

红茶提取物减肥作用研究

郭郁, 吴涛, 刘锐, 张民

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津食品安全低碳制造协同创新中心, 天津 300457)

摘要: 本文研究了红茶热水浸提物、茶多酚及茶多糖提取物对大鼠的减肥作用。通过饲喂高脂饲料建立大鼠肥胖模型, 检测不同红茶提取物对肥胖大鼠体重、李氏指数、脂肪重量、相关生化指标、脂肪细胞形态数量以及粪便脂肪酸含量等指标的影响。结果表明: 红茶各提取物能显著降低肥胖大鼠体重、李氏指数、脂肪重量、血清甘油三酯含量以及肝脏总胆固醇含量(分别平均下降 20.93%、3.04%、37.08%、51.08%和 41.84%), 增加血清脂联素浓度及高密度脂蛋白胆固醇含量(分别平均上升 45.64%和 46.74%), 提高肝脏中 SOD 活力 41.48%, 抑制脂肪细胞膨大, 升高粪便脂肪酸含量 75.22%; 红茶热水浸提物可显著降低血清低密度脂蛋白胆固醇含量 50.00%。因此红茶提取物具有减肥作用, 减轻体重和内脏脂肪重量, 改善脂联素、血脂及抗氧化水平, 减少脂肪细胞积累, 促进脂肪酸随粪便排出, 这一研究发现对人类预防和控制肥胖具有重要意义。

关键词: 红茶; 减肥; 高脂饮食

文章编号: 1673-9078(2017)2-16-20

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.2.003

Study on the Weight-loss Effect of Black Tea Extracts

GUO Yu, WU Tao, LIU Rui, ZHANG Min

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin Food Safety & Low Carbon Manufacturing Collaborative Innovation Center, Tianjin 300457, China)

Abstract: The weight-loss effects of hot water extract of black tea, black tea polyphenols, and black tea polysaccharides were investigated using obese rats. The rat model of obesity was established by high-fat diet feeding, and the effects of different black tea extracts on the body weight of obese rats, Lee's index, visceral adipose tissue mass, related biochemical parameters, morphology and quantity of fat cells, concentration of fecal fatty acid, and other indicators were determined. The results indicated that all black tea extracts could significantly decrease body weight, Lee's index, visceral adipose tissue mass, and the content of serum triglycerides (TGs) and hepatic total cholesterol (TC) of obese rats (by an average of 20.93%, 3.04%, 37.08%, 51.08%, and 41.84%, respectively), increase the content of serum adiponectin (ADPN) and high density lipoprotein cholesterol (HDL) (by an average of 45.64% and 46.74%, respectively), enhance the liver total superoxide dismutase (T-SOD) activity by 41.48%, inhibit fat cell enlargement, and elevate the content of fecal fatty acids by 75.22%. The hot water extract of black tea could effectively decrease the serum low density lipoprotein cholesterol (LDL) level by 50.00%. Therefore, black tea extracts had weight-loss effects and could reduce body weight and visceral adipose tissue mass, enhance serum ADPN content, improve serum lipid profile, increase antioxidant levels, reduce fat cell accumulation, and promote fecal fatty acid discharge. This study has important implications for the prevention and control of human obesity.

Key words: black tea; weight loss; high-fat diet

肥胖是由于遗传因素和环境因素影响, 能量摄入、消耗及贮存共同作用, 而引起的全身性营养代谢慢性炎症, 使机体内脂肪过多沉积, 体重升高, 发生一系列生理病理变化的病症。肥胖会使免疫功能降低, 导

收稿日期: 2015-12-16

基金项目: 天津市自然科学基金项目(15JQNJC46300); 国家自然科学基金项目(31501475)

作者简介: 郭郁(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品生物技术与功能性食品

通讯作者: 张民(1972-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品化学与食品营养学

致多种慢性疾病, 易产生心脑血管疾病、糖尿病以及一些癌症等, 已成为严重的全球公共卫生问题^[1]。因此, 预防和控制肥胖, 减少并发症带来的危害, 已成为研究的热点。

