

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.11.034

# $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照红参提取物对 1 型糖尿病小鼠的影响

## Effects of red ginseng extracts irradiated with

## $^{60}\text{Co-}\gamma$ on type 1 diabetes mice

齐 欣 崔承弼 金莉英 姜 欣 张 露

QI Xin CUI Cheng-bi JIN Li-ying JIANG Xin ZHANG Lu

(延边大学, 吉林 延吉 133000)

(Yanbian University, Yanji, Jilin 133000, China)

**摘要:**为探讨 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对红参降血糖作用的影响,以链脲佐菌素(STZ)诱导的 1 型糖尿病小鼠为模型,试验期间定期检测小鼠体重及空腹血糖值,试验 30 d 后眼球取血,测定糖化血红蛋白(HbA1c);血浆离心后的血清,进行血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)水平的测定后进行分析;对取血后的小鼠进行解剖,分离心、肝、脾、肾,测定脏器系数。对小鼠禁食血糖浓度的测定显示,辐照红参高剂量组降血糖效果最显著( $P<0.05$ ),数值上优于未辐照红参高剂量组。糖化血红蛋白(HbA1c)和脏器系数测定结果均显示,辐照红参高剂量组与未辐照红参高剂量组测定值显著高于其他剂量组( $P<0.05$ ),最接近于阳性对照组,同时辐照红参高剂量组数值上优于未辐照高剂量组。对血清 TC、TG 的测定发现,辐照红参高剂量组在降低糖尿病小鼠的血脂浓度方面具有显著的调节作用,与糖尿病治疗药物盐酸二甲双胍相近。因此, $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照红参提取物能够起到降血糖的作用。

**关键词:**辐照;红参;皂苷;糖尿病

**Abstract:** In order to probe the effects of red ginseng extracts irradiated with  $^{60}\text{Co-}\gamma$ , the mice model of type I diabetes mellitus was induced by streptozotocin (STZ). The body weight and fasting blood glucose of mice were measured regularly during the experiments. After 30 days' test, blood samples, which were collected from eyeball and glycosylated hemoglobin (HbA1c), were measured. Total cholesterol (TC) and triglyceride (TG) levels in serum were determined and analyzed. The organs of the heart, liver, spleen and kidney were dissected and the organ coefficients were measured. Results showed that the fasting blood

glucose level of mice group feed with high dose of irradiated red ginseng and non-irradiated high dose group was significantly lower than that of the other groups ( $P<0.05$ ), but the irradiated group had a lower value than the non-irradiated one. The results of HbA1c and organ coefficient showed that the value of irradiated red ginseng high dose group was closest to that of positive control group, significantly lower than that of the other groups ( $P<0.05$ ), and lower than that of non-irradiated high dose group in value. The serum TC, TG were analyzed and the results showed that the irradiated red ginseng high dose group had significant moderating effect on reducing blood lipid concentration in diabetic mice, and is similar to the commercial drugs diabetes-metformin in hydrochloride, which can significantly reduce the serum lipid level in diabetes mellitus mice and relief the related complications of diabetes. Therefore,  $^{60}\text{Co-}\gamma$  irradiated red ginseng extract can play a role in hypoglycemic.

**Keywords:** irradiation; red ginseng; saponin; diabetes mellitus

糖尿病已被列为威胁人类健康的重大慢性疾病之一,而糖尿病患者多因体内胰岛素分泌不足,不能有效地分解体内糖类物质,进而引发高血糖和尿糖等症状,多数患者还伴随脂代谢紊乱等症状,主要表现为血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)增高的高脂血症,糖尿病的出现会导致多种并发症,并难以控制,最终导致糖尿病患者病情进一步恶化<sup>[1]</sup>。近年来糖尿病已成为继癌症、心脑血管疾病后的第三类人类健康杀手。针对糖尿病,临床治疗手段主要还是通过药物、运动和饮食来控制其发展恶化<sup>[2]</sup>,截至目前仍未出现针对糖尿病迅速或彻底的治疗手段,常规西医主要通过补充胰岛素、增强胰岛素受体敏感性、减轻胰岛素抵抗作用和增强 $\beta$ 细胞分泌、提升机体血糖耐受等途径来缓解糖尿病病情。但存在一定的副作用,可能造成乳酸中毒、肝细胞损伤、神经退行性病变、消化道不适及严重的低血糖等,甚至死亡,所以亟需更天然

