

2种茶叶多糖降血糖效果的比较

石玉涛^{1,2} 余志¹ 陈玉琼¹ 倪德江¹

1. 华中农业大学园艺林学学院/园艺植物生物学教育部重点实验室, 武汉 430070;

2. 武夷学院茶与食品学院, 武夷山 354300

摘要 研究迎霜茶多糖(T01-TPS)和云南大叶种茶多糖(T09-TPS)对四氧嘧啶致糖尿病小鼠的降血糖作用。对正常小鼠和四氧嘧啶造模的高血糖小鼠分别经过灌胃给予2种茶多糖14 d,测定给药前后小鼠的空腹血糖值、体质量与免疫器官质量,进行糖耐量试验。结果表明:迎霜茶多糖和云南大叶种茶多糖均能较好地降低糖尿病小鼠血糖水平,表现出一定的量效关系,并能减缓糖尿病小鼠多食、多饮和消瘦症状;2种茶多糖能使糖尿病小鼠的血糖曲线下面积明显下移,提高糖尿病模型小鼠的葡萄糖耐量;可使糖尿病小鼠的胸腺指数和脾脏指数提高,促进糖尿病小鼠脾脏和胸腺的发育,说明2种茶多糖具有明显的降血糖作用和一定的增强免疫调节能力的作用,迎霜茶多糖效果优于云南大叶种茶多糖。

关键词 茶多糖; 茶树品种; 降血糖; 糖尿病

中图分类号 S 571.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)02-0113-07

通过化学方法合成的治疗糖尿病的药物长期使用会对人体产生较大的副作用,因此,从天然产物中筛选降血糖药物,是开发糖尿病药物的一条可行途径^[1]。中国和日本民间常采用饮用粗老茶的方法治疗糖尿病,研究证实,其有效药理成分主要是茶多糖(TPS)^[2-3]。研究表明,采用不同提取方法、不同原料所获得的茶多糖降血糖活性具有较大差异。清水岑夫^[4]比较了不同温度的水浸提番茶所得TPS的降血糖效果,表明低温浸提的TPS具有更明显的降血糖效果,茶多糖活性随浸提温度的提高而下降。Tadakazu等^[5]研究发现,采用合成树脂HP₂MG从绿茶浸提液中分离出的TPS具有明显的降血糖效果。李布青等^[6]采用不同溶剂提取绿茶TPS,并进行降血糖试验,发现用丙酮沉淀分离的TPS降血糖作用最佳。倪德江等^[7-8]以四氧嘧啶复制糖尿病小鼠模型,比较不同茶类多糖的降血糖效果,表明各类茶叶多糖都具有较好的降血糖效果,且半发酵、全发酵、后发酵茶类的TPS的降血糖效果优于不发酵的绿茶类;还比较了不同产地和品种茶叶的TPS对DM小鼠降血糖效果,发现茶叶原料的产地、品种及加工工艺对茶多糖的降血糖效果都有明显的影响。

笔者所在实验室前期对不同茶树品种多糖清除·OH和O₂⁻·等自由基的活性分析表明,品种间多糖抗氧化活性有较大差异,茶树品种间多糖存在生物多样性^[9]。经过对湖北、江西、重庆、云南等地140个茶树品种(系)茶叶多糖清除·OH和O₂⁻·等自由基活性的分析,筛选出一批抗氧化活性较强和较弱的品种多糖^[10]。本文采用四氧嘧啶复制实验型小鼠糖尿病模型,比较具有较强抗氧化活性的迎霜茶多糖和较弱抗氧化活性的云南大叶种茶多糖在体内降血糖效果的差异,考察茶多糖降血糖作用与茶树品种之间的关联及其可能机制,为功能性茶树品种的选育以及茶叶多糖的开发应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

采摘迎霜 *Camellia sinensis* (编号 T01) 和云南大叶种 *Camellia sinensis* (编号 T09) 鲜叶原料, 采摘标准为一芽四五叶, 蒸青固样后烘干, 粉碎后过孔径为 0.2 mm 筛。SPF 级昆明种雄性小鼠, 体质量 (20±2) g, 湖北省实验动物中心提供。四氧嘧啶 (alloxan), Sigma 公司; 格列本脲片, 天津太平洋制

收稿日期: 2014-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30972402); 福建省教育厅 A 类科技项目(JA11260); 武夷学院青年教师专项科研项目(xq201014)