目前减肥的方法主要有运动节食和药物治疗等, 但这些疗法往往会引起营养失衡, 代谢紊乱, 以及一定的副作用和药物依赖, 对机体造成不良影响。因而从天然食品资源中提取有效的减肥功能成分, 获得更安全及高效的减肥途径, 对肥胖的预防和控制具有重要的意义。

我国拥有丰富的茶叶资源, 其中, 红茶是全发酵

茶, 含有茶多酚、茶多糖等多种活性成分。目前有临床研究指出, 红茶可调节餐后血糖, 减少脂质吸收, 可降低血糖和血脂水平^[2]。大量动物实验研究表明, 红茶具有减肥活性, 可控制体重增长, 减小食物利用率, 改善血脂水平, 减少脂质过氧化, 抑制腹部脂肪细胞增大, 降低胰脂肪酶活性^[3,4], 还可以通过调节蛋白激酶 (AMPK), 增强 AMPK 信号通路的磷酸化作用, 使白色脂肪组织转变为棕色脂肪组织^[5]。

本研究拟通过饲喂高脂饲料建立大鼠肥胖模型, 检测不同红茶提取物 (红茶热水浸提物, 红茶多酚提取物, 红茶多糖提取物) 对肥胖大鼠的体重、李氏指数、脂肪重量、脂联素浓度、血脂及抗氧化指标、脂肪细胞形态数量以及粪便脂肪酸含量等指标的影响, 验证其减肥作用, 为红茶减肥功能研究进一步提供实验和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

SPF 级(无特定病原菌) Sprague-Dawley (SD) 雄性大鼠 70 只, 体重 (130±10) g, 由中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心提供, 许可证号: SCXK (军) 2012-0004; 饲养于实验动物中心屏障系统动物实验室, 许可证号: SYXK (津) 2006-0005, 室温保持在 25 °C 左右, 空气湿度 50% 左右, 12 h 光照/12 h 黑暗昼夜节律, 分笼饲养, 每笼 5 只, 自由进食和饮水; 基础饲料为标准鼠饲料, 购于中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心, 许可证号: SCXK (军) 2007-005, 高脂饲料实验室自制, 配方为 79% 基础饲料, 10% 乳化猪油, 10% 蛋黄粉, 0.5% 胆固醇, 0.5% 胆酸盐。红茶产地安徽祁门, 购自天津金润韵茶业有限公司; 茶多酚、单糖、肌醇及脂肪酸甲酯标准品为色谱纯, 购自美国 Sigma 公司; 大鼠脂联素 ELISA 检测试剂盒购自北京鼎国昌盛生物技术公司, 甘油三酯 (TG), 总胆固醇 (TD), 高密度脂蛋白胆固醇 (HDL), 低密度脂蛋白胆固醇 (LDL) 检测试剂盒, 购自北京中生北控生物科技公司; 总超氧化物歧化酶 (T-SOD) 检测试剂盒, 购自南京建成生物工程研究所; 其余试剂均为分析纯。

1.2 红茶活性成分的提取及含量检测

将红茶按照固液比 1:8 在 90 °C 蒸馏水中浸提 1 h, 过滤后将浸提液在 60 °C、0.08 MPa 下真空蒸发浓缩得到浓缩液, 一部分浓缩液经 -80 °C 预冷, 在 -50 °C、0.2 MPa 下冷冻干燥得到红茶热水浸提物粉

末, 另一部分浓缩液经三氯甲烷脱除咖啡因后用乙酸乙酯萃取, 有机层浓缩、冻干得到红茶多酚提取物粉末, 水层经醇沉, Sevage 法脱蛋白, 浓缩, 冻干得到红茶多糖提取物粉末。

总酚含量用福林酚比色法测定, 茶多酚纯度采用 HPLC 外标法测定^[6], 茶多糖是一种酸性蛋白聚糖, 总糖含量用硫酸蒽酮比色法, 糖醛酸含量用硫酸咔唑比色法, 蛋白含量用考马斯亮蓝比色法, 单糖组成采用 GC 以肌醇为内标测定^[7]。

