

红茶菌对饮食诱导肥胖小鼠体重控制的研究

李 涛, 籍保平*, 周 峰, 杨志伟, 栗 娜

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘 要: 本实验以高脂饲料喂食的 C57BL/6J 小鼠为动物模型, 进行为期 11 周的实验, 以小鼠体重增加、体内脂肪含量、血清脂质水平、小鼠脏器系数、肝组织形态、脂肪组织形态为检测指标, 研究茶叶浸出液、A4 (*Gluconacetobacter* sp. A4) 发酵液、红茶菌原液发酵液对小鼠体重控制的影响。结果表明, 茶叶浸出液、A4 发酵液、红茶菌原液发酵液, 均能够减缓小鼠体重增长的进程, 减少小鼠体内脂肪含量, 并能够减少脂肪在肝脏中的蓄积以及减缓脂肪细胞增大的进程。其中, 以 A4 发酵液的效果最为明显, 表现出对饮食诱导小鼠的很好的体重控制的作用。

关键词: 红茶菌; 葡糖酸醋酸杆菌; 饮食诱导; D- 葡萄糖二酸 -1,4- 内酯; 肥胖

Study on Body Weight Control of Kombucha in Diet-induced Obese Mice

LI Tao, JI Bao-ping*, ZHOU Feng, YANG Zhi-wei, LI Na

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract : The objective of this study was to investigate the anti-obesity function of kombucha, a traditional fermented tea beverage. With body weight gain, body fat content, serum lipid level, organic indexes, liver and fat organization forms as the indicators, the high-fat induced obese mice were fed for 11 weeks to compare the effects of tea leaching solution (5 g of Yunnan black tea was soaked with boiling water three times, for 10 min each time, and then diluted to 1 L), A4 (*Gluconacetobacter* sp. A4) broth (fermented 1 L of tea leaching solution containing 80 g of glucose under 10% inoculation amount of strain A4 seed liquid at 30 °C for 8 d), kombucha broth (fermented 1 L of tea leaching solution containing 80 g of sucrose under 20% inoculation amount of kombucha mother liquor at 30 °C for 8 d) at the dose of 10 ml/kg bw on the weight control of mice. The results showed that all the three liquids delayed the body weight gain, reduced the body fat content and fat accumulation in the liver, and lowered the course of adipocyte growth. Among them, A4 broth performed the most significant effects on the body weight control of diet-induced obesity mice.

Key words: kombucha; *Gluconacetobacter* sp. A4; diet-induced; D-saccharic acid 1,4-lactone; obesity

中图分类号: Q949.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)11-0246-06

肥胖是体内脂肪堆积过多和(或)分布异常的一种状态。1997 年, 世界卫生组织(World Health Organization, WHO)将肥胖明确宣布为一种疾病^[1]。美国 2004 年仅因肥胖问题使人均平均期望寿命减少 5 岁^[2]。药物减肥是治疗肥胖病的主要措施之一, 但常用的减肥药副作用较大, 价格昂贵, 所以开发新型的副作用小、价格低廉的减肥食品是人们关注的热点之一。

关于茶叶的减肥功效, 已有较多的报道^[3]。红茶菌(kombucha), 又名红茶菇、海宝、胃宝, 是以含糖的茶叶浸出液通过微生物混合发酵制成的一种民间传统酸

性饮料; 葡萄糖醛酸和 D- 葡萄糖二酸 -1,4- 内酯是其重要的功能因子^[4]。本实验室从红茶菌中分离出一株高产 D- 葡萄糖二酸 -1,4- 内酯的菌株(*Gluconacetobacter* sp. A4)。根据报道, 红茶菌具有抗氧化、抗菌、调节肠胃及分泌腺等活性, 可减轻关节炎、痛风、痔疮症状, 对胆固醇水平、动脉粥样硬化、毒素排出和血液净化, 以及对糖尿病、高血脂等具有积极的效果^[5-9]。但红茶菌各种作用的证明, 多是以个人经验为主, 它的作用机理还没有完全研究清楚, 若要进一步科学地证实红茶菌的疗效, 还需要更多地进行临床医学实验^[9]。对