石玉涛, 助教, 研究方向: 茶叶加工与资源综合利用. E-mail: shiyt2010@163.com

通讯作者: 倪德江, 博士, 教授, 研究方向: 茶叶加工与功能化学. E-mail: nidj@mail.hzau.edu.cn

药有限公司;葡萄糖(AR),国药集团化学试剂有限公司;血糖仪,日本京都 GT-1640 型;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 试验方法

1) 茶多糖的提取。茶多糖的提取参考倪德江等^[8]的方法。茶叶粉碎样品→55℃的蒸馏水 1:20 (m/V) 55℃磁力搅拌浸提 2.5 h→过滤→滤液 4 000 r/min 离心 15 min→取上清液→3 倍体积 95%乙醇沉淀→离心后取沉淀→冷冻干燥得茶多糖粗品。迎霜和云南大叶种茶叶粗多糖,分别记为 T01-TPS、T09-TPS。

2) 茶多糖基本组成分析。中性糖含量采用硫酸-蒽酮比色法^[11],蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法^[11]。茶多酚含量采用酒石酸铁比色法^[11]。糖醛酸含量采用硫酸-咔唑法^[8]。

3) 四氧嘧啶诱导小鼠糖尿病模型的建立。取体质量(20±2) g 小鼠 120 只,适应性喂养 7 d 后,禁食不禁水 24 h,随机取 10 只作为正常对照组,腹腔注射等量生理盐水,其余小鼠每只腹腔注射 200 mg/kg 四氧嘧啶,临用前冰浴中用生理盐水配制成 2%的溶液,注射后恢复正常进食。72 h 后,小鼠剪尾尖取血,血糖仪测量空腹血糖值,测定前禁食不禁水 12 h,空腹血糖值大于 11.10 mmol/L 的小鼠为成功造模的高血糖小鼠^[12]。

4) 茶多糖降血糖试验。取正常小鼠 10 只为正常对照组(NCG),再将高血糖小鼠随机分为糖尿病模型组(MCG)、阳性对照组(PCG)、T01-TPS 低、中、高剂量组以及 T09-TPS 低、中、高剂量组等 8 组。正常对照组(NCG)和糖尿病模型组(MCG)每

天每只一次性灌胃等量生理盐水,阳性对照组(PCG)每天每只分别一次性灌胃格列本脲片 5 mg/kg,茶多糖低、中、高剂量组每天每只一次性灌胃茶多糖溶液 100、300、600 mg/kg,连续进行 14 d,各组饲喂基础饲料和自由饮水,给药 7 d 和 14 d 后测定小鼠空腹血糖值。试验完成时,小鼠称质量后处死,解剖并观察各脏器病变情况并取小鼠肾脏、肝脏、脾脏、胸腺称湿质量。试验时环境温度为 18~22℃、湿度 50%~60%、动物实验室照明暗时间各 12 h,每天观察并记录小鼠体质量、饮水量、排尿量、进食量、被毛及精神状况。

5) 糖耐量试验。小鼠测定空腹血糖值后,继续灌胃给药 2 d。小鼠禁食 12 h,每只灌胃葡萄糖溶液 2.0 g/kg,0、30、120 min 后分别测定血糖值并计算血糖曲线下面积(AUC)。血糖曲线下面积 $S(\text{mmol/L}) = (a + 4b + 3c) / 4$,其中 a 、 b 、 c 分别为灌胃葡萄糖溶液 0、30、120 min 后的血糖值^[13]。

1.3 数据处理

采用 Excel 2013 和 SPSS Statistics 20 软件进行数据统计处理,数据结果用 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间两两比较采用 Duncan's 检验法,不同组间差异采用单因素方差分析(One-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 茶多糖的主要组成分析

表 1 分析结果表明,云南大叶种多糖(T09-TPS)中性糖、糖醛酸和多酚的含量均显著高于迎霜多糖(T01-TPS),2 种茶多糖中蛋白质含量无明显差异。

表 1 T01-TPS 和 T09-TPS 的主要化学组成¹⁾

Table 1 The chemical composition of T01-TPS and T09-TPS

茶多糖粗品 Sample	中性糖 Neutral sugar	蛋白质 Protein	糖醛酸 Uroni acid	茶多酚 Polyphenol
T01-TPS	39.17±0.55 A	2.90±0.36 Aa	18.65±1.01 A	5.93±0.63 A
T09-TPS	44.84±0.72 B	3.73±0.59 Aa	23.73±0.94 B	8.56±0.56 B

1) 同列数据后不同大写字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$),不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。Different capital letters after data in the same line indicate the significant level at 0.01, and lowercase letters indicate the significant level at 0.05.

