

香蕉粉对 II 型糖尿病模型大鼠血糖及胰岛素抵抗的影响

朱小花^{1,2}, 蒋爱民¹, 余铭¹, 程永霞¹, 王娟¹

(1. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510640) (2. 深圳市深博泰生物科技有限公司, 广东深圳 518120)

摘要: 本文研究了香蕉粉对链脲佐菌素 (STZ) 所致 II 型糖尿病大鼠血糖及胰岛素抵抗的影响。将 SD 大鼠分为: 糖尿病模型组 (DCG)、糖尿病大鼠香蕉粉干预组 (DBG)、正常对照组 (NCG)、正常大鼠香蕉粉干预组 (NBG), 用香蕉粉干预大鼠 8 周, 结果显示: 与 DCG 组相比, DBG 组大鼠空腹血糖显著降低, 降低了 32.75%, 糖耐量状况得到显著改善, 体重显著增加, 增加了 7.92%; DBG 组大鼠的血清总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白及游离脂肪酸水平显著降低, 分别降低了 50.65%、79.63%、60.38% 和 39.71%; 高密度脂蛋白/总胆固醇的比值显著提高, 提高了 86.96%, 血脂恢复到正常大鼠水平; DBG 组大鼠的血浆胰岛素水平显著降低, 胰岛素抵抗指数降低 51.28%, 胰岛素敏感指数提高 14.87%, 胰岛 β 细胞功能提高 38.31%。研究表明, 香蕉粉有一定的血糖调节功能, 能缓解糖尿病造成的体重下降问题, 并有效改善糖尿病大鼠的脂代谢紊乱及胰岛素抵抗。

关键词: 香蕉粉; II 型糖尿病; 大鼠; 空腹血糖; 胰岛素抵抗

文章编号: 1673-9078(2016)3-7-11

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.3.002

Effects of Banana Powder on Blood Glucose and Insulin Resistance in a Rat Model of Type II Diabetes Mellitus

ZHU Xiao-hua^{1,2}, JIANG Ai-ming¹, YU Ming¹, CHENG Yong-xia¹, WANG Juan¹

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

(2. Shenzhen Botai Biotechnology Co., Ltd, Shenzhen 518120, China)

Abstract: The effect of banana powder on blood glucose and insulin resistance in streptozotocin-induced type II diabetic rats was studied. Sprague-Dawley (SD) rats were divided into normal control group (NCG), diabetic control group (DCG), diabetic group with banana powder intervention (DBG), and normal group with banana powder intervention (NBG). After eight weeks of intervention, the fasting blood glucose of DBG rats was reduced by 32.75%, their glucose tolerance improved, and their weight was increased by 7.92% (all when compared with DCG rats). DBG rats also showed dramatic decreases in total cholesterol, triglyceride ester, free fatty acids, and low-density lipoprotein by 50.65%, 79.63%, 60.38% and 39.71%, respectively; as well as an 86.96% increase in the ratio of high-density lipoprotein:total cholesterol, and a normalization of blood lipid content (all in comparison to those of DCG rats). Further, compared with DCG rats, the plasma insulin and insulin resistance index of DBG rats were significantly reduced by 25.18% and 51.28%, respectively, and the insulin sensitivity index and pancreatic β -cell function of DBG rats were increased by 14.87% and 38.31%, respectively. This study indicates that banana powder shows a certain capability to regulate blood glucose, mitigate weight loss, and effectively improve lipid metabolism disorder and insulin resistance in diabetic rats.