1.3 动物实验

适应性喂养大鼠一周后, 取 10 只作为正常对照组饲喂基础饲料, 其余 60 只饲喂高脂饲料, 建模两周后, 按体重淘汰 1/3 肥胖抵抗大鼠, 将剩余的 40 只按体重随机分为 5 组, 每组 10 只, 分别标记为模型对照组、红茶热水浸提物组、红茶多酚提取物组、红茶多糖提取物组, 红茶提取物的灌胃剂量为 800 mg/kg, 空白和模型组给予同体积生理盐水, 灌胃期间空白组饲喂基础饲料而其余各组继续饲喂高脂饲料, 建立预防肥胖模型动物实验。处理六周后, 大鼠股动脉取血, 于 3000 r/min 离心 10 min, 离心 2 次后, 吸取上层血清, 保存于 -80 °C 备用; 将大鼠颈椎脱臼处死, 解剖取附睾脂肪、肾周脂肪和肠系脂肪, 称重。

1.4 体重及李氏指数的测定

灌胃处理期间每三天测量一次大鼠的体重及体长, 计算李氏指数 ($\sqrt[3]{\text{体重(g)}/\text{体长(cm)}} \times 1000$)。

1.5 血清及肝脏相关生化指标的测定

按照商业检测试剂盒的操作步骤分别测定各组大鼠血清及肝脏中脂联素, 甘油三酯 (TG), 总胆固醇 (TD), 高密度脂蛋白胆固醇 (HDL), 低密度脂蛋白胆固醇 (LDL) 的含量, 以及超氧化物歧化酶 (SOD) 的活力。

1.6 脂肪细胞的形态数量

取部分脂肪组织固定于福尔马林溶液中, 石蜡包埋, 连续切片, HE (苏木素, 伊红) 染色, 在 10×10 的放大倍数下用显微镜观察细胞形态, 并对相同视野范围内的细胞进行计数。

1.7 粪便脂肪酸组成及含量的测定

将灌胃期间收集的大鼠粪便研磨后, 用氯仿甲醇提取脂肪, 再用硫酸甲醇酸法甲酯化生成脂肪酸甲酯, 以 37 种脂肪酸甲酯混合物对照, 用 GC 外标法分析^[8]。

1.8 数据统计分析

实验数据以平均数±标准偏差 (Mean±SD) 的形式表示, 采用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 比较组间差异, 显著性检验水准为 $p < 0.05$ 有显著性差异和 $p < 0.01$ 有极显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 红茶提取物的成分含量

通过热水浸提和有机溶剂萃取, 提取分离出三种红茶提取物, 分别为红茶热水浸提物、红茶多酚提取物和红茶多糖提取物, 使用 1.2 中的方法对其主要成分的含量进行了检测。红茶热水浸提物含有 (14.84±0.09)% 总酚, (27.31±0.36)% 总糖, (8.08±0.10)% 糖醛酸, (17.38±0.34)% 蛋白质; 红茶多酚提取物含有 (28.80±0.23)% 总酚, (9.71±0.75)% 总糖, 其茶多酚纯度为 52.60%, 其中含有 (12.38±0.34)% 表没食子儿茶素 (EGC), (28.81±0.41)% 表儿茶素 (EC), (8.16±0.43)% 表没食子儿茶素没食子酸酯 (EGCG), (3.25±0.26)% 表儿茶素没食子酸酯 (ECG); 红茶多糖提取物含有 (10.18±0.14)% 总酚, (33.85±2.55)% 总糖, (13.21±0.21)% 糖醛酸, (16.45±0.50)% 蛋白质, 其单糖组成为 8.62% 鼠李糖、6.21% 岩藻糖、23.15% 阿拉伯糖、7.29% 木糖、8.40% 甘露糖、22.50% 半乳糖和 23.85% 葡萄糖。

