

## 论著

## 不同产地蜂胶改善糖尿病大鼠氧化应激功效的比较研究

张楠楠<sup>1,2</sup>,吴健全<sup>2</sup>,高蔚娜<sup>2</sup>,韦京豫<sup>2</sup>,蒲玲玲<sup>2</sup>,焦昌娅<sup>3</sup>,郭长江<sup>2</sup>,常红<sup>1</sup>

(1. 天津医科大学公共卫生学院,天津 300070; 2. 军事医学科学院卫生学环境医学研究所,天津 300050; 3. 汤臣倍健股份有限公司 营养与健康研究中心,广东 广州 510620)

**摘要:**目的 比较不同产地蜂胶对糖尿病大鼠氧化应激的改善效果。方法 雄性 Wistar 大鼠,以腹腔注射链脲佐菌素(STZ)建立糖尿病模型,按照血糖水平,分为模型对照组、国产蜂胶 1 组、国产蜂胶 2 组、国产蜂胶 3 组以及巴西绿蜂胶组,10 只/组,同一批次的 10 只正常雄性 Wistar 大鼠为正常对照组。蜂胶组每天灌胃相应的蜂胶混悬液,模型对照组和正常对照组每天灌胃相同体积的溶剂,灌胃时间持续 30 d。干预结束后,测定空腹血糖,取血液、肝脏、肌肉,测定总抗氧化力、还原型谷胱甘肽(GSH)、丙二醛(MDA)水平,以及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和超氧化物歧化酶(SOD)活性。结果 4 种蜂胶均能降低糖尿病大鼠的空腹血糖。国产蜂胶 2 能够较好地提高糖尿病大鼠肌肉的总抗氧化力,国产蜂胶 3 在提高肝脏的总抗氧化力、GSH 含量以及肌肉的 GSH 含量、GSH-Px 活性,降低肌肉 MDA 含量方面效果较好,巴西绿蜂胶在降低血浆 MDA 含量,提高血浆 GSH 含量、肝脏 SOD 活性方面效果较突出。结论 4 种蜂胶均能降低糖尿病大鼠血糖水平;4 种蜂胶均能有效地改善糖尿病大鼠的氧化应激,但是由于成分的差异,改善的程度有所不同。

**关键词:**糖尿病;大鼠;氧化应激;蜂胶

中图分类号:R15;R587.1;S896.6 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)01-0023-04

### The comparative study on improvement of oxidative stress in rats with diabetes mellitus by propolis from different origin

ZHANG Nan-nan, WU Jian-quan, GAO Wei-na, WEI Jing-yu,  
PU Ling-ling, JIAO Chang-ya, GUO Chang-jiang, CHANG Hong

(College of Public Health, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

**Abstract: Objective** To compare the effects of propolis from different origin on the antioxidant function in rats with diabetes mellitus. **Methods** Diabetes mellitus was induced in male Wistar rats by intraperitoneal injection of STZ dissolved in citrate buffer solution. Fifty induced rats were divided into five groups, 10 rats each, according to fasting blood glucose, i. e. model control group, NO. 1 Chinese propolis, NO. 2 Chinese propolis, NO. 3 Chinese propolis and Brazilian propolis. 10 normal male Wistar rats were used as the normal control group. The corresponding propolis suspension was daily administrated for 4 weeks to propolis groups, and the same volume of solvent was administrated to normal and model control groups. The fasting glucose level was measured for each groups at the end of the intervention. Plasma, liver and muscle antioxidant capacity, contents of reduced glutathione, malonaldehyde, and antioxidant enzyme activities, including glutathione peroxidase and superoxide dismutase were measured. **Results** All the propolis could decrease the serum glucose level of the STZ-induced diabetes mellitus rats and improve the antioxidant function to certain degrees. NO. 2 Chinese propolis could improve the muscle's antioxidant capacity of diabetes rats, better than the others. NO. 3 Chinese propolis have a better effect on the DM rats liver's antioxidant capacity and contents of glutathione, and could improve the muscle's contents of glutathione and glutathione peroxidase's activity. The Brazilian propolis can better decrease the contents of serum malonaldehyde, increase the contents of serum GSH, and improve the DM rats liver's SOD activity. **Conclusion** All the four propolis could decrease the serum glucose level and increase the antioxidant capacity at different level by different ways.