2.2 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠空腹血糖的影响

造模后及给药 7、14 d 后小鼠空腹血糖值测定结果见表 2。从表 2 中可以看出,2 种茶多糖的降血糖作用均呈现出一定的量效关系,T01-TPS 和 T09-TPS 的低、中、高剂量组及格列本脲片均可降低糖尿病小鼠血糖含量。与模型对照组相比,给药 7 d

后 T01-TPS 高剂量组和 T09-TPS 高剂量组降血糖作用分别达极显著水平($P < 0.01$)和显著水平($P < 0.05$)。给药 14 d 后,各组小鼠血糖含量明显降低,与模型对照组相比,阳性对照组、T01-TPS、T01-TPS 的中、高剂量组,降血糖作用达极显著水平($P < 0.01$);T01-TPS、T01-TPS 低剂量组达显著水平($P < 0.05$)。T01-TPS 高剂量组降血糖作用与阳

表 2 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠空腹血糖的影响¹⁾

Table 2 Effect of TPS on blood glucose of alloxan-induced hyperglycemic mice

组别 Group	每只剂量/(mg/kg) Dose	血糖含量/(mmol/L) Blood glucose		
		0 d	7 d	14 d
NCG	/	4.57±0.21	4.28±0.13	5.12±0.21
MCG	/	21.39±2.37 A	24.72±2.81 A	28.60±1.12 A
PCG	5	22.24±3.05 A	19.10±3.00 A	21.86±1.00 AB
T01-TPS 低 Low	100	21.82±2.21 A	20.33±1.44 A	24.52±1.06 Ab
T01-TPS 中 Middle	300	22.20±2.20 A	18.17±3.62 A	20.93±1.48 AB
T01-TPS 高 High	600	21.49±1.44 A	14.31±2.37 AB	16.19±1.03 ABC
T09-TPS 低 Low	100	21.64±2.09 A	22.10±2.58 A	24.03±2.22 Ab
T09-TPS 中 Middle	300	20.68±2.19 A	21.43±2.06 A	19.18±1.43 AB
T09-TPS 高 High	600	20.92±1.84 A	15.77±1.80 Ab	17.68±1.83 AB

1) a: $P < 0.05$, A: $P < 0.01$ 与 NCG 比较; b: $P < 0.05$, B: $P < 0.01$, 与 MCG 比较; c: $P < 0.05$, C: $P < 0.01$ 与 PCG 比较; a: $P < 0.05$, A: $P < 0.01$ Compared with NCG; b: $P < 0.05$, B: $P < 0.01$ Compared with MCG; c: $P < 0.05$, C: $P < 0.01$, Compared with PCG. 下表同 The same as follow Tables.

性对照组相比差异达极显著水平($P < 0.01$), 表明其降血糖效果优于格列本脲片和 T09-TPS。

2.3 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠糖耐量的影响

糖耐量试验结果(表 3、图 1)显示, NCG 组小鼠在灌胃葡萄糖后, 血糖含量在 30 min 升至最高后逐渐恢复, 120 min 时降到正常水平。MCG 组小鼠血糖含量在 30 min 时达到最高水平, 其后一直维持较高水平, 说明其糖耐量降低。在各给药组中, T09-TPS 低剂量组小鼠表现出糖耐量降低的特征。与 MCG 组相比, PCG 组、T01-TPS 高剂量组、T09-TPS 的中、高剂量组差异极显著($P < 0.01$), T01-TPS 低、中剂量组差异显著($P < 0.05$)。PCG 组和 2 种茶多糖各剂量组血糖曲线下面积下移, 其中 T01-TPS 中、高剂量组、T09-TPS 高剂量组差异达极显著水平($P < 0.01$), 表明茶多糖可明显改善小鼠的葡萄糖耐量, 并具有一定的量效关系。与 PCG 组相比, T01-TPS 高剂量组血糖曲线下面积差异达极显著水平($P < 0.01$), 表明其降血糖效果优于阳

性药格列本脲片和 T09-TPS, 如 T01-TPS 高剂量组曲下面积为 (43.70 ± 2.57) mmol/L, 而 T09-TPS 处理组为 (44.31 ± 2.04) mmol/L。