2.2 红茶提取物对肥胖大鼠体重、李氏指数及

内脏脂肪重量的影响

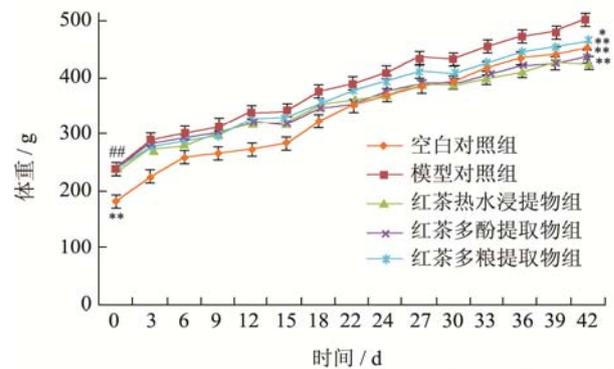


图 1 红茶提取物对肥胖大鼠体重的影响

Fig.1 Effects of black tea extract on the body weight of obese rats (mean±SD)

注: 与模型对照组比较, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; 与空白对照组比较, # $p < 0.05$, ### $p < 0.01$ 。

红茶提取物对肥胖大鼠体重的影响结果见图 1。给予红茶提取物前, 各处理组与模型组体重无显著性差异, 而空白组体重极显著低于模型组, 说明肥胖模型成功建立。灌胃结束后, 各处理组体重显著低于模型组, 且与空白组无显著性差异; 红茶热水浸提物组的体重增加 80.23%、红茶多酚提取物组体重增加 85.79%、红茶多糖提取物组体重增加 95.46%, 均低于模型组的体重增加量 108.09%, 红茶提取物对体重增长的抑制效果 (红茶多糖 12.63%, 红茶多酚 22.30%, 红茶热水浸提物 27.86%) 与 Alshatwi^[4]等人的研究结果 (红茶抑制体重增长 17.77%, 绿茶 23.12%) 相近, 表明红茶提取物有控制肥胖大鼠体重的功效。

表 1 红茶提取物对肥胖大鼠李氏指数、内脏脂肪重量的影响

Table 1 Effects of black tea extract on Lee's index and visceral adipose tissue mass of obese rats (mean±SD)

组别	初李氏指数	终李氏指数	内脏脂肪重量/g
模型对照组	309.75±11.26	319.26±5.48	38.00±11.77
空白对照组	295.20±11.38**	303.66±8.73**	24.41±4.67**
红茶热水浸提物组	311.71±12.21###	300.89±9.56**	21.04±5.67**
红茶多酚提取物组	313.43±8.29###	306.21±9.30**	21.88±4.38**
红茶多糖提取物组	313.92±5.12###	304.44±7.09**	28.81±7.93**

注: 与模型对照组比较, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; 与空白对照组比较, # $p < 0.05$, ### $p < 0.01$ 。

红茶提取物对肥胖大鼠李氏指数及内脏脂肪重量的影响结果见表 1。实验动物的李氏指数, 相当于人体的体质指数, 是表征体态的一个指标, 李氏指数越小, 体型越匀称。给予红茶提取物前大鼠的李氏指数, 各处理组与模型组无显著性差异, 空白组极显著低于模型组, 而灌胃结束后, 各处理组李氏指数显著低于模型组, 与空白组无显著性差异, 表明红茶提取物可降低肥胖大鼠李氏指数。对比肥胖大鼠初终李氏指数,

模型组升高 3.22%, 空白组升高 2.78%, 而红茶提取物各处理分别降低 3.88%、2.26% 和 2.99%, 说明红茶提取物可使大鼠体型更加匀称。

以附睾、肾周和肠系三部分的脂肪重量合计为内脏脂肪重量, 与模型组比较, 红茶提取物显著降低其重量, 且与空白组无显著差异, 表明红茶提取物有减轻内脏脂肪重量的作用, 可控制脂肪的体内积累和堆积, 对肥胖有一定的控制效果。刘家奇^[3]等人的研究