**基金项目:**四川省辐照保藏重点实验室项目(编号: SCFZBC2017003)

**作者简介:**齐欣,女,延边大学在读硕士研究生。

**通信作者:**崔承弼(1968—),男,延边大学教授,博士。

E-mail: 191131310@qq.com

**收稿日期:**2019-08-21

的治疗药物,如人参等天然药材<sup>[3-5]</sup>。

人参为五加科人参属多年生草本植物的根茎,是享誉华夏的千年古药。其具有多种祛病养生的生理功效,素有“百草之王”之美誉。随着其有效成分和药理病理活性与功能的不断研究,越来越多的专家学者<sup>[6-9]</sup>发现人参能够缓解糖尿病症状,具备辅助治疗糖尿病的巨大潜力。人参中具有多种对人体有益的活性成分,但其在储存和加工过程中易受微生物污染,因此需对其进行无菌处理。传统灭菌方法,如热处理和化学熏蒸法等会对环境和人体造成危害,而辐照技术应用范围广,相比传统灭菌方法,其杀菌效率高,并且节能、省时、成本低<sup>[10]</sup>。

<sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照灭菌法,其穿透力极强,灭菌效果好,近年来在中药灭菌中得到越来越广泛的应用<sup>[11]</sup>。前期试验<sup>[12-13]</sup>发现,经 15 kGy 剂量的<sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照,红参中降血糖相关人参皂苷 Rh4 和 CK 含量提升最显著,其中人参皂苷 Rh4 比未辐照前提升了 74.89%,同时 CK 含量提升了 59.42%。同时辐照处理也能提升人参的杀菌和贮藏效果<sup>[14]</sup>。试验拟以经 15 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照红参和未辐照红参为研究对象,采用 50%乙醇提取其活性成分并对 1 型糖尿病小鼠进行体内试验,研究 15 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照红参和未辐照红参提取物对于糖尿病小鼠在血糖、血脂及糖化血红蛋白方面的改善能力,为辐照红参提取物在预防糖尿病方面的开发与利用提供理论参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验动物

试验动物:体重为 20~30 g 的清洁级雄性昆明种小鼠,于适宜条件饲养,适应性喂养 7 d 后进行后续试验,延边大学动物实验中心。

### 1.2 试验材料及仪器

#### 1.2.1 试验材料

小鼠饲料(配料表见表 1):延边大学动物实验中心;  
红参:2016 年产,长白山科学研究院提供,于四川省原子能研究院进行辐照处理;

链脲佐菌素:美国 Sigma 公司;

盐酸二甲双胍:河北山姆士药业有限公司;

柠檬酸、柠檬酸钠:AR 级,天津市华东试剂厂;

表 1 小鼠饲料配料表<sup>[3]</sup>

Table 1 The composition of mice chow g/kg

组成	含量	组成	含量
酪蛋白	20.000 0	叔丁基氢醌	0.001 4
玉米淀粉	39.748 6	矿物质混合物	3.500 0
蔗糖	23.200 0	维生素混合物	1.000 0
纤维素	50.000 0	L-胱氨酸	0.300 0
大豆油	7.000 0	重酒石酸胆碱	0.250 0

† 能量 16 857 kJ/kg。

胆固醇(T-CHO)试剂盒、甘油三酯(TG)试剂盒、糖化血红蛋白(HbA1c)试剂盒:南京建成生物工程研究所;

医用酒精:上海金和实业有限公司;

正丁醇:AR 级,天津市科密欧化学试剂有限公司。

#### 1.2.2 试验仪器

高速离心机:80-2 型,上海手术器械厂;

离心机:TG16A-WS 型,上海卢湘仪器有限公司;

数控超声波清洗器:KQ3200DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

旋转蒸发仪:SB-2000 型,上海爱郎仪器有限公司;