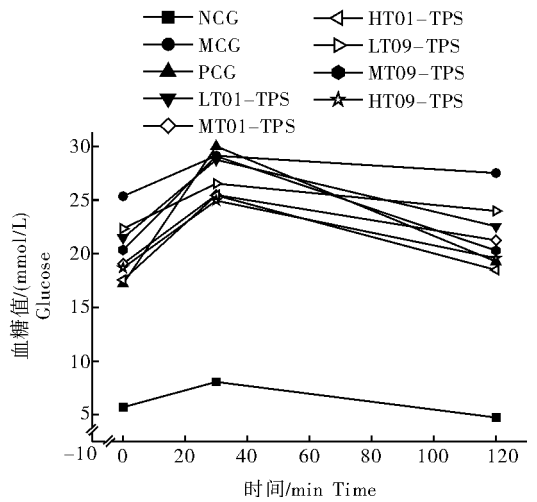


图 1 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠糖耐量的影响
Fig. 1 Effect of TPS on oral glucose tolerance test of alloxan-induced hyperglycemic mice

表 3 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠糖耐量的影响

Table 3 Effect of TPS on oral glucose tolerance test of alloxan-induced hyperglycemic mice

组别 Group	每只剂量/(mg/kg) Dose	血糖含量/(mmol/L) Blood glucose			曲线下面积/ (mmol/L) AUC
		0 min	30 min	120 min	
NCG	/	5.71 ± 0.65	6.04 ± 0.42	4.75 ± 0.62	13.06 ± 1.32
MCG	/	25.36 ± 1.36 A	29.12 ± 2.13 A	27.51 ± 0.88 A	56.10 ± 1.86 A
PCG	5	17.20 ± 1.54 AB	30.01 ± 2.00 A	19.26 ± 2.89 AB	48.76 ± 3.67 AB
T01-TPS 低 Low	100	21.48 ± 2.16 A	28.77 ± 0.89 A	22.56 ± 2.01 Ab	51.05 ± 1.92 A
T01-TPS 中 Middle	300	19.07 ± 1.92 AB	25.48 ± 2.66 A	21.26 ± 1.62 Ab	46.19 ± 2.10 AB
T01-TPS 高 High	600	17.56 ± 1.13 AB	25.44 ± 2.02 A	18.49 ± 1.64 AB	43.70 ± 2.57 AB
T09-TPS 低 Low	100	22.33 ± 1.33 Ac	26.53 ± 2.28 A	23.99 ± 1.65 A	50.11 ± 2.86 A
T09-TPS 中 Middle	300	20.34 ± 1.47 Ab	29.09 ± 1.21 A	20.30 ± 1.10 AB	49.40 ± 1.34 A
T09-TPS 高 High	600	18.68 ± 1.13 AB	24.95 ± 1.71 A	19.58 ± 1.37 AB	44.31 ± 2.04 AB

2.4 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠免疫器官的影响

由表 4 可知, MCG 组小鼠的胸腺指数、脾脏指数明显低于 NCG 组, 表明造模后小鼠的胸腺和脾脏萎缩, 免疫功能显著降低; 灌胃不同剂量的茶多糖, 可提高小鼠的胸腺指数和脾脏指数。在改善脾脏器官方面, 与 MCG 组相比, T01-TPS 高剂量组差异极显著 ($P < 0.01$), T09-TPS 高剂量组差异显著 ($P < 0.05$)。与 MCG 组相比, T01-TPS 和 T09-

TPS 高剂量组的胸腺指数差异均达极显著水平 ($P < 0.01$), 表明 T01-TPS 和 T09-TPS 能促进糖尿病小鼠胸腺和脾脏的发育, 具有增强免疫能力的作用, 且 T01-TPS 的效果要优于 T09-TPS。与 NCG 组相比, 高血糖小鼠肾脏指数明显降低, 灌胃不同剂量茶多糖后, 肾脏指数有不同程度提高; 与 MCG 组相比, T01-TPS 中、高剂量组和 T09-TPS 高剂量组差异极显著 ($P < 0.01$), 表明 T01-TPS 和 T09-TPS 对糖尿病小鼠的肾脏发育具有一定治疗作用。