收稿日期: 2009-03-19

作者简介: 李涛(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品科学。E-mail: litao0619@163.com

* 通讯作者: 籍保平(1958-), 男, 教授, 研究方向为果蔬加工与功能食品。E-mail: jbp@cau.edu.cn

于其对体重控制效果的影响,存在不同的说法^[10-11],且缺少科学论证。因此,有必要通过科学实验,来研究其对体重控制的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

SPF级C57BL/6J雄性小鼠50只,体重14~16g,4~5周龄,由北京维通利华实验动物技术有限公司提供,合格证号:SCXK(京)2006-0008。

总胆固醇(CHO)试剂盒(批号080561·200801)、甘油三酯(TG)试剂盒(批号082111·200801)、直接低密度脂蛋白(LDL-C)试剂盒(批号080142·200804)、直接高密度脂蛋白(HDL-C)试剂盒(批号080132·200804)均购自中生北控生物公司。

常规饲料配方:粗蛋白20.8%、粗脂肪4.5%、粗纤维4.4%、粗灰分6.83%、水分10%、钙1.23%、总磷0.96%;高脂饲料配方:基础饲料58.95%、猪油13%、大豆油2%、蛋黄粉10%、花生粉5%、蔗糖10%、食盐0.3%、复合维生素0.05%、微量元素0.5%、胆盐0.2%。

1.2 仪器与设备

Alcyon300全自动生化分析仪 美国Alcyon公司; Shimadzu GC-14C气相色谱仪 岛津公司,氢火焰离子检测器(FID)。

1.3 方法

1.3.1 茶叶浸出液的制备

取5g云南滇红茶,用煮沸的蒸馏水浸泡三次,每次10min,合并茶叶浸出液,加入80g葡萄糖或蔗糖,最后定容至1L。分装于食用级玻璃瓶中。透气膜封口后121℃高压灭菌15min,冷却后待用。

1.3.2 受试样品的制备

向含葡萄糖的茶叶浸出液中,加入10%的A4种子液;向含蔗糖的茶叶浸出液中,加入20%的红茶菌母液。所有样品30℃培养箱静置培养8d,得到红茶菌的A4发酵液和原始菌株发酵液。

1.3.3 受试样品指标测定

pH值的测定:直接用PHS-25型pH计测定;总酸的测定:电位滴定法,GB/T15038—94,总酸以葡萄糖酸计;残糖的测定:直接滴定法,GB/T5009.8—2003;D-葡萄糖二酸-1,4-内酯:气相色谱检测法^[12]。

1.3.4 动物实验

小鼠饲养于北京大学医学部实验动物中心室SPF级动物房,内通风条件良好,正常昼夜变化(8:00am~8:00pm),相对湿度为(55±5)%,室温(23±2)℃。

小鼠适应性饲养1周后,随机分为5组,每组10只。分别为空白对照组(C)、模型对照组(M)、茶叶浸出液组(T)、A4发酵液组(A)、原液发酵液组(Y)。自由采水、摄食,空白饲料组给予常规饲料,其余各组给予高脂饲料。实验周期为11周。各组灌胃处理按表1所示,所有灌胃容积均为10ml/kg bw。每天观察小鼠摄食量、精神状态、粪便干稀程度等。每周记录2次体重,随体重调整给药量。

表1 体重控制实验动物分组处理情况
Table 1 Grouping of C57BL/6J male mice

处理组	编号	处理方法
空白对照组	C	纯净水(60ml/kg bw)
模型对照组	M	纯净水(60ml/kg bw)
茶叶浸出液组	T	茶叶浸出液(60ml/kg bw)
A4发酵液组	A	茶叶A4发酵液(60ml/kg bw)
原液发酵液组	Y	茶叶原液发酵液(60ml/kg bw)