**Key words:** Diabetes mellitus; rats; oxidative stress; propolis

收稿日期:2013-09-24

基金项目:汤臣倍健营养科学研究基金(TY0111102)

作者简介:张楠楠 女 硕士生 研究方向为营养与食品卫生 E-mail:pumpkin1604@163.com.

通讯作者:郭长江 男 研究员 研究方向为营养与慢性病 E-mail:guocjtj@126.com;

常红 女 教授 研究方向为运动营养、营养与疾病 E-mail:changhong@tjmu.edu.cn

蜂胶是蜜蜂从植物的芽苞、树皮、或茎干伤口上采集来的黏性分泌物, 连同其上颚分泌物、部分蜂蜡混合形成的柔软而带有黏性的固体胶状物质<sup>[1]</sup>, 主要含有黄酮类、萜稀类、有机酸和大量的氨基酸、酶类、B族维生素、维生素E和维生素A, 以及矿物质等生物活性成分<sup>[2]</sup>。

研究表明, 随着自由基生成增加, 导致机体抗氧化能力减弱, 引起细胞的氧化损伤, 可能会促进胰岛 $\beta$ 细胞的功能异常<sup>[3-4]</sup>, 是糖尿病并发症产生的重要原因。蜂胶中丰富的黄酮类以及萜稀类等物质, 具有很好的抗氧化作用<sup>[5]</sup>, 可以清除体内的自由基, 减少脂质过氧化物和脂褐素的生成与沉积, 保护细胞膜、增强细胞活力, 调节组织器官的功能, 从而改善糖尿病的症状<sup>[6]</sup>。但是不同蜂胶成分差别较大, 因此其作用可能也有差异<sup>[7]</sup>。

近年来, 关于蜂胶降血糖以及抗氧化应激作用的研究日益增多, 但是针对多种不同蜂胶的比较研究却鲜有报道。本研究在比较不同产地的蜂胶对糖尿病大鼠血糖影响的同时, 检测了多个组织器官的氧化应激相关指标, 以评价不同产地原料蜂胶对糖尿病机体氧化应激的改善作用情况。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 实验动物

SPF级雄性Wistar大鼠100只, 由军事医学科学院动物中心提供[许可证号: SCXK-(军)2007-004], 体重180.87~224.28g之间, 平均体重(198.32±8.33)g。适应性喂养2d。

#### 1.1.2 仪器与试剂

UQuant 200-99 超级酶标仪(美国BioTek)、电子天平(感量0.1mg)、WFZ UV-4802H型Unico紫外-可见分光光度计、离心机、XW-80A型微型旋涡混合仪、振荡恒温水浴箱。

国产蜂胶1(产自北京)、国产蜂胶2(产自新疆)、国产蜂胶3(产自山东)、绿蜂胶(产自巴西)、链脲佐菌素(STZ, 美国Sigma公司)、葡萄糖测定试剂盒(中生北控生物科技股份有限公司)、超氧化物歧化酶(SOD)试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)试剂盒、还原型谷胱甘肽(GSH)试剂盒(均购自南京建成科技有限公司), 其他试剂均为国产分析纯。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 糖尿病模型建立

100只Wistar大鼠中随机选择10只作为正常组, 剩余90只, 一次性腹腔注射STZ 60mg/kg, 观察喂养5d, 禁食过夜, 尾静脉取血测空腹血糖, 血糖值

在10mmol/L以上为糖尿病模型成功大鼠。

#### 1.2.2 实验动物分组以及给药方法

按照血糖值, 将50只糖尿病成型大鼠分为5组, 各组之间平均血糖值差异无统计学意义。分别为国产蜂胶1组、国产蜂胶2组、国产蜂胶3组、巴西绿蜂胶以及模型对照组, 10只/组, 另外10只正常雄性Wistar大鼠作为正常对照组。