分析天平:FA2004 型,上海上平仪器有限公司;

立式鼓风干燥箱:DHG-9620A 型,上海百典仪器设备有限公司;

血糖仪:AG-605 型,天津九安医疗电子股份有限公司;

多功能荧光酶标仪:SP-Max3500FL 型,上海闪谱生物科技有限公司;

电热恒温培养箱:DNP-9082 型,上海精宏实验设备有限公司;

电子天平:Scout SE-SE202FZH 型,奥豪斯仪器有限公司。

### 1.3 方法

1.3.1 红参提取物的制备 红参样品粉碎过 80 目筛后,以 50%乙醇溶液按料液比 1:10 (g/mL)提取 3 次,40 kHz 超声提取 3 次,每次 60 min,合并 3 次上清液,烘箱中 80 °C 过夜后旋转蒸发至干,蒸馏水溶解后,以 60 mL 水饱和正丁醇于分液漏斗多次萃取至上层有机层澄清,并合并上层旋转蒸发至干后以少量蒸馏水溶解置于 -80 °C 冷冻后冻干得红参提取物。

1.3.2 血糖含量的测定 小鼠隔夜禁食 12 h 后(21 时~次日 9 时),进行剪尾取血,弃去第 1 滴尾尖血后检测血糖值,并记录。

#### 1.3.3 糖尿病小鼠建模

(1) 将 1.1 中的小鼠在动物饲养室适应性喂养 7 d 后,随机选取 6 只作为空白试验组,对所有小鼠禁食处理,禁食方法为隔夜禁食不禁水 12 h(21 时~次日 9 时)。

(2) 测量并记录小鼠禁食体重及空腹血糖水平后,建立 1 型糖尿病模型,STZ 浓度为 12 mg/mL,空白组同时腹腔注射缓冲溶液做假性处理。

(3) 建模 7 d 后对各组小鼠禁食,空腹时称量体重,并测其空腹血糖值,建模成功标准:建模 7 d 后,小鼠空腹血糖值>11.1 mmol/L (200 mg/dL),剔除建模失败小鼠。

1.3.4 受试物剂量设计 将血糖值>11.1 mmol/L (200 mg/dL)的小鼠随机分为 6 组,将辐照红参与未辐照红参提取物按表 2 中剂量配置,其中辐照人参提取物剂

量依据预试验结果进行设置,分组和剂量设置见表 2。

连续灌胃 30 d, i、ii 组灌胃相同体积的蒸馏水,末次灌胃后进行眼球取血并脱颈处死,随后进行解剖。

1.3.5 小鼠全血 HbA1c 和血清 TC、TG 的测定 各组小鼠最后一次灌胃后进行眼球取血,处死并收集血浆至

表 2 分组及剂量设置

Table 2 Groups and drug dosage

组别	试剂	剂量/ (g · kg <sup>-1</sup> · BW)
空白对照组(i)	蒸馏水	-
阴性对照组(ii)	蒸馏水	-
阳性对照组(iii)	盐酸二甲双胍	0.15
15 kGy 高剂量组( $\alpha$ )	辐照人参提取物	2.00
15 kGy 中剂量组( $\beta$ )	辐照人参提取物	1.00
15 kGy 低剂量组( $\gamma$ )	辐照人参提取物	0.20
未辐照高剂量组( $\lambda$ )	未辐照人参提取物	2.00

表 3 试验期间各组小鼠体重及摄食饮水情况<sup>†</sup>

Table 3 Body weight, diet and water consumption in groups (n=6)