表 4 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠免疫器官的影响

Table 4 Effect of TPS on organ weight of alloxan-induced hyperglycemic mice

组别 Group	每只剂量/(mg/kg) Dose	肾脏指数/(mg/g) Kidney index	脾脏指数/(mg/g) Spleen index	胸腺指数/(mg/g) Thymus index
NCG	/	16.13±1.01	5.15±0.31	2.73±0.25
MCG	/	9.24±0.62 A	1.38±0.15 A	0.69±0.11 A
PCG	5	13.43±1.39 AB	1.60±0.24 A	1.30±0.14 A
T01-TPS 低 Low	100	11.02±1.84 AC	2.71±0.21 A	1.13±0.33 A
T01-TPS 中 Middle	300	12.33±1.63 AB	2.54±0.23 A	1.13±0.36 A
T01-TPS 高 High	600	13.44±1.83 AB	3.44±0.21 aBc	1.70±0.25 AB
T09-TPS 低 Low	100	9.63±0.74 AC	2.52±0.34 A	0.85±0.05 A
T09-TPS 中 Middle	300	10.53±1.12 AC	2.46±0.72 A	0.88±0.10 A
T09-TPS 高 High	600	12.56±1.31 AB	3.17±0.91 Abc	1.64±0.23 AB

2.5 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠糖尿病症状的影响

1) 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠每日饮水量的影响。由图 2 可知, 四氧嘧啶所致高血糖小鼠每日饮水量显著增加, 其中以 MCG 组小鼠的每日饮水量最大且呈现上升趋势, PCG 组、T01-TPS、T09-TPS 的各剂量组小鼠的日饮水量低于 MCG 组, 随着给药时间的延长, T01-TPS 和 T09-TPS 的各剂量组小鼠的日饮水量逐渐降低, 且 2 种茶多糖高剂量组降低效果较为明显。

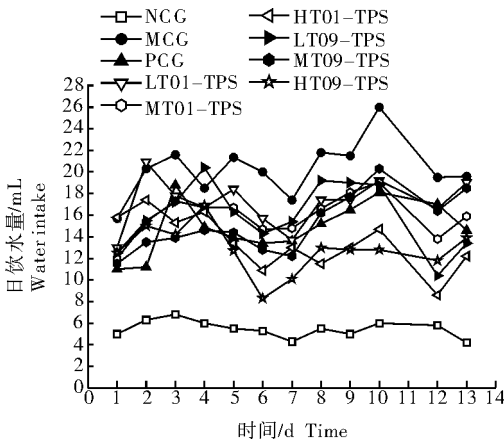


图 2 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠每日饮水量的影响
Fig. 2 Effect of TPS on water intake of alloxan-induced hyperglycemic mice

2) 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠每日进食量的影响。由图 3 可看出, 四氧嘧啶致高血糖小鼠日进食量显著增加; 在试验过程中, MCG 组小鼠进食多且逐渐增加, 灌胃茶多糖后 2 种茶多糖各剂量组小鼠日进食量逐渐减少, 但各组未见明显差异。

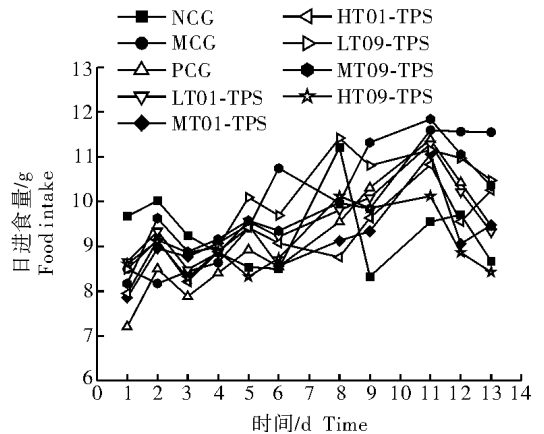


图 3 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠每日进食量的影响
Fig. 3 Effect of TPS on food intake of alloxan-induced hyperglycemic mice

3) 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠体质量的影响。由表 5 可知, 造模后小鼠体质量明显减轻, 表现出多食、多饮、多尿, 体质量下降的“三多一少”症状。灌胃茶多糖 14 d 后, 小鼠体质量虽有所增加, 但与

表 5 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠体质量的影响

Table 5 Effect of TPS on body weight of alloxan-induced hyperglycemic mice

组别 Group	每只剂量/(mg/kg) Dose	造模前 Normal mice	造模后 After i. p. of alloxan	给药 14 d 后 14 d after administration
NCG	/	22.29±2.08	27.10±2.56	36.07±3.13
MCG	/	22.48±2.45	19.80±1.56 A	21.87±2.61 A
PCG	5	22.08±1.22	20.26±1.03 A	23.81±2.11 A
T01-TPS 低 Low	100	23.20±1.57	20.72±2.43 A	26.72±2.64 Ab
T01-TPS 中 Middle	300	21.53±1.15	21.26±2.30 A	24.38±1.32 A
T01-TPS 高 High	600	22.81±1.38	20.48±1.22 A	24.56±2.32 A
T09-TPS 低 Low	100	22.64±2.22	19.87±1.67 A	25.34±2.11 A
T09-TPS 中 Middle	300	21.71±1.03	19.15±2.09 A	24.30±2.35 A
T09-TPS 高 High	600	22.27±2.05	21.56±1.14 A	26.20±2.65 A