蜂胶样品经过冷冻干燥后磨碎, 按照0.167g/ml的浓度, 在植物油中制成混悬液, -20℃冰箱保存。

蜂胶组灌胃相应的蜂胶混悬液, 模型对照组和正常对照组均灌胃植物油, 灌胃剂量均为0.1ml/200g体重。

#### 1.2.3 检测指标

灌胃时间持续1个月, 禁食不禁水过夜, 采集大鼠血液、肝脏、肌肉, 测定血浆、肝脏和肌肉中的总抗氧化力、MDA含量、GSH含量以及GSH-Px和SOD活性。总抗氧化力采用FRAP法<sup>[8]</sup>, MDA含量采用硫代巴比妥酸法<sup>[8]</sup>, GSH含量以及GSH-Px和SOD的活性采用试剂盒的方法。

### 1.3 统计学分析

运用SPSS 17.0统计软件, 对数据进行单因素方差分析, 两两比较采用LSD或Dunnett's分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义, 所用数据均用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

## 2 结果

### 2.1 空腹血糖

由表1可知, 除正常对照组外, 试验开始时其余5组血糖水平差异无统计学意义。灌胃15d后, 各蜂胶组与模型对照组相比, 空腹血糖均下降, 差异有统计学意义; 灌胃30d后, 各蜂胶组的空腹血糖与模型对照组相比下降, 差异有统计学意义( $P < 0.01$ ), 但各蜂胶组之间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

表1 灌胃30d空腹血糖的变化( $\bar{x} \pm s, n = 10, \text{mmol/L}$ )

Table 1 Effects of propolis on fast blood glucose in diabetic rats

组别	0 d	15 d	30 d
正常对照组	1.96 ± 0.66	1.82 ± 0.43	2.20 ± 0.66
模型对照组	16.57 ± 4.54 <sup>##</sup>	17.45 ± 2.35 <sup>##</sup>	19.95 ± 3.87 <sup>##</sup>
国产蜂胶1组	16.65 ± 5.07	14.70 ± 2.38 <sup>*</sup>	12.22 ± 0.98 <sup>**</sup>
国产蜂胶2组	16.69 ± 3.67	14.44 ± 1.77 <sup>**</sup>	13.28 ± 3.54 <sup>**</sup>
国产蜂胶3组	16.96 ± 2.27	15.24 ± 2.61 <sup>*</sup>	13.84 ± 1.96 <sup>**</sup>
巴西绿蜂胶组	16.88 ± 2.33	14.44 ± 2.14 <sup>**</sup>	11.87 ± 0.58 <sup>**</sup>

注: ##表示与正常对照组相比 $P < 0.01$ ; \*表示与模型对照组相比 $P < 0.05$ ; \*\*表示与模型对照组相比 $P < 0.01$ 。

### 2.2 血浆中的氧化、抗氧化指标

与正常对照组比较, 模型对照组总抗氧化力、GSH含量、GSH-Px和SOD活性均下降( $P < 0.01$ ), MDA含量增加( $P < 0.01$ )。与模型对照组相比, 国产蜂胶1组和国产蜂胶3组的总抗氧化力

增强( $P < 0.05$ ),另外,国产蜂胶 1 组总抗氧化能力高于巴西绿蜂胶组( $P < 0.05$ );蜂胶组的 GSH 含量增加( $P < 0.05$ );巴西绿蜂胶组的 MDA 含量下降( $P < 0.05$ ),且低于国产蜂胶 1 组和国产蜂胶 2 组( $P < 0.05$ );蜂胶组的 SOD 的含量均增加

( $P < 0.05$ );蜂胶组血浆中的 GSH-Px 酶活性差异无统计学意义。4 种蜂胶可以使全血 GSH 恢复到正常水平,巴西绿蜂胶可以降低 MDA 水平,该组血清 MDA 水平与正常对照组相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),结果见表 2。