Key words: banana powder; type II diabetes; rats; fasting blood glucose; insulin resistance

糖尿病 (diabetes mellitus, DM) 是一种常见的内分泌系统疾病, 是由于胰岛素的相对不足或绝对缺乏

收稿日期: 2015-06-10

基金项目: 广东省院士工作站建设项目 (2011A090700015)

作者简介: 朱小花 (1984-), 女, 博士研究生, 工程师, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 蒋爱民 (1962-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 畜产品加工与质量控制

而引起的以糖、蛋白质、脂肪三大营养物质代谢紊乱为特征的一种代谢综合症。根据国际糖尿病联盟 (IDF) 统计, 我国约有成年糖尿病患者 9700 万人, 其中 II 型糖尿病 (type II diabetes) 患者约占糖尿病患者的 90% 左右。因此对 II 型糖尿病的防治已经成为了我国一个严重的社会公共问题。II 型糖尿病常由肥胖所致胰岛素抵抗 (insulin resistance, IR) 和胰岛 β 细胞功能减退引起, 常伴随多种慢性并发症发生, 会造

成多器官、多系统的损伤。因此,寻找安全、无毒副作用的糖尿病治疗药物成为药物研究者的重大课题。据文献报道^[1-3],通过吃中药或食疗等方法不仅能够治疗或控制糖尿病,而且能够预防或延缓由此引起并发症的发生。

香蕉富含天然抗性淀粉、低聚果糖、黄酮等,是典型的高钾低钠水果,保健价值极高。抗性淀粉是指在健康人类的小肠中不能被消化,但能在大肠中发酵或部分发酵的淀粉和淀粉衍生物^[4]。研究表明,抗性淀粉具有吸收慢的代谢特点,对降低血糖、改善胰岛素抵抗及增强胰岛素敏感性有一定作用^[5-6],黄酮类化合物对糖尿病及其并发症具有一定的防治作用^[7-8]。徐勇等人^[9]对香蕉粉的减肥作用方面也做了初步探索,发现含适量香蕉粉的膳食不仅能有效降低雄性肥胖大鼠体重,还能改善雄性肥胖大鼠血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)以及高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)等生化指标。白永亮等人^[10]研究发现富含香蕉粉膳食能较好的控制糖尿病大鼠体重降低并促进排便,可改善糖尿病大鼠的

肠道菌群结构。

在实验室前期试验基础上,本文通过大鼠实验从胰岛素、胰岛素敏感指数、胰岛素抵抗指数及胰岛β细胞功能和糖脂代谢等方面进一步探讨香蕉粉的降血糖及改善胰岛素抵抗的作用,为食疗或中西医结合治疗糖尿病提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

香蕉粉:佛山蕉业生物科技有限公司提供。香蕉粉是从不成熟(绿色)香蕉(芭蕉属ABB类,东莞大蕉)中获得的。普通饲料按照AIN-93G标准制作,高糖高脂饲料在AIN-93G的基础略作修改,均由广东省医学实验动物中心提供;链脲佐菌素(streptozotocin, STZ):Sigma公司;大鼠胰岛素检测试剂盒、游离脂肪酸(FFA)试剂盒、胰高血糖素样肽-1(GLP-1)试剂盒:美国BD公司。

表1 香蕉粉的主要化学成分(%)

Table 1 Main chemical compositions of banana powder (percent)

组分	水分	灰分	脂肪	蛋白质	淀粉	抗性淀粉
含量	7.65±1.02	1.98±0.26	0.32±0.01	2.03±0.25	72.68±5.21	58.28±5.64

1.2 主要仪器设备

Micro 21R 高速冷冻离心机,美国 Thermo 公司; Sunrise-BASIC 酶标仪:瑞士 TECAN 公司; RT 200C 全自动生化分析仪,美国 Rayto 公司; Ultrospec 4000 紫外/可见吸收光谱仪,英国 Pharmacia Biotech 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 实验大鼠饲养及II型糖尿病模型建立

SPF级SD大鼠60只,雄性,体重量(70±5)g,由广东省实验动物中心提供(大鼠许可证号No.44007200009423)。光—暗周期为12h、在恒温20~22℃、相对湿度65%~70%的环境下适应饲养1周后开始实验。