NCG 组相比,具有极显著差异($P<0.01$)。其中,应较为迟缓,排尿量多,垫料湿。NCG 组小鼠皮毛 T01-TPS 低剂量组小鼠体质量与 MCG 组相比差异显著($P<0.05$),体质量回升较为明显。茶多糖组小鼠皮毛较白,排尿量相对于 MCG 组小

4)茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠外观的影响。鼠较少。T01-TPS 和 T09-TPS、高剂量组小鼠较活试验期间,MCG 组小鼠皮毛略黄,无光泽,少动,反泼且排尿量较少(表 6)。

表 6 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠外观的影响

Table 6 Effect of TPS on appearance of alloxan-induced hyperglycemic mice

组别 Group	每只剂量/(mg/kg) Dose	皮毛状况 Skin	精神状态 Spirit	排尿量 Urination
NCG	/	皮毛浓密,白而有光泽	多动,反应灵敏	少,垫料干燥
MCG	/	较稀疏,略显黄色无光泽	少动萎靡,反应较慢	多,垫料湿
PCG	5	较稀疏,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较多,垫料湿
T01-TPS 低 Low	100	较稀疏,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较多,垫料湿
T01-TPS 中 Middle	300	较密,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较少,垫料较干
T01-TPS 高 High	600	较密,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较少,垫料较干
T09-TPS 低 Low	100	较稀疏,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较多,垫料湿
T09-TPS 中 Middle	300	较稀疏,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较多,垫料较湿
T09-TPS 高 High	600	较密,较白,有光泽	较活泼,反应较灵敏	较少,垫料较干

3 讨论

四氧嘧啶可通过激活产生大量自由基破坏胰岛 β 细胞,可使机体胰岛素减少,引起血糖升高,从而造成实验性糖尿病^[13-14]。研究表明,糖尿病人和糖尿病动物模型的抗氧化能力均下降^[15-16]。本研究中,在灌胃茶多糖后,小鼠的血糖值显著低于糖尿病模型对照组,糖耐量试验结果也显示,T01-TPS 中、高剂量组和 T09-TPS 高剂量组能使糖尿病小鼠血糖曲线下面积明显下移,由此可推测茶多糖可减弱四氧嘧啶对胰岛 β 细胞的损伤或改善已损伤的胰岛 β 细胞^[17],缓解糖尿病小鼠症状,这可能与茶多糖促进机体合成 SOD 等酶类抗氧化剂以及增强机体清除自由基的能力有关^[18-20]。胸腺和脾脏是机体特异性免疫系统的重要器官。T01-TPS 和 T09-TPS 高

剂量组能显著提高糖尿病小鼠的胸腺和脾脏指数,表明茶多糖可促进机体免疫器官增殖和修复,具有增强机体免疫功能的作用。研究表明,植物多糖降血糖作用机理主要与其对激素水平的影响和对糖代谢酶活性的调节有关^[21]。笔者所在实验室前期研究显示乌龙茶多糖对糖尿病小鼠有较好的免疫恢复功能^[22]。试验结果显示迎霜茶多糖(T01-TPS)和云南大叶种茶多糖(T09-TPS)既能降低糖尿病小鼠血糖又有促进糖尿病小鼠免疫器官发育的作用,具有一定的增强机体免疫能力作用,推测其降血糖机理可能与提高糖尿病小鼠的免疫调节能力有关。

研究发现,植物品种间多糖的降血糖活性存在较大差异^[23-25],多糖的生物活性与其结构密切相关,并且高级结构比一级结构对活性有更大影响^[26]。如 Konno 等^[23]从人参中分离纯化出 21 种多糖