1.3.5 血清指标的检测

在实验结束时,小鼠禁食不禁水12h后,摘眼球采血,分离血清待测。

血清总胆固醇(TC)、血清甘油三酯(TG)、血清低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、血清高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量,按照试剂盒方法进行。

1.3.6 脏器称重

在实验结束时,动物给药后禁食12h,不限饮水,摘眼球采血,解剖小鼠,取其肝、脾、肾、肾周脂肪、附睾脂肪,称其重量后,其中一部分肝及肾周脂肪进行组织切片观察。

1.3.7 组织切片的观察

肝脏切片:动物处死后,立即取出肝脏,取左叶肝组织,冷冻切片,油红O染色,在200倍光学显微镜下观察并拍照。

脂肪切片:将附睾同一部位脂肪组织于10%福尔马林溶液中固定,切片,HE染色(苏木红-依红),100倍显微镜下拍照。

1.4 统计学处理

全部数据均用SPSS13.0统计软件进行处理,用单因素方差分析ANOVA(one-way analysis of variance),以Duncans多种比较检验(Duncans multiple range tests)。实验结果以均值±标准误($\bar{x} \pm s_x$)表示,采用组间t检验, $p < 0.05$ 时具有显著性差异, $p < 0.01$ 时具有极显著性差异。

2 结果与分析

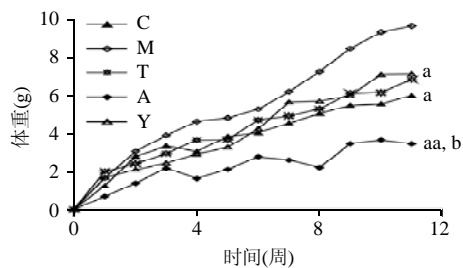
2.1 受试样品的指标

经过 8d 的发酵, 进行相关指标的测定。可见, 同样是 8d 的发酵, A4 的发酵速度要快于原液发酵; 其总酸和内酯含量较高, 残糖较少。

表 2 发酵液指标的测定结果
Table 2 Composition of A4 broth and kombucha broth

处理	pH	总酸(g/ml)	残糖(%)	内酯(mg/ml)
A	2.35	41.8	3.55	1.42
Y	2.64	12.9	5.67	0.71

2.2 红茶菌发酵液对小鼠体重增加的影响



a. 与模型对照组比较, $p < 0.05$; aa. 与模型对照组比较, $p < 0.01$; b. 与空白对照组比较, $p < 0.05$; C. 空白对照组; M. 模型对照组; T. 茶叶浸出液组; A. A4 发酵液组; Y. 原液发酵液组。

图 1 不同样品对小鼠体重增量的影响 (n=10)

Fig.1 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on body weights gains of mice (n=10)

从图 1 可见, 模型对照组体重一直呈增长的趋势, 并且其增长速度比空白对照组明显较快; 茶叶浸出液组及原液发酵组也表现出对体重增加较好的控制作用。其中, 以茶叶 A4 发酵液组体重增长最为缓慢, 从第三周开始, 其体重增量低于模型对照组 ($p < 0.05$); 并且第七周开始同空白对照组、茶叶浸出液组也有显著性差异, 表现出对体重控制很好的作用。

2.3 红茶菌发酵液对小鼠体内脂肪含量的影响

表 3 红茶菌发酵液对小鼠体内脂肪含量的影响 (n=10)

Table 3 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on mouse body fat (n=10)

处理组	附睾脂肪(g)	肾周脂肪(g)	脂体比(%)
C	0.40 ± 0.03	0.21 ± 0.01	2.24 ± 0.17
M	0.77 ± 0.09 ^{bb}	0.53 ± 0.07 ^{bb}	4.02 ± 0.47 ^{bb}
T	0.50 ± 0.10 ^a	0.29 ± 0.04 ^{aa}	2.72 ± 0.44 ^a
A	0.24 ± 0.09 ^{aa}	0.18 ± 0.04 ^{aa}	1.62 ± 0.39 ^{aa}
Y	0.76 ± 0.11 ^{bb,c}	0.44 ± 0.04 ^{bb,c}	4.08 ± 0.34 ^{bb,c}