2型糖尿病模型大鼠是通过高糖高脂饲料结合链脲佐菌素(STZ)诱导。高糖高脂饲料喂养6周后,禁食12h,一次性左下腹腔注射STZ(30mg/kg,溶于0.1mmol/L柠檬酸缓冲液,pH4.4,冰浴,现配现用,5min内用完)。正常组按1ml/kg体重剂量腹腔注射柠檬酸缓冲液(0.1mmol/L,pH4.4)。72h后测定空腹血糖,将空腹血糖大于11.1mmol/L的大鼠纳入糖尿病模型。

1.3.2 分组和给药方法

II型糖尿病大鼠模型建立成功后,将大鼠按血糖及体重随机分为四组:糖尿病模型组、糖尿病大鼠香蕉粉干预组(简称香蕉粉干预组,造模后香蕉粉干预治疗)、正常对照组、正常大鼠香蕉粉干预组,每组15只。用香蕉粉干预8周,期间各组大鼠给药方法如下所示:

糖尿病模型组(DCG):高脂饲料,自由饮食饮水,每日灌胃同等体积的生理盐水;

香蕉粉干预组(DBG):高脂饲料,自由饮食饮水,每日灌胃香蕉粉2.5g/kg;

正常对照组(NCG):普通饲料,自由饮食饮水,每日灌胃同等体积的生理盐水;

正常大鼠香蕉粉干预组(NBG):普通饲料,自由饮食饮水,每日灌胃香蕉粉2.5g/kg。

1.3.3 葡萄糖耐量实验

香蕉粉干预四周后,进行葡萄糖耐量实验。大鼠在禁食14小时后腹腔注射葡萄糖溶液(500mg/kg)。测定注射后0、30、60、90和120min时血糖水平(BG0、BG30、BG60、BG90、BG120),并计算曲线下面积(AUC)^[11]。

$$AUC(h.mmol/L) = 1/2 \times [(BG_0 + BG_{30}) \times 0.5 + (BG_{30} + BG_{60}) \times 0.5 + (BG_{60} + BG_{90}) \times 0.5 + (BG_{90} + BG_{120}) \times 0.5] \quad (1)$$

1.3.4 大鼠血液生化指标测定

香蕉粉干预实验期间，每隔 7 d 测一次大鼠体重和空腹血糖。实验 8 周后，大鼠空腹 12 h，在水合氯醛腹腔注射麻醉下腹主动脉取血，4 °C 离心 15 min，3000 r/min，取血清保存在 -80 °C 备用，采用全自动生化分析仪测定血清中的空腹血糖 (FBG)、总胆固醇 (TCH)、甘油三酯 (TG)、高密度脂蛋白 (HDL-C)、低密度脂蛋白 (LDL-C)。采用试剂盒测定血清中 FFA、GLP-1。

另取 EDTA-K2 抗凝管采集血液，离心后获得血浆，采用胰岛素酶联免疫法测定空腹胰岛素 (Fins) 浓度。用稳态模型计算各组胰岛素敏感性指数 (HOMA-ISI) / 胰岛素抵抗指数 (HOMA-IRI) 和 β 细胞功能 (HOMA- β) [12]。

$$HOMA-IRI = FBG \times Fins / 22.5 \quad (2)$$

$$HOMA-ISI = 1 / FBG \times Fins \quad (3)$$

$$HOMA-\beta = 20 \times Fins / (FBG - 3.5) \quad (4)$$

1.4 数据处理

实验数据采用 SPSS1.7.3 软件处理。数据以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示；组间比较采用单因素方差分析，采用 t 检验， $p < 0.05$ 表示有显著性差异， $p < 0.01$ 为有极显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 香蕉粉对糖尿病大鼠体重的影响