表 2 血浆中氧化、抗氧化指标( $\bar{x} \pm s, n = 10$ )

Table 2 Effects of propolis on serum oxidative stress in diabetic rats

组别	FRAP/(mmol/L)	全血 GSH/( $\mu\text{mol/L}$ )	GSH-Px/(U/ml)	MDA/(nmol/ml)	SOD/(U/ml)
正常对照组	59.05 $\pm$ 11.39	236.46 $\pm$ 71.01	2867.96 $\pm$ 100.80	8.17 $\pm$ 1.90	422.83 $\pm$ 45.35
模型对照组	21.00 $\pm$ 4.38 <sup>##</sup>	117.82 $\pm$ 50.75 <sup>##</sup>	2524.65 $\pm$ 270.54 <sup>##</sup>	10.29 $\pm$ 0.61 <sup>##</sup>	303.60 $\pm$ 46.74 <sup>##</sup>
国产蜂胶 1 组	31.90 $\pm$ 6.30 <sup>**</sup>	236.46 $\pm$ 39.53 <sup>**</sup>	2678.87 $\pm$ 176.62	10.19 $\pm$ 0.81 <sup>d</sup>	344.68 $\pm$ 26.39 <sup>*</sup>
国产蜂胶 2 组	27.17 $\pm$ 5.05	207.89 $\pm$ 36.54 <sup>*</sup>	2610.21 $\pm$ 178.78	10.12 $\pm$ 1.88 <sup>d</sup>	368.67 $\pm$ 16.81 <sup>**</sup>
国产蜂胶 3 组	28.53 $\pm$ 7.87 <sup>*</sup>	236.19 $\pm$ 80.75 <sup>**</sup>	2556.34 $\pm$ 183.58	9.75 $\pm$ 1.60	359.27 $\pm$ 19.37 <sup>**</sup>
巴西绿蜂胶组	23.92 $\pm$ 4.43 <sup>a</sup>	236.79 $\pm$ 50.17 <sup>**</sup>	2666.80 $\pm$ 208.31	8.52 $\pm$ 1.70 <sup>*</sup>	364.56 $\pm$ 14.22 <sup>**</sup>

注:##表示与正常对照组相比  $P < 0.01$ , \* 表示与模型对照组相比  $P < 0.05$ , \*\* 表示与模型对照组相比  $P < 0.01$ ; a 表示与国产蜂胶 1 组比较  $P < 0.05$ , d 表示与巴西绿蜂胶组比较  $P < 0.05$ 。

### 2.3 肝脏中的氧化、抗氧化指标

模型对照组的肝脏总抗氧化力、GSH 含量、GSH-Px 和 SOD 活性与正常对照组相比下降( $P < 0.05$ )。与模型对照组相比,国产蜂胶 2 组、国产蜂胶 3 组以及巴西绿蜂胶组的总抗氧化力增强( $P < 0.05$ );国产蜂胶 3 组的 GSH 水平升高( $P < 0.05$ );国产蜂胶 1 组的 GSH-Px 活性增强( $P < 0.05$ );国产蜂胶 1 组、国产

蜂胶 2 组以及巴西绿蜂胶组的 SOD 活性提高( $P < 0.05$ );各蜂胶组的 MDA 含量均有一定程度的下降,但差异无统计学意义。国产蜂胶 1 组的 GSH-Px、SOD 活性,国产蜂胶 2 组的总抗氧化力、SOD 活性,国产蜂胶 3 组的总抗氧化力、GSH 含量,巴西绿蜂胶组的总抗氧化力、SOD 活性与正常对照组比较差异无统计学意义,均恢复到正常水平,结果见表 3。

表 3 肝脏中的氧化、抗氧化指标( $\bar{x} \pm s, n = 10$ )