组别	初始体重/g	最终体重/g	体重增量/g	摄食量/g	食物效价/%	摄水量/g
i	25.05±0.07 <sup>a</sup>	53.62±1.17 <sup>a</sup>	28.57±1.24 <sup>a</sup>	324.34	8.81	323.98
ii	25.42±0.22 <sup>a</sup>	32.05±0.88 <sup>d</sup>	6.63±0.66 <sup>d</sup>	514.47	1.29	1 791.42
iii	25.28±0.35 <sup>a</sup>	38.29±1.21 <sup>b</sup>	13.01±1.01 <sup>b</sup>	398.50	3.26	1 357.21
$\alpha$	25.60±0.31 <sup>a</sup>	37.35±0.45 <sup>b</sup>	11.75±0.61 <sup>b</sup>	449.31	2.62	1 473.94
$\beta$	25.29±0.35 <sup>a</sup>	34.30±0.72 <sup>c</sup>	9.01±0.38 <sup>c</sup>	483.64	1.86	1 578.83
$\gamma$	25.34±0.32 <sup>a</sup>	34.12±0.21 <sup>c</sup>	8.78±0.11 <sup>c</sup>	532.28	1.65	1 681.14
$\lambda$	25.13±0.14 <sup>a</sup>	36.85±0.76 <sup>b</sup>	11.72±0.63 <sup>b</sup>	477.77	2.45	1 528.76

<sup>†</sup> 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

## 2.2 红参皂苷提取物对各试验组小鼠体重及血糖的影响

由图 1 可知, i 组小鼠在饲养期间体重整体呈上升趋势,且体重增幅均远远超过其他各试验组; ii 组小鼠在灌胃期间体重呈不增长或负增长; iii 组和  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\lambda$  组小鼠体重增降趋势基本一致,  $\alpha$  组小鼠体重增幅仅次于 iii 组,均优于其他各试验组,  $\lambda$  组小鼠体重增加量略高于  $\beta$ 、 $\gamma$  组,而  $\beta$  组体重增幅又略高于  $\gamma$  组。说明在试验剂量范围内随剂量的增加,能够有效提高 1 型糖尿病小鼠的体重,且辐照人参高剂量组在改善小鼠体重方面好于未辐照人参高剂量组。

由表 4 可知,随着试验的进行, i 组血糖水平略有升高,但保持在正常血糖范围内, ii 组血糖呈明显上升趋势, iii 组血糖水平呈先上升后下降的趋势,辐照人参提取物  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  组和未辐照人参提取物  $\lambda$  组与 iii 组趋势相同。第 14 天时,其余各组血糖水平均显著高于 i 组(P<0.05);第 24 天时,其余各组血糖水平也均显著高于 i 组(P<0.05), ii 组显著高于 iii 组和  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\lambda$  组(P<0.05),

1.5 mL 离心管中,按照相应试剂盒使用方法,用酶标仪在固定波长下检测相应的吸光值,分别计算 TC、TG 和 HbA1c 含量。

1.3.6 统计分析 采取 SPSS 22 软件对试验数据进行单因素试验,试验结果以图表和( $\bar{X} \pm SD$ )的形式表示。P<0.05 表示有显著性差异,P>0.05 表示无显著性差异。

## 2 结果与讨论

### 2.1 红参提取物对小鼠饮食及食物效价的影响

建模后,经过连续 30 d 灌胃试验后发现,试验组小鼠随着灌胃时间的延长,毛发由枯黄干燥变得浓密顺滑; i 组小鼠在摄食量与摄水量上均无异常变化,模型组小鼠摄食量随着灌胃时间的延长呈现下降的趋势,其中与 ii 组相比,  $\alpha$ 、 $\lambda$  和 iii 组摄食量与摄水量明显减少,其食物利用率也明显提升,但  $\alpha$  组数值更接近 iii 组。由此可知,经红参提取物灌胃后均可有效改善小鼠状态,提高体重增量,提高食物效价。

$\alpha$  组显著低于  $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\lambda$  组(P<0.05)。说明二甲双胍阳性药和  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\lambda$  组提取物悬浊液均对糖尿病小鼠的血糖上升有一定的缓解作用,且  $\alpha$  组的降血糖效果优于  $\lambda$  组。第

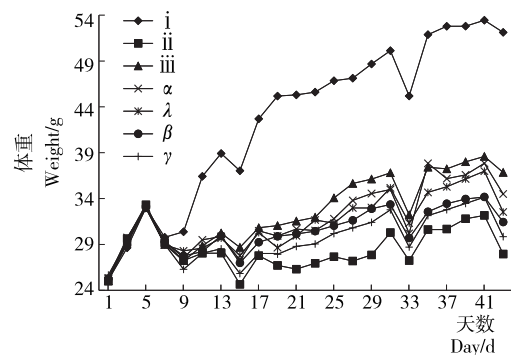


图 1 辐照与未辐照红参提取物对各试验组小鼠体重的影响

Figure 1 Effects of irradiated and non-irradiated red ginseng extract on body weight of mice (n=6)