Panaxans A-U,其主成分 A 的结构是相对分子质量为 14 000 的葡聚糖,所有的 D-Glcp 均以 α -(1 \rightarrow 3) 或 α -(1 \rightarrow 6)糖苷键连接,有分支,并含有 1.7% 的肽。Misaki 等^[27]从灵芝中分离的多糖含有 β -(1 \rightarrow 3)、(1 \rightarrow 4)、(1 \rightarrow 6)糖苷键,由阿拉伯糖、木糖和葡萄糖组成,相对分子质量为 4×10^5 。对知母、薏苡仁、刺五加、米糠、紫菜、茶叶等具有降血糖作用的植物多糖的研究也发现其结构基本都是杂多糖^[28-29]。本试验结果表明,迎霜茶多糖(T01-TPS)和云南大叶种茶多糖(T09-TPS)对四氧嘧啶引起的小鼠实验性糖尿病有明显的降血糖作用和一定的增强免疫调节能力的作用,而且迎霜茶多糖效果优于云南大叶种茶多糖,表明品种间茶多糖降血糖活性差异,这可能与不同品种茶多糖的结构差异有关。王元凤等^[30]研究表明,酸性杂聚糖的降血糖活性比中性茶多糖强。倪德江等^[31]研究表明,鲜叶加工成不同的茶类多糖的相对分子质量、糖的组成、溶液行为已经发生变化,随之活性也变化。本试验所使用的多糖 T01-TPS 和 T09-TPS 分别来源于迎霜和云南大叶种,基本组成分析表明,云南大叶种多糖(T09-TPS)中性糖、糖醛酸和多酚的含量均高于迎霜多糖(T01-TPS),但总体降血糖效果呈现相反的趋势。这一结果说明,茶叶多糖的结构变化可能是引起活性差异的主要因素。刘思思^[10]和孙娅^[32]的初步分析表明,2 种茶叶多糖的糖基组成、相对分子质量分布均存在较大差异。进一步深入分析比较不同茶树品种茶多糖之间的结构差异,将会为探明高活性茶多糖的构效关系提供更有价值的依据。

致 谢 试验所用迎霜品种茶叶由杭州市茶叶科学研究所余继忠所长提供,特此致谢!

参 考 文 献

- [1] ZHANG M, CHEN M, ZHANG H Q, et al. *In vivo* hypoglycemic effects of phenolics from the root bark of *Morus Alba*[J]. *Fitoterapia*, 2009, 80: 475-477.
- [2] SIGAKII K, TAKAKUWA T, TAKEO T. Anti-diabetes mellitus effect of water-soluble tea polysaccharide[C]//Tea Science Society of Japan. Proceedings of International Symposium on Tea Science, 1992. Shizuoka, Japan: The Organizing Committee of ISTS, 1992: 240-241.
- [3] 汪东风, 谢晓风, 蔡永成, 等. 粗老茶治疗糖尿病的药理成分分析[J]. *中草药*, 1995, 26(5): 23-25.
- [4] 清水岑夫. 刘维华, 译. 探讨茶叶的降血糖作用以从茶叶中提取抗糖尿病的药物[J]. *国外农学: 茶叶*, 1987(3): 38-40.
- [5] TADAKAZU T, TOMOKI U, HITOSHI K, et al. The chemical properties and functional effects of polysaccharides dissolved in green tea infusion[J]. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 1998, 45(4): 270-272.
- [6] 李布青, 张惠玲, 舒庆龄, 等. 中低档绿茶中茶多糖的提取及降血糖作用[J]. *茶叶科学*, 1996, 16(1): 67-72.
- [7] 倪德江, 谢笔钧, 宋春和. 不同茶类多糖对实验型糖尿病小鼠治疗作用的比较研究[J]. *茶叶科学*, 2002, 22(2): 160-163.
- [8] 倪德江, 陈玉琼, 谢笔钧, 等. 绿茶、乌龙茶、红茶的茶多糖组成、抗氧化及降血糖作用研究[J]. *营养学报*, 2004, 26(1): 57-60.
- [9] 陈玉琼, 余志, 张芸, 等. 茶树品种、部位和嫩度对茶多糖含量和活性的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2005, 24(4): 406-409.
- [10] 刘思思. 茶树品种间多糖组成、活性差异及高活性茶多糖的结构分析[D]. 武汉: 华中农业大学图书馆, 2009.
- [11] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [12] 徐淑云, 卞如谦, 陈修. 药理实验方法学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 1516-1519.
- [13] 邹瑶. 茉莉花渣多糖降血糖、改善糖尿病症状作用的研究[J]. *食品科技*, 2011(2): 157-160.
- [14] 苟兴能, 张克英, 勾宗蓉, 等. 川麦冬多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠的降血糖作用的实验研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(13): 359-360.
- [15] TAKAHASHI M, MASUYAMA J, IKEDA U, et al. Effects of endogenous endothelial interleukin on neutrophil migration across an endothelial monolayer[J]. *Cardiovasc Res*, 1995, 29(5): 670-675.
- [16] GUTTERIDGE J M. Lipid peroxidation and antioxidant as biomarkers of tissue damage[J]. *Clinical Chemistry*, 1995, 41(12): 1819-1828.
- [17] GHOSH S, SURYAWANSHI S A. Effect of *Vinca rosea* extracts in treatment of alloxan rats[J]. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2001, 39(8): 748-759.
- [18] 陈海霞, 谢笔钧. 茶多糖对小鼠实验性糖尿病的防治作用[J]. *营养学报*, 2002, 24(1): 85-86.
- [19] 陈建国, 来伟旗, 江月仙, 等. 茶多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠调节血糖及其抗氧化作用机理的探讨[J]. *毒理学杂志*, 2009, 23(4): 299-301.
- [20] 江和源, 郑高利. 茶多糖降小鼠血糖功能的实验研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(6): 166-168.
- [21] BASNET P, KADOTA S, SHIMIZU M, et al. Bellidifolin stimulates glucose uptake in rat fibroblasts and ameliorates hyperglycemic in streptozotocin-induced diabetic rats[J]. *Planta Medica*, 1995, 61(5): 402-405.
- [22] 陈玉琼, 余志, 张芸, 等. 乌龙茶多糖对糖尿病鼠免疫功能的影响[J]. *营养学报*, 2006, 28(2): 156-159.
- [23] KONNO C, SUGIYAMA K, KANO M, et al. Isolation and hypoglycemic activity of panaxans A, B, C, D and E, G glycans of *Panax ginseng* roots[J]. *Planta Med*, 1984, 50(5): 434-436.
- [24] 张拥军, 李佳, 朱丽云, 等. 不同品种的南瓜多糖对糖尿病小鼠血糖的影响研究[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(8): 5-7.