Table 3 Effects of propolis on hepatic oxidative stress in diabetic rats

组别	FRAP/(mmol/g·prot)	GSH/( $\mu\text{mol/g}\cdot\text{prot}$ )	GSH-Px/(U/mg·prot)	MDA/(nmol/mg·prot)	SOD/(U/mg·prot)
正常对照组	40.94 $\pm$ 12.63	99.98 $\pm$ 32.24	195.17 $\pm$ 31.53	1.54 $\pm$ 0.63	100.51 $\pm$ 18.37
模型对照组	23.48 $\pm$ 5.58 <sup>##</sup>	66.81 $\pm$ 26.75 <sup>#</sup>	142.70 $\pm$ 36.13 <sup>#</sup>	1.93 $\pm$ 0.66	71.06 $\pm$ 18.60 <sup>##</sup>
国产蜂胶 1 组	29.06 $\pm$ 7.36	82.16 $\pm$ 32.64	184.81 $\pm$ 49.93 <sup>*</sup>	1.40 $\pm$ 0.55	91.12 $\pm$ 17.42 <sup>*</sup>
国产蜂胶 2 组	32.91 $\pm$ 7.87 <sup>*</sup>	92.65 $\pm$ 20.21	174.06 $\pm$ 16.61	1.92 $\pm$ 0.28	97.17 $\pm$ 11.21 <sup>**</sup>
国产蜂胶 3 组	34.62 $\pm$ 10.81 <sup>**</sup>	97.90 $\pm$ 20.69 <sup>*</sup>	170.98 $\pm$ 50.58	1.76 $\pm$ 0.56	85.29 $\pm$ 16.96
巴西绿蜂胶组	30.54 $\pm$ 8.50 <sup>*</sup>	93.63 $\pm$ 34.51	180.34 $\pm$ 37.13	1.58 $\pm$ 0.42	98.78 $\pm$ 16.05 <sup>*</sup>

注:#表示模型对照组与正常对照组相比  $P < 0.05$ , ##表示模型对照组与正常对照组相比  $P < 0.01$ ; \* 表示各蜂胶组与模型对照组相比  $P < 0.05$ , \*\* 表示各蜂胶组与模型对照组相比  $P < 0.01$ 。

### 2.4 肌肉中的氧化、抗氧化指标

与正常对照组相比,模型对照组的总抗氧化力、GSH、SOD 水平下降( $P < 0.05$ ),MDA 含量增加( $P < 0.01$ )。与模型对照组相比,国产蜂胶 2 组和巴西绿蜂胶组的总抗氧化力增强( $P < 0.05$ );蜂胶组的 GSH 含量均提高( $P < 0.05$ );国产蜂胶 3 组的 GSH-Px 活性增强( $P < 0.05$ ),且国产蜂胶 1 组与国产蜂胶 3 组相比差异有统计学意义( $P <$

$0.05$ );各蜂胶组的 MDA 含量均下降( $P < 0.05$ ),国产蜂胶 2 组与国产蜂胶 3 组相比差异有统计学意义( $P < 0.05$ );各蜂胶组的 SOD 水平差异无统计学意义。国产蜂胶 1 组的 GSH 含量,国产蜂胶 2 组的总抗氧化力、GSH 含量,国产蜂胶 3 组的 GSH 含量、GSH-Px 活性、MDA 含量,巴西绿蜂胶组的 GSH 和 MDA 含量均与对照组差异无统计学意义,结果见表 4。

表 4 肌肉中的氧化、抗氧化指标( $\bar{x} \pm s, n = 10$ )