表 4 试验各组小鼠血糖变化<sup>†</sup>

Table 4 Changes of fasting blood glucose of mice in groups during the experiment (n=6) mmol/L

组别	第 0 天	第 7 天	第 15 天	第 25 天	第 34 天	第 44 天
i	5.97±0.30 <sup>a</sup>	6.10±0.20 <sup>a</sup>	7.83±1.69 <sup>b</sup>	9.07±0.42 <sup>c</sup>	9.13±0.38 <sup>c</sup>	9.27±0.23 <sup>d</sup>
ii	5.83±0.15 <sup>a</sup>	6.17±0.25 <sup>a</sup>	25.80±1.93 <sup>a</sup>	26.23±1.44 <sup>a</sup>	26.53±0.70 <sup>a</sup>	27.00±3.44 <sup>a</sup>
iii	5.97±0.40 <sup>a</sup>	6.10±0.36 <sup>a</sup>	25.73±0.76 <sup>a</sup>	14.83±0.15 <sup>d</sup>	11.23±0.40 <sup>d</sup>	9.63±0.56 <sup>d</sup>
α	5.93±0.32 <sup>a</sup>	6.07±0.45 <sup>a</sup>	26.57±2.86 <sup>a</sup>	17.83±0.21 <sup>c</sup>	15.63±0.60 <sup>c</sup>	13.73±0.84 <sup>c</sup>
β	5.87±0.15 <sup>a</sup>	6.03±0.25 <sup>a</sup>	25.57±1.44 <sup>a</sup>	23.20±0.78 <sup>b</sup>	18.70±0.44 <sup>bc</sup>	14.87±0.74 <sup>c</sup>
γ	5.97±0.38 <sup>a</sup>	6.07±0.12 <sup>a</sup>	25.33±1.14 <sup>a</sup>	24.97±2.04 <sup>a</sup>	20.40±1.93 <sup>b</sup>	18.23±0.32 <sup>b</sup>
λ	5.93±0.26 <sup>a</sup>	6.13±0.25 <sup>a</sup>	25.37±1.12 <sup>a</sup>	21.57±0.45 <sup>b</sup>	17.40±0.75 <sup>c</sup>	15.40±0.56 <sup>c</sup>

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

33 天, iii 组仍显著高于 i 组(P<0.05), 同时 iii 组显著低于 α、β、γ、λ 组(P<0.05), α 和 λ 组无显著差异(P>0.05), 但从空腹血糖值来看 α 组更接近 iii 组。第 43 天时, iii 组与 i 组无显著差异(P>0.05), α 组和 λ 组无显著差异(P>0.05), 但从空腹血糖值来看仍是 α 组更接近 iii 组。说明阳性对照组小鼠血糖值已基本恢复正常值, 辐照高剂量组降血糖效果优于未辐照高剂量组。可见, 辐照红参提取物能够起到降低糖尿病小鼠血糖的作用, 并且辐照后的红参提取物好于未辐照的。

2.3 红参皂苷提取物对小鼠血液相关指标的影响

由表 5 可知, 从血清 TC 含量来看, ii 组显著高于 i 组和其余各组(P<0.05), α 组和 iii 组无显著差异(P>0.05), 且 α 组显著低于 λ 组(P<0.05)。说明辐照红参高剂量组与未辐照红参高剂量组相比, 在降低糖尿病小鼠血清 TC 含量的效果上更接近于二甲双胍。从血清 TG 含量来看, α 组和 iii 组无显著差异(P>0.05), α 组与 λ 组无显著差异(P>0.05), 但从 TG 含量来看, α 组更接近于 iii 组。说明辐照红参高剂量组降低糖尿病小鼠血清 TG 含量的效果更好。从糖化血红蛋白测定结果来看, α 组和 λ 组测定结果较接近于 iii 组, 说明这两组小鼠的血糖控制情况较好。胰岛素的缺乏会导致摄入的脂肪等不能被人