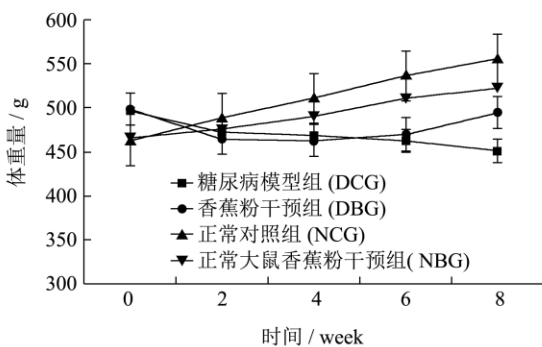


图 1 香蕉粉对糖尿病大鼠体重的影响

Fig.1 Variations of rat body weight in various groups and time points after RBP intervention

图 1 为香蕉粉干预对糖尿病大鼠体重的影响。从图中可知，STZ 腹腔注射后，糖尿病大鼠出现体重快速下降，饮食量、饮水量及尿量均显著高于正常对照组大鼠 ($p < 0.05$)，且体毛松散、毛色灰暗、活动减少，出现典型的“三多一少”糖尿病症状，说明造模

成功。正常对照组、正常大鼠香蕉粉干预组实验期间体重持续增长，糖尿病模型组大鼠实验期间体重持续下降。干预 4 周后，香蕉粉干预组大鼠的体重逐步增加，到干预 8 周时，香蕉粉干预组的体重量比模型组增加 7.9%，并且香蕉粉干预组大鼠体毛有光泽接近正常大鼠、多饮多食多尿状况得到明显改善。正常大鼠香蕉粉干预组的体重增长趋势低于正常组，可能是由于香蕉粉具有抑制食欲，延长胃排空，增强饱腹感，使得大鼠摄食量减少，减缓了其体重增加。

2.2 香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠血糖及糖耐量的影响

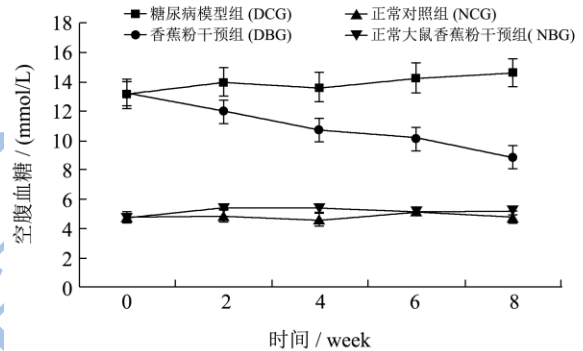


图 2 香蕉粉对糖尿病大鼠空腹血糖 (FBG) 的影响

Fig.2 Variations of rat FBG levels in various groups and time points

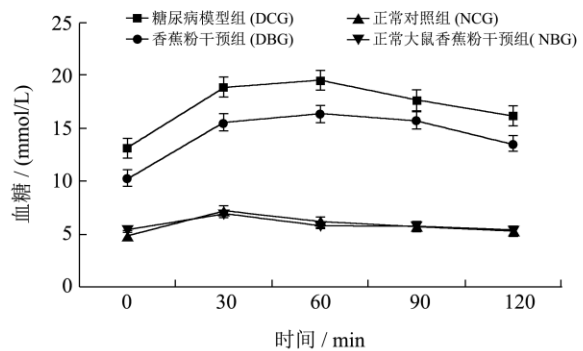


图 3 香蕉粉对糖尿病大鼠糖耐量的影响

Fig.3 Effect of banana powder on the glucose tolerance of diabetic rats at various time points

图 2 为香蕉粉对糖尿病大鼠空腹血糖的影响。从图中可见，正常组及正常大鼠香蕉粉干预组的空腹血糖实验期间基本保持一个稳定水平，糖尿病模型组大鼠始终保持较高血糖水平，香蕉粉干预组大鼠血糖水平随时间变化呈快速下降的趋势。与模型组相比，香蕉粉干预组大鼠的空腹血糖逐步下降，到第 8 周时香蕉粉干预组的空腹血糖值为 (8.85 ± 0.72) mmol/L，比