Table 4 Effects of propolis on muscle oxidative stress in diabetic rats

组别	FRAP/(mmol/g·prot)	GSH/( $\mu\text{mol/g}\cdot\text{prot}$ )	GSH-Px/(U/mg·prot)	MDA/(nmol/mg·prot)	SOD/(U/mg·prot)
正常对照组	10.16 $\pm$ 0.78	7.57 $\pm$ 3.89	57.90 $\pm$ 2.33	0.47 $\pm$ 0.02	263.08 $\pm$ 28.57
模型对照组	8.12 $\pm$ 0.52 <sup>##</sup>	4.19 $\pm$ 1.25 <sup>##</sup>	49.32 $\pm$ 12.93	3.43 $\pm$ 1.30 <sup>##</sup>	231.43 $\pm$ 24.91 <sup>#</sup>
国产蜂胶 1 组	8.75 $\pm$ 1.33	6.56 $\pm$ 0.86 <sup>*</sup>	43.72 $\pm$ 6.64 <sup>c</sup>	1.91 $\pm$ 0.80 <sup>**</sup>	252.62 $\pm$ 41.08
国产蜂胶 2 组	9.42 $\pm$ 0.77 <sup>**</sup>	6.98 $\pm$ 1.48 <sup>*</sup>	52.27 $\pm$ 9.37	2.01 $\pm$ 0.58 <sup>*c</sup>	260.06 $\pm$ 25.40
国产蜂胶 3 组	9.00 $\pm$ 1.04	7.52 $\pm$ 1.32 <sup>**</sup>	60.44 $\pm$ 11.71 <sup>*</sup>	0.95 $\pm$ 0.31 <sup>**</sup>	255.40 $\pm$ 18.50
巴西绿蜂胶组	9.24 $\pm$ 0.78 <sup>*</sup>	7.01 $\pm$ 1.31 <sup>*</sup>	53.63 $\pm$ 7.92	1.40 $\pm$ 0.29 <sup>**</sup>	260.89 $\pm$ 23.35

注:#表示与模型对照组与正常对照组相比  $P < 0.05$ , ##表示模型对照组与正常对照组相比  $P < 0.01$ ; \* 表示与模型对照组相比  $P < 0.05$ , \*\* 表示与模型对照组相比  $P < 0.01$ ; c 表示其余蜂胶组与国产蜂胶 3 组比较  $P < 0.05$ 。

### 3 讨论

空腹血糖的异常升高是糖尿病的首要症状,持续的高血糖能够影响全身的细胞、组织、器官<sup>[9]</sup>。本研究中,大鼠腹腔注射 STZ 后,空腹血糖水平高于正常对照组大鼠,说明糖尿病模型建立成功。各蜂胶组在 15 和 30 d 时血糖水平均低于模型对照组,说明各蜂胶均有较好的降糖作用,从数值上来看,巴西绿蜂胶的作用要优于其他 3 种蜂胶。本研究中正常对照组大鼠的空腹血糖值偏低与胡福良<sup>[10]</sup>等的研究一致,另外,血糖的检测时间为冬季,实验室温度偏低,这可能也是原因之一。

本研究模型组大鼠存在严重的氧化应激,与正常大鼠相比,血浆、肝脏、肌肉中的总抗氧化力、GSH 含量、GSH-Px、SOD 均下降,MDA 的含量增加。各蜂胶组大鼠灌胃后,抗氧化能力与模型对照组相比增强,但是各组改善氧化应激的程度不同,此结果与 ZHU<sup>[11]</sup>等的部分研究结果相一致。其中,国产蜂胶 1 能够较好地提高蜂胶组大鼠血浆的总抗氧化力;国产蜂胶 2 能较好地提高肌肉的总抗氧化力;国产蜂胶 3 在提高肝脏的总抗氧化力、GSH 含量以及肌肉的 GSH 含量、GSH-Px 活性,降低肌肉 MDA 含量方面效果较好;巴西绿蜂胶在降低血浆 MDA 含量,提高血浆 GSH 含量、肝脏 SOD 活性方面效果较突出。

不同蜂胶抗氧化作用的差异,是多种成分协同作用的结果<sup>[12]</sup>。蜂胶的化学成分取决于蜜蜂采集树脂的地区、树种、采集时间等等,不同地区的蜂胶化学成分存在很大差异,特别是来自温带地区的蜂胶和来自热带地区的蜂胶<sup>[13]</sup>。前期对 4 种蜂胶中所含的主要抗氧化成分进行检测,结果发现,国产蜂胶 2 中黄酮含量最高,国产蜂胶 3 多酚和肉桂酸含量最高,巴西绿蜂胶中维生素 C 以及阿替匹林 C 的含量最高<sup>[14]</sup>。黄酮类物质能够通过螯合金属离子阻止羟基自由基的形成和清除自由基而起到抗氧化作用,阿替匹林 C 易于释放 H<sup>+</sup> 给各类自由基(如超氧阴离子等),终止自由基链式反应,从而具有较强的抗氧化活性<sup>[15]</sup>。但由于蜂胶中所含多酚、黄酮类物质的种类不同,抗氧化成分作用的位点有可能不同;另外,由于体内外环境的差异,蜂胶抗氧化物质的含量与动物体内氧化/抗氧化指标的改善情况不完全一致。