表 5 红参提取物对 HbA1c、TC、TG 的影响<sup>†</sup>

Table 5 Effects of red ginseng extract on HbA1c and serum TC, TG (n=6)

组别	TC/ (mmol·L <sup>-1</sup> )	TG/ (mmol·L <sup>-1</sup> )	HbA1c/%
i	3.88±0.02 <sup>d</sup>	0.86±0.40 <sup>e</sup>	4.25±0.20 <sup>f</sup>
ii	10.60±0.50 <sup>a</sup>	2.75±0.35 <sup>a</sup>	10.27±0.27 <sup>a</sup>
iii	3.76±0.29 <sup>d</sup>	1.07±0.06 <sup>de</sup>	4.76±0.13 <sup>e</sup>
α	4.10±0.05 <sup>d</sup>	1.12±0.09 <sup>de</sup>	5.17±0.15 <sup>d</sup>
β	4.63±0.10 <sup>c</sup>	1.45±0.04 <sup>c</sup>	5.84±0.06 <sup>c</sup>
γ	6.88±0.11 <sup>b</sup>	2.01±0.11 <sup>b</sup>	6.73±0.29 <sup>b</sup>
λ	4.59±0.26 <sup>c</sup>	1.18±0.12 <sup>d</sup>	5.32±0.10 <sup>d</sup>

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

体利用, 并且机体中的某些大分子物质, 如脂肪分解的产物, 游离脂肪酸进入肝脏, 会生成甘油三酯和酮体, 而脂肪组织中脂类的溶解使甘油三酯(TG)水平上升, 同时由于高密度脂蛋白(HDL)水平的降低, 从周围组织摄取胆固醇的能力降低, 使机体胆固醇聚集水平升高, 总胆固醇(TC)水平上升, 而经辐照红参提取物灌胃后能够较好地改善 TC、TG 以及 HbA1c 的水平。

2.4 红参皂苷提取物对小鼠脏器系数的影响

脏器系数(脏器比)指机体某脏器质量占体重的百分比。正常生长发育下的同一物种其机体各脏器与体重的比值较恒定。而在动物染毒或存在病理缺陷时, 脏器发生氧化损伤或水肿、增生等, 脏器比相应增大或减小, 脏器系数随之改变, 由此可来判断小鼠的健康状况。根据表 6 可知, 各组间心脏脏器系数除 ii 组显著升高(P<0.05); 肝脏脏器系数 ii 组显著升高而经过不同剂量受试物干预后肝脏增生肥大情况得到显著改善(P<0.05), 其中 α 组和 λ 组恢复情况显著(P<0.05)高于其他组, 仅次于 iii 组; 脾脏脏器系数 ii 组与 γ 组显著高于其余各组(P<0.05), 但彼此无显著差异(P>0.05), α 组脾脏系数显著降低(P<0.05)且效果最优, 表明 15 kGy 高剂量辐照红参提取物能显著缓解糖尿病小鼠脾充血肿大的状

表 6 红参提取物对小鼠脏器系数的影响<sup>†</sup>

Table 6 Effect of red ginseng extract on organ coefficient in groups (n=6)

组别	心	肝	脾	肾
i	0.53±0.06 <sup>b</sup>	3.54±0.41 <sup>e</sup>	0.17±0.01 <sup>c</sup>	1.11±0.04 <sup>d</sup>
ii	0.61±0.01 <sup>a</sup>	6.73±0.30 <sup>a</sup>	0.31±0.04 <sup>a</sup>	2.18±0.02 <sup>a</sup>
iii	0.55±0.01 <sup>ab</sup>	4.63±0.23 <sup>d</sup>	0.18±0.02 <sup>c</sup>	1.73±0.02 <sup>c</sup>
α	0.55±0.02 <sup>b</sup>	5.33±0.15 <sup>c</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	1.82±0.01 <sup>c</sup>
β	0.56±0.02 <sup>a</sup>	5.49±0.05 <sup>bc</sup>	0.24±0.03 <sup>b</sup>	1.87±0.04 <sup>bc</sup>
γ	0.55±0.07 <sup>b</sup>	5.99±0.33 <sup>b</sup>	0.28±0.00 <sup>a</sup>	1.98±0.02 <sup>b</sup>
λ	0.56±0.00 <sup>a</sup>	5.33±0.21 <sup>c</sup>	0.24±0.01 <sup>b</sup>	1.84±0.19 <sup>c</sup>

