静, 等. 铁皮石斛醇提取物对复合饮食因素所致代谢性高血压大鼠的作用及物质基础研究[J/OL]. 中国中药杂志. [2019-09-03]. <https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcmm.20190610.401>.
- [31] 潘俊, 匡慕予, 田浩, 等. 粉葛中葛根素提取工艺的优化及其提取物抗氧化活性[J]. 中成药, 2018, 40(11): 2 430-2 436.
- [32] 谭青云, 袁永俊, 王丹, 等. 不同提取方式对铁皮石斛多糖及体外降血糖的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(6): 202-206.
- [33] 张再超, 叶希韵, 徐敏华, 等. 葛根黄酮降血糖防治糖尿病并发症的实验研究[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2010(2): 77-81.
- [34] 尹红力, 赵鑫, 佟丽丽, 等. 黑木耳多糖体外和体内降血糖功能[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 221-226.