综上所述,蜂胶能够降低糖尿病大鼠的空腹血糖。糖尿病大鼠存在严重的氧化应激,蜂胶能够清除糖尿病机体过量的自由基,并且对自由基引起的

脂质过氧化具有一定的抑制作用,但是不同的蜂胶在改善糖尿病机体氧化应激时,所作用的位点可能有所差异,因此不能笼统地认为哪种蜂胶抗氧化作用最好,应该根据具体的需要选择效果最佳的蜂胶。

(志谢:感谢汤臣倍健营养科学研究基金对本课题的大力支持,同时感谢天津农学院的郜鹏云同学对本课题动物饲养方面的帮助。)

### 参考文献

- [1] 李朝强. 蜂胶提取工艺探讨[J]. 临床合理用药, 2013, 6(6): 87-88.
- [2] 刁青云, 闫继红, 吴杰. 蜂胶的研究进展[J]. 养蜂科技, 2003(6): 9-22.
- [3] Bashan N, Kovsan J, Kachko I, et al. Positive and negative regulation of insulin signaling by reactive oxygen and nitrogen species[J]. *Physiol Rec*, 2009, 89(1): 27-71.
- [4] Kajimoto Y, Kaneto H. Role of oxidative stress in pancreatic beta-cell dysfunction[J]. *Ann NY Acad Sci*, 2004, 1011(1): 168-176.
- [5] El-Sayed M, Abo-Salem O M, Aly H A, et al. Potential antidiabetic and hypolipidemic effects of propolis extract in streptozocin-induced diabetic rats[J]. *Pak J Pharm Sci*, 2009, 22(2): 168-174.
- [6] Abo-Salem O M, El-Edel R H, Harisa G E, et al. Experimental diabetic nephropathy can be prevented by propolis: effect on metabolic disturbances and renal oxidative parameters[J]. *Pak J Pharm Sci*, 2009, 22(2): 205-210.
- [7] 王想想, 周立东. 蜂胶与其胶源植物的化学成分相关性研究综述[J]. *中药材*, 2007, 30(4): 487-492.
- [8] 庞战军, 周玫, 陈瑗. 自由基医学研究方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000: 62-64, 275-276.
- [9] LI Y J, CHEN M L, XUAN H Z, et al. Effects of encapsulated propolis on blood glycaemic control, lipid metabolism, and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus rats[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011: 1-8.
- [10] 胡福良, 玄红专, 朱威, 等. 花粉、蜂胶对糖尿病 SD 大鼠的影响[J]. *中国养蜂*, 2003, 54(4): 9-11.
- [11] ZHU W, CHEN M, SHOU Q, et al. Biological activities of Chinese propolis and Brazilian propolis on streptozotocin-induced type 1 diabetes mellitus in rats[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011: 1-8.
- [12] 玄红专, 胡福良. 不同地区蜂胶抗氧化活性与化学组分的研究进展[J]. *蜜蜂杂志*, 2009(2): 7-10.
- [13] 胡福良, 朱威, 李雅晶, 等. 蜂胶化学成分和生物学活性的多样性研究[J]. *蜜蜂杂志*, 2006(1): 3-5.
- [14] 吴建全, 高蔚娜, 韦京豫, 等. 不同产地蜂胶成分含量的比较[J]. *中国食物与营养*, 2013, 19(7): 62-65.
- [15] Devasagayam T P, Tilak J C, Boloor K K, et al. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects[J]. *J Asso Physi India*, 2004, 52: 794-804.