模型组降低了 32.75%，但仍然显著高于正常对照组空腹血糖值 (4.77±0.36) mmol/L ($p < 0.01$)。

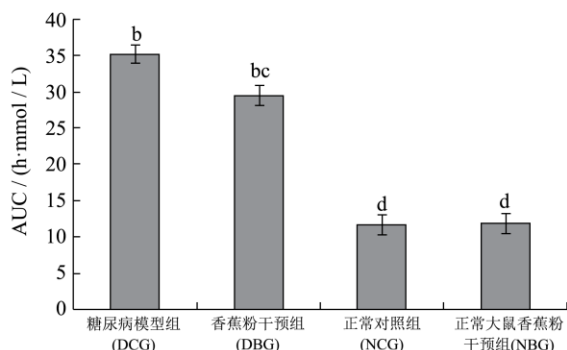


图 4 香蕉粉对糖尿病大鼠葡萄糖耐量曲线下面积的影响

Fig.4 Effect of banana powder on the areas under the curve of glucose (AUC) for the diabetic rats

注：a代表与正常组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；b代表与正常组相比，差异极显著 $p < 0.01$ ；c代表与糖尿病模型组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；d代表与糖尿病模型组相比，差异极显著 $p < 0.01$ 。

图 3 为腹腔注射葡萄糖耐量试验。从图中可知，

表 2 香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠血脂及游离脂肪酸的影响

Table 2 Effect of banana powder on free fatty acids and lipids in type II diabetic rats

组别	糖尿病模型组 (DCG)	香蕉粉干预组 (DBG)	正常对照组 (NCG)	正常大鼠香蕉粉干预组 (NBG)
TCH/(mmol/L)	3.08±0.12 ^b	1.52±0.03 ^d	1.32±0.02 ^d	1.36±0.05 ^d
TG/(mmol/L)	3.78±0.15 ^b	0.77±0.04 ^d	0.79±0.03 ^d	0.61±0.02 ^{a d}
HDL-C/TCH	0.23±0.02 ^b	0.43±0.03 ^d	0.44±0.02 ^d	0.45±0.01 ^d
LDL-C/(mmol/L)	0.53±0.02 ^b	0.21±0.01 ^d	0.18±0.01 ^d	0.16±0.01 ^d
FFA/(mmol/mL)	0.95±0.06 ^b	0.68±0.02 ^c	0.59±0.02 ^d	0.61±0.01 ^d

注：a代表与正常组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；b代表与正常组相比，差异极显著 $p < 0.01$ ；c代表与糖尿病模型组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；d代表与糖尿病模型组相比，差异极显著 $p < 0.01$ 。

表 3 香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠胰岛素和 β 细胞功能的影响

Table 3 Effect of banana powder on insulin and beta cell function in type II diabetic rats

组别	胰岛素 / (mU/L)	胰岛素敏感指数 (HOMA-ISI)	胰岛素抵抗指数 (HOMA-IRI)	β 细胞功能 (HOMA- β)	GLP-1 / (ng/mL)
糖尿病模型组 (DCG)	28.40±1.38 ^a	1.95±0.02 ^b	18.41±0.71 ^b	51.21±2.28 ^b	6.42±0.42 ^a
香蕉粉干预组 (DBG)	21.25±2.18 ^c	2.24±0.01 ^{bc}	8.97±0.42 ^{bd}	70.83±1.09 ^{bd}	7.44±0.28 ^a
正常对照组 (NCG)	21.68±2.31 ^c	4.17±0.05 ^d	5.01±0.15 ^d	255.11±8.54 ^d	8.08±0.32 ^c
正常大鼠香蕉粉干预组 (NBG)	21.91±0.95 ^c	4.59±0.03 ^d	4.64±0.09 ^d	345.01±13.33 ^{bd}	8.33±0.12 ^c

注：a代表与正常组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；b代表与正常组相比，差异极显著 $p < 0.01$ ；c代表与糖尿病模型组相比，差异显著 $p < 0.05$ ；d代表与糖尿病模型组相比，差异极显著 $p < 0.01$ 。