† 同列字母不同表示差异显著(P<0.05)。

态,其效果接近于特定剂量的盐酸二甲双胍;糖尿病造成肾负担加重,表中显示 II 组肾脏肥大脏器系数显著高于其余各组( $P < 0.05$ ),经过不同剂量受试物干预后, $\alpha$  组和  $\lambda$  组肾脏脏器系数显著改善( $P < 0.05$ ),表明高剂量的红参皂苷提取物能显著恢复肾脏状态( $P < 0.05$ )。以上结果共同说明了高剂量 15 kGy 辐照红参皂苷提取物能显著改善心、肝、脾、肾的状态( $P < 0.05$ )。由此可知,辐照红参提取物可起到保护糖尿病小鼠脏器损伤的效果。

### 3 结论

试验初期发现经过 15 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照的红参,其降血糖相关的人参皂苷 Rh4 及 CK 含量得到了显著提升,而后续的动物试验显示经过 15 kGy <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照的高剂量红参皂苷提取物显著恢复了 1 型糖尿病小鼠的体重增长,降低了其血糖水平和饮水量以及摄食量,提升了食物利用率( $P < 0.05$ ),减少了其尿量,同时显著降低了 HbA1c 含量和血清 TG 和 TC 水平( $P < 0.05$ ),并显著恢复了心、肝、脾、肾脏器系数( $P < 0.05$ )。高剂量辐照后红参皂苷提取物在降低 1 型糖尿病小鼠血糖和缓解其并发症方面有较为明显的效果,对糖尿病有一定的辅助治疗作用。

试验仅研究了 <sup>60</sup>Co- $\gamma$  射线辐照红参对小鼠血糖及基础指标的影响,没有深入研究其降血糖机理,以及辐照后红参成分的变化,在后续的研究中将对糖尿病相关的蛋白进行测定,并研究辐照后红参成分的具体变化。