表明对腹部脂肪的减重普洱茶可降低 20.81%、乌龙茶 16.87% 及红茶 21.65%，本研究中红茶提取物对脂肪重量的抑制率为红茶热水浸提物 44.63%，红茶多酚 42.42%，红茶多糖 24.18%，效果优于普洱茶和乌龙茶。

2.3 红茶提取物对肥胖大鼠血清及肝脏生化指标的影响

红茶提取物对肥胖大鼠血清及肝脏生化指标的影响结果见表 2。脂联素 (adiponectin) 是脂肪细胞分泌的一种特异性蛋白，可促进脂肪酸氧化和糖的吸收，抑制糖异生，是脂质代谢和血糖稳态的重要调节因子^[9]，与表征血脂水平的 TG 和 LDLC 负相关，与 HDLC 正相关。与模型组比较，红茶提取物可显著升高血清

脂联素浓度，降低血清 TG、肝脏 TC 和血清 LDLC 的含量，增加血清 HDLC 含量，提高肝脏 SOD 活力；脂联素浓度的改善效果红茶多糖提取物最佳，可升高 49.95% 脂联素含量；TG 含量的改善效果红茶多酚提取物最佳，可降低 58.44% TG 含量；TC、HDLC 和 LDLC 含量是改善效果红茶热水浸提物效果最佳，可降低 51.06% TC 含量，升高 51.09% HDLC 含量，降低 50.00% LDLC 含量；SOD 活力的改善效果红茶热水浸提物及红茶多酚提取物具佳，均可升高 43.23% SOD 含量，表明红茶提取物具有提升脂联素分泌，改善血脂及抗氧化水平的作用，对减肥起到了一定的效果。与杨解顺^[10]等人的结果相比，红茶提取物的降血脂作用总体上要强于水提紫甘薯色素废渣的效果（使 TG 下降 36.4%，TC 下降 20.1%）。

表 2 红茶提取物对肥胖大鼠血清及肝脏生化指标的影响

Table 2 Effects of black tea extract on serum and hepatic biochemical parameters of obese rats (mean±SD)

组别	血清脂联素 /(μg/mL)	血清 TG /(mmol/L)	肝脏 TC /(mmol/g prot)	血清 HDLC /(mmol/L)	血清 LDLC /(mmol/L)	肝脏 T-SOD /(U/mg prot)
模型对照组	30.93±4.12	1.54±0.64	0.47±0.18	0.92±0.40	0.54±0.39	27.41±16.50
空白对照组	53.76±2.98**	0.79±0.25**	0.19±0.17**	1.62±0.22**	0.19±0.17**	39.37±2.30*
红茶热水浸提物组	43.16±3.88** ^{##}	0.72±0.33**	0.23±0.20**	1.39±0.08** [#]	0.27±0.24*	39.26±5.17*
红茶多酚提取物组	45.60±3.33** ^{##}	0.64±0.18**	0.31±0.13** [#]	1.35±0.26** [#]	0.39±0.23	39.26±5.34*
红茶多糖提取物组	46.38±6.56** ^{##}	0.90±0.19**	0.28±0.15**	1.31±0.24** ^{##}	0.39±0.18	37.82±10.74*