香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠血脂及游离脂肪酸的影响见表 2。从表中可知，与糖尿病模型组相比，糖尿

与糖尿病模型组相比，香蕉粉干预处理可显著降低糖尿病大鼠空腹血糖峰值 ($p < 0.05$)，降低了 16.38%，并保持较稳定的血糖值；与正常组相比，正常大鼠香蕉粉干预组大鼠的血糖峰值 (7.17±0.45) mmol/L，香蕉粉干预对正常大鼠血糖峰值无明显影响 ($p > 0.05$)。图 4 为葡萄糖耐量曲线下面积 (AUC)，AUC 反应了机体总输出葡萄糖情况。从图中可知，与模型组相比，香蕉粉干预组的葡萄糖耐量曲线下面积为 (29.67±4.38) h·mmol/L，比模型组降低了 15.98%，说明香蕉粉干预可减少机体葡萄糖输出量。

以上结果表明，香蕉粉干预可显著降低糖尿病大鼠空腹血糖及血糖峰值，稳定血糖，改善糖耐量状况，对 II 型糖尿病具有一定的血糖调节功能。

2.3 香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠血脂及游离脂肪酸的影响

大鼠香蕉粉干预组大鼠的血清总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白及游离脂肪酸水平极显著降低 (p

<0.01), 分别降低了 50.65%、79.63%、60.38% 和 39.71%; 高密度脂蛋白/总胆固醇的比值极显著提高 ($p < 0.01$), 提高了 86.96%。实验结果表明, 香蕉粉具有较好的清除糖尿病大鼠血清胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白及游离脂肪酸的作用, 并提高高密度脂蛋白比值, 改善脂代谢紊乱, 使大鼠血脂逐步恢复到正常水平。可知, 香蕉粉对预防或改善糖尿病的心脑血管并发症有积极的作用。

2.4 香蕉粉对 II 型糖尿病大鼠胰岛素抵抗及胰高血糖素样肽-1 (GLP-1) 的影响

从表 3 中可知, 与正常组大鼠相比, 模型组大鼠的血浆胰岛素水平显著升高 ($p < 0.05$), 升高了 23.67%, 胰岛素抵抗较严重。香蕉粉干预处理后, 与糖尿病模型组相比, 糖尿病大鼠香蕉粉干预组大鼠血浆中胰岛素降低到 (21.25 ± 2.18) mU/L, 恢复到正常大鼠水平, 胰岛素抵抗指数降低 51.28%, 胰岛素敏感指数提高了 14.87%, 胰岛 β 细胞功能提高了 38.31%, 血清中 GLP-1 的含量提高了 15.89%。同时, 香蕉粉干预还可极显著提高正常大鼠的胰岛 β 细胞功能 ($p < 0.01$), 提高了 35.29%。GLP-1 是肠道黏膜 L 细胞分泌的一种葡萄糖依赖性降糖激素, 可促进胰岛 β 细胞增生、抑制 β 细胞凋亡、减少胰高血糖素分泌^[13], 并有改善胰岛素抵抗的作用^[14]。因此, 香蕉粉可能是通过促进肠道黏膜 L 细胞分泌 GLP-1 达到降低血糖、改善糖尿病大鼠胰岛素抵抗和保护胰岛 β 细胞功能。

3 结论

3.1 香蕉粉干预前期可抑制糖尿病大鼠的体重下降, 干预后期可使糖尿病大鼠体重逐步增加, 并可使糖尿病大鼠体毛有光泽接近正常大鼠, 显著改善糖尿病大鼠多饮多食多尿的症状。