- [25] 张拥军,姚惠源.两种不同品种的南瓜多糖降糖效果研究[J].食品科学,2002,23(2):118-120.
- [26] 丰贵鹏.多糖结构的研究方法及其活性的研究进展[J].平原大学学报,2006,23(5):128-130.
- [27] MISAKI A, KALUTA M, SASAKI T, et al. Studies on interrelation of structure and antitumor effects of polysaccharides; antitumor action of periodate-modified, branched (1 goes to 3)-beta-D-glucan of *Auricularia auricula-judae*, and other polysaccharides containing (1 goes to 3)-glycosidic linkages[J]. Carbohydr Research, 1981, 92(1):115-129.
- [28] 佟丽,黄添友.刺五加多糖抗肿瘤作用与机理的实验研究[J].中国药理学通报,1994,10(2):105-109.
- [29] 张芝,杨明,孟宪丽,等.日本研究多糖的新进展[J].国外医学中医中药分册,1997,19(3):46-48.
- [30] 王元凤,金征宇.茶叶中酸性杂多糖的部分化学性质及降血糖活性的研究[J].天然产物研究与开发,2005,117(4):424-427.
- [31] 倪德江,陈玉琼,余志,等.乌龙茶加工过程多糖的变化、组分分离及特性研究[J].茶叶科学,2005,25(4):282-288.
- [32] 孙娅.茶树品种间多糖组成、活性差异及低活性茶多糖的结构分析[D].武汉:华中农业大学图书馆,2007.

Hypoglycemic effects of two tea polysaccharides

SHI Yu-tao^{1,2} YU Zhi¹ CHEN Yu-qiong¹ NI De-jiang¹

1. College of Horticulture and Forestry Science, Huazhong Agricultural University / Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Wuhan 430070, China;
2. College of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan 354300, China

Abstract Effects of T01-TPS extracted from Yingshuang (*Camellia sinensis*) and T09-TPS extracted from Yunnan Dayezhong (*Camellia sinensis*) on alloxan-induced diabetes mice were studied. Different groups of normal mice and diabetic mice induced by alloxan were administered TPS for 14 days. Fasting blood glucose, weight of body, and immune organs were determined before and after treatment. The glucose tolerance tests were carried out. The results showed that both T01-TPS and T09-TPS significantly decreased the blood glucose level in alloxan-induced mice which was correlated with the dosage of TPS to some degree and increased the glucose tolerance in alloxan-induced mice. Both T01-TPS and T09-TPS improved the index of thymus and spleen. It is indicated that T01-TPS and T09-TPS had remarkable hypoglycemic effect and immune-enhancing activity. The effect of T01-TPS was better than that of T09-TPS.

Key words tea polysaccharides; tea varieties; hypoglycemic activity; diabetes

(责任编辑:陆文昌)