注：与模型对照组比较，**p*<0.05，***p*<0.01；与空白对照组比较，[#]*p*<0.05，^{##}*p*<0.01。

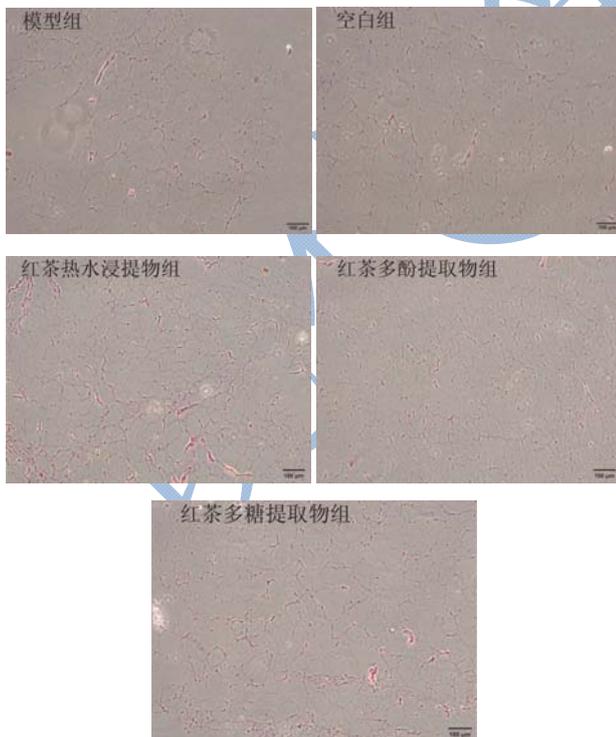


图 2 红茶提取物对肥胖大鼠脂肪细胞形态的影响

Fig.2 Effects of black tea extract on fat cell morphology in obese rats

注：在目镜 10×物镜 10×的放大倍数下用显微镜观察，标尺刻度为 100 μm。

2.4 红茶提取物对肥胖大鼠脂肪细胞形态数量的影响

表 3 红茶提取物对肥胖大鼠脂肪细胞数量的影响

Table 3 Effects of black tea extract on the number of fat cells in obese rats (mean ± SD)

组别	脂肪细胞个数
模型对照组	69.32±3.04
空白对照组	114.46±7.21**
红茶热水浸提物组	107.33±6.43**
红茶多酚提取物组	117.67±11.72**
红茶多糖提取物组	109.33±7.02**

注：与模型对照组比较，**p*<0.05，***p*<0.01；与空白对照组比较，[#]*p*<0.05，^{##}*p*<0.01。

红茶提取物对肥胖大鼠脂肪细胞形态的影响结果见图 2，对脂肪细胞数量的影响结果见表 3。脂肪细胞的大小模型组明显偏大，红茶提取物各处理组的细胞大小较模型组均有所减小，且形态规则、细胞界限

清晰,接近正常组织形态;在显微镜相同放大倍数相同视野范围内的脂肪细胞数量模型组极显著性低于其它各组,而红茶提取物各处理组与空白组无显著性差异,说明红茶提取物能够抑制脂肪细胞膨大,减少脂肪的积累。其中红茶多酚提取物处理组的效果最为明显,脂肪细胞的大小最小且在相同视野范围内数量最多。

2.5 红茶提取物对肥胖大鼠粪便脂肪酸含量的影响

红茶提取物对肥胖大鼠粪便脂肪酸含量的影响结

表 4 红茶提取物对肥胖大鼠粪便脂肪酸含量的影响

Table 4 Effects of black tea extract on fecal fatty acid content in obese rats (mean±SD)

组别	棕榈酸/(μg/g)	硬脂酸/(μg/g)	油酸/(μg/g)	亚油酸/(μg/g)
模型对照组	0.091±0.001	0.106±0.002	0.095±0.002	0.109±0.005
空白对照组	0.065±0.004**	0.082±0.002**	0.067±0.004**	0.061±0.002**
红茶热水浸提物组	0.169±0.002*** [#]	0.198±0.001*** [#]	0.178±0.001*** [#]	0.190±0.001*** [#]
红茶多酚提取物组	0.163±0.001*** [#]	0.194±0.001*** [#]	0.186±0.002*** [#]	0.182±0.001*** [#]
红茶多糖提取物组	0.141±0.001*** [#]	0.179±0.001*** [#]	0.160±0.002*** [#]	0.165±0.002*** [#]