### 参考文献

- [1] 孟凡丽, 苏晓田, 郑毅男. 人参皂苷 Rb<sub>3</sub> 对糖尿病模型小鼠的降血糖和抗氧化作用[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(4): 553-557.
- [2] 薛涛, 夏朝霞, 邹丽莎, 等. 人参降糖作用的研究进展[J]. 中国现代中药, 2014, 16(5): 428-432.
- [3] 史得君, 严欢, 崔清美, 等. 人参茎叶提取物对 1 型糖尿病小鼠模型的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 165-169.
- [4] 马萍, 胡荣, 王小英, 等. 中药人参治疗糖尿病的研究进展[J]. 湖北中医药大学学报, 2013, 15(1): 63-65.
- [5] 周文, 王晖, 杨元生, 等. 中药有效成分治疗糖尿病的研究进展[J]. 广东药学院学报, 2013, 29(2): 219-222.
- [6] YOO K M, LEE C Y, LO Y M, et al. The hypoglycemic effects of american red ginseng (*Panax quinquefolius* L.) on a diabetic mouse model[J]. Journal of Food Science, 2012, 77(7): 147-151.
- [7] JEON W J, OH J S, PARK M S, et al. Anti-hyperglycemic effect of fermented ginseng in type 2 diabetes mellitus mouse model[J]. Phytotherapy Research, 2012, 27(2): 167-172.
- [8] HONG B N, JI M G, KANG T H, et al. The efficacy of red ginseng in type 1 and type 2 diabetes in animals [J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013, 2013: 2-6.
- [9] 孙彬, 李迪, 毛瑞雪, 等. 吉林人参低聚肽对糖尿病大鼠的降血糖作用研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(10): 62-65.
- [10] 李树锦, 金乾坤, 李晓东, 等. 浅谈食品辐照技术的研究现状[J]. 延边大学农学学报, 2012, 34(4): 362-366.
- [11] 耿建暖. 食品辐照技术及其食品中的应用[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(15): 109-112.
- [12] SEO Y S, SHON M Y, KONG R, et al. Black ginseng extract exerts anti-hyperglycemia effect via modulation of glucose metabolism in liver and muscle[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 190: 231-240.
- [13] JIANG Shuang, REN Da-yong, LI Jian-rui, et al. Effect of compound K on hyperglycemia and insulin resistance in rats with type 2 diabetes mellitus[J]. Firoterapia, 2014(95): 56-58.
- [14] 李鹏飞, 于婷, 李雪, 等. 电子束辐照对人参抗肿瘤作用的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(8): 1524-1533.
- [15] 梅婷婷. 浅谈产品形态的情感化设计[J]. 上海工艺美术, 2016, 34(1): 68-69.
- [16] 罗兰. 交互设计情感化设计现状及发展研究综述[J]. 中国包装, 2018, 38(12): 33-35.
- [17] 刘宗明, 赵月浩. 基于产品全生命周期理念的食品包装低碳设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 128-131, 167.
- [18] 高洋, 马东明, 钱皓. 仿生产品设计过程研究[J]. 工业设计, 2018(8): 40-41.
- [19] 张冰钰. 基于趣味构成形式的现代食品包装设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 113-117.
- [20] 殷石. 食品包装中图形的设计心理沟通[J]. 长春理工大学学报, 2011, 6(5): 100-101.
- [21] 朱婷. 快消品牌的包装新选择[J]. 数字印刷, 2017(10): 49-52.
- [22] 陶卫丽. 从 Pentawards 奖看扁平化视觉元素在包装设计中的应用[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 132-135.
- [23] 张国庆. 新媒体时代的注意力经济[J]. 财富时代, 2019(8): 27-32.
- [24] 吴新林, 徐依琼, 茆艳, 等. 针对行为障碍的人性化老年医药包装设计方法[J]. 湖南包装, 2019, 34(1): 36-38.
- [25] 周娉, 陈雨薇, 石佳琦. 基于用户体验的博物馆文创产品个性化定制 APP 设计[J]. 湖南包装, 2019, 34(2): 97-101.
- [26] 钟科, 王海忠, 杨晨. 感官营销研究综述与展望[J]. 外国经济与管理, 2016, 38(5): 69-85.
- [27] 肖颖喆, 杨佳玉. 基于消费者情感体验和需求的包装设计策略研究[J]. 绿色包装, 2018(10): 64-68.
- [28] 张佳宁, 高显. 建筑设计中构成的趣味性研究[J]. 湖南包装, 2018, 33(1): 14-16, 73.
- [29] 张结宜, 徐向明. 塑造和提升品牌形象的产品包装设计[J]. 艺海, 2018(9): 98-99.
- [30] 龚艳燕. 用户体验视角下的平面物料创新设计新趋势[J]. 湖南包装, 2018, 33(6): 45-49, 53.

(上接第 125 页)

- [3] 梅婷婷. 浅谈产品形态的情感化设计[J]. 上海工艺美术, 2016, 34(1): 68-69.
- [4] 罗兰. 交互设计情感化设计现状及发展研究综述[J]. 中国包装, 2018, 38(12): 33-35.
- [5] 刘宗明, 赵月浩. 基于产品全生命周期理念的食品包装低碳设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 128-131, 167.
- [6] 高洋, 马东明, 钱皓. 仿生产品设计过程研究[J]. 工业设计, 2018(8): 40-41.
- [7] 张冰钰. 基于趣味构成形式的现代食品包装设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 113-117.
- [8] 殷石. 食品包装中图形的设计心理沟通[J]. 长春理工大学学报, 2011, 6(5): 100-101.
- [9] 朱婷. 快消品牌的包装新选择[J]. 数字印刷, 2017(10): 49-52.
- [10] 陶卫丽. 从 Pentawards 奖看扁平化视觉元素在包装设计中的