3.2 香蕉粉干预可使糖尿病大鼠的血脂恢复到正常大鼠水平, 有效改善脂代谢紊乱。

3.3 香蕉粉干预可显著降低糖尿病大鼠空腹血糖及血糖峰值, 稳定血糖, 改善糖耐量状况, 对 II 型糖尿病有一定的血糖调节功能。

3.4 香蕉粉干预可显著降低糖尿病大鼠血浆胰岛素水平 ($p < 0.05$), 胰岛素抵抗指数降低 51.28%, 胰岛素敏感指数提高了 14.87%, 胰岛 β 细胞功能提高 38.31%, 并显著提高血清中 GLP-1 水平 ($p < 0.05$), 可有效改善糖尿病大鼠胰岛素抵抗, 并保护正常大鼠胰岛 β 细胞功能。

参考文献

- [1] John L Sievenpiper, Paula DN Dworatzek. Food and dietary pattern-based recommendations: an emerging approach to clinical practice guidelines for nutrition therapy in diabetes [J]. Canadian Journal of Diabetes, 2013, 37: 51-57
- [2] Hsiu-Ju Wang, Been-Huang Chiang. Anti-diabetic effect of a traditional Chinese medicine formula [M]. Food & Function, 2012, 3(11): 1161-1169
- [3] Tao Wu, Ming Yang, Hua-Feng Wei, et al. Application of metabolomics in traditional Chinese medicine differentiation of deficiency and excess syndromes in patients with diabetes mellitus [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2012: 1-11
- [4] 宋彦显, 闵玉涛. 抗性淀粉防治糖尿病和肥胖症功能的研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2009, 7: 48-50
SONG Yan-xian, MIN Yu-tao. Advancement of resistant starch in prevention and treatment on diabetes and obesity [J]. Food and Nutrition in China, 2009, 7: 48-50
- [5] K L Johnston, E L Thomas, J D Bell, et al. Metabolism Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome [J]. Diabetic Medicine, 2010, 27: 391-397
- [6] Jung Hyun Kwak, Jean Kyung Paik, Hye In Kim, et al. Dietary treatment with rice containing resistant starch improves markers of endothelial function with reduction of postprandial blood glucose and oxidative stress in patients with prediabetes or newly diagnosed type 2 diabetes [J]. Atherosclerosis, 2012, 224: 457-464
- [7] Fufeng Chen, Hui Xiong, Jianxia Wang, et al. Antidiabetic effect of total flavonoids from Sanguis draxonis in type 2 diabetic rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 149(3): 729-736
- [8] Pon Velayutham Anandh Babu, Dongmin Liu, Elizabeth R Gilbert. Recent advances in understanding the anti-diabetic actions of dietary flavonoids [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2013, 24(11): 1777-1789
- [9] 白永亮, 徐勇, 黄志强, 等. 香蕉粉毒理学安全评价及减肥功效研究 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 406-409
BAI Yong-liang, XU Yong, HUANG Zhi-qiang, et al. Study on safety toxicology evaluation of banana powder and function in reducing weight [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(24): 406-409
- [10] 白永亮, 彭真福, 陈庆, 等. 香蕉粉干预对糖尿病大鼠肠道菌群调节作用研究 [J]. 现代食品科技, 2013, 29(9): 2110-2114
BAI Yong-liang, PENG Zhen-fu, CHEN Qing-fa, et al. Influence of raw banana powder on intestinal flora of diabetic rats [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(9):

- 2110-2114
- [11] Sudarshana Purkayasthaa, Hai Zhanga, Guo Zhanga, et al. Neural dysregulation of peripheral insulin action and blood pressure by brain endoplasmic reticulum stress [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America, 2011, 108(7): 2939-2944
- [12] Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, et al. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man [J]. Diabetologia, 1985, 28(7): 412-419
- [13] Doyle ME, Egan JM. Mechanisms of action of glucagon like peptide I in the pancreas [J]. Pharmacol Ther, 2007, 113(3): 546-593
- [14] Xu G, Kaneto H, Laybutt DR, et al. Downregulation of GLP-1 and GIP receptor expression by hyperglycemia [J]. Diabetes, 2007, 56(6): 1151-1558

现代食品科技