注:与模型对照组比较,* $p<0.05$,** $p<0.01$;与空白对照组比较,[#] $p<0.05$,[#] $p<0.01$ 。

3 结论

红茶各提取物能显著降低肥胖大鼠体重、李氏指数、脂肪重量、血清甘油三酯含量(TG)以及肝脏总胆固醇(TC)含量(分别平均下降20.93%、3.04%、37.08%、51.08%和41.84%),增加血清脂联素浓度及高密度脂蛋白胆固醇(HDL)含量(分别平均上升45.64%和46.74%),提高肝脏中SOD活力41.48%,抑制脂肪细胞膨大,升高粪便脂肪酸含量75.22%;红茶热水浸提物可显著降低血清低密度脂蛋白胆固醇(LDL)含量50.00%。因此红茶提取物具有减肥作用,可减轻体重和内脏脂肪重量,提高血清脂联素浓度,改善血脂及抗氧化水平,减少脂肪细胞积累,增加粪便脂肪酸含量,这一研究发现对人类预防和控制肥胖具有重要意义。

参考文献

- [1] Selassie M, Sinha A C. The epidemiology and aetiology of obesity: A global challenge [J]. Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 2011, 25(1): 1-9
- [2] Pan M H, Lai C S, Wang H, et al. Black tea in chemoprevention of cancer and other human diseases [J]. Food Science and Human Wellness, 2013, 2(1): 12-21
- [3] 刘家奇,邵宛芳,赵宝权,等.普洱茶(熟茶)、铁观音、红茶减

果见表4。利用GC分析,从大鼠粪便中分离出4种长链脂肪酸,分别为棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸。空白组含量最低,这可能与其饲喂基础饲料而其余各组饲喂高脂饲料有关;与模型组相比,红茶提取物可显著增加粪便脂肪酸的含量,平均增加棕榈酸排出量73.26%、硬脂酸79.56%、油酸83.86%及亚油酸64.22%,其中红茶热水浸提物对棕榈酸、硬脂酸及亚油酸的效果最好,而红茶多酚提取物对油酸的效果最好,说明红茶提取物有促进脂肪酸随粪便排出的作用,可抑制脂肪在肠道的吸收,减少脂肪在体内的积累,从而达到减肥的效果。

肥作用的研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2013,6(1), 839-844

LIU Jia-qi, SHAO Wan-fang, ZHAO Bao-quan, et al. The effect of puer tea, tieguanyin tea, black tea on losing weight [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2013, 6(1): 839-844

- [4] Alshatwi A A, Alobaaid M A, Alsedairy S A, et al. Black and green tea improves lipid profile and lipid peroxidation parameters in Wistar rats fed a high-cholesterol diet [J]. Journal of Physiology and Biochemistry, 2011, 67(1): 95-104
- [5] Yamashita Y, Wang L, Wang L, et al. Oolong, black and pu-erh tea suppresses adiposity in mice via activation of AMP-activated protein kinase [J]. Food Function, 2014, 5(10): 2420-2429
- [6] Iswaldi I, Arráziz-Román D, Rodríguez-Medina I, et al. Identification of phenolic compounds in aqueous and ethanolic rooibos extracts (*Aspalathus linearis*) by HPLC-ESI-MS (TOF/IT) [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2011, 400(10): 3643-3654
- [7] Yan S. Existence of the sugar-bisulfite adducts and its inhibiting effect on degradation of monosaccharide in acid system [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2014, 172(3): 1612-1622
- [8] Dettmer K. Assessment of ionic liquid stationary phases for

- the GC analysis of fatty acid methyl esters [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2014, 406(20): 4931-4939
- [9] Buechler C, Wanninger J, Neumeier M. Adiponectin, a key adipokine in obesity related liver diseases [J]. World Journal of Gastroenterology, 2011, 17(23): 2801-2811
- [10] 杨解顺,尚建华,殷建忠,等.水提紫甘薯色素废渣对肥胖大鼠减肥功效的研究[J].现代食品科技,2012,28(12):1648-1651
- YANG Jie-shun, SHANG Jian-hua, YIN Jian-zhong, et al. Study on the effect of weight reducing of waste residue from extracting pigment of *Ipomoea batatas* L. In obese rats [J]. Modern Food Science & Technology, 2012, 28(12): 1648-1651

现代食品科技