注: a. 与模型对照组比较, $p < 0.05$; aa. 与模型对照组比较, $p < 0.01$; b. 与空白对照组比较, $p < 0.05$; bb. 与空白对照组比较, $p < 0.01$; c. 与茶叶浸出液组比较, $p < 0.05$; cc. 与茶叶浸出液组比较, $p < 0.01$; 脂体比 = (附睾脂肪重量 + 肾周脂肪重量) / 体重。下同。

根据表 3, 同模型对照组相比, 原液发酵组在小鼠体内脂肪含量方面, 没有显著性差异。茶叶浸出液组

和 A4 发酵液组均能够显著降低小鼠体内的脂肪比例; 其中, 同模型对照组比较, A4 发酵液使小鼠体内的脂肪减少 59.7%, 有极显著性差异。

2.4 红茶菌发酵液对小鼠 Lee's 指数及摄食量的影响

通过对摄食量的观察, 发现各组摄食量没有明显的变化, 但从能量利用率的角度看, A4 发酵液组的能量利用率明显偏低。表明能量利用率的差异可能是 A4 发酵液控制体重的一个非常重要的原因。

表 4 红茶菌发酵液对小鼠 Lee's 指数及摄食量的影响 (n=10)

Table 4 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on Lee's index and food intake of mice (n=10)

	Lee's 指数(%)	平均摄食量(g)	增长 1g 体重每天需要饲料量(g)
C	330.34 ± 2.97	3.28 ± 0.15	0.79 ± 0.09
M	340.51 ± 3.20 ^b	3.67 ± 0.18	0.67 ± 0.08
T	320.32 ± 4.05 ^{aa,b}	3.14 ± 0.17	0.73 ± 0.08
A	308.77 ± 7.59 ^{aa,bb}	3.24 ± 0.15	1.39 ± 0.16 ^{aa,b}
Y	327.77 ± 3.38 ^a	2.86 ± 0.09 ^a	0.73 ± 0.11

注: Lee's 指数 = $[1/3 \text{ 体重(g)} \times 100] / \text{体长(cm)}$ 。

2.5 红茶菌发酵液对小鼠血清脂质水平的影响

表 5 红茶菌发酵液对小鼠血脂的影响 (n=10)

Table 5 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on serum lipid levels of mice (n=10)

处理组	CHO(mmol/L)	TG(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)	HDL-C(mmol/L)
C	3.70 ± 0.30	3.23 ± 0.28	0.49 ± 0.04	0.81 ± 0.06
M	9.08 ± 0.84	2.93 ± 0.23	0.73 ± 0.07 ^{bb}	1.31 ± 0.11 ^b
T	6.31 ± 0.66 ^{aa}	2.57 ± 0.14	0.64 ± 0.05	1.02 ± 0.13
A	6.53 ± 0.68 ^a	2.33 ± 0.33	0.67 ± 0.03 ^a	1.17 ± 0.17
Y	7.71 ± 0.70	2.87 ± 0.20	0.64 ± 0.05	1.77 ± 0.07 ^a

根据表 5, 茶叶、A4 发酵液及原液发酵液, 对小鼠血清中的 TG 和 LDL-C, 同模型对照组相比, 无统计学差异 ($p > 0.05$)。茶叶浸出液组及 A4 发酵液组在降低 CHO 水平上, 同模型对照组具有显著性差异 ($p < 0.05$)。原液发酵组在提高 HDL-C 水平上, 同模型对照组具有显著性差异 ($p < 0.05$)。

胆固醇是人体必不可少的结构成分, 既是生物膜的组成成分, 又是合成胆汁酸、类固醇激素及 VD 等重要活性物质的前体。然而, 高胆固醇血症也是动脉硬化的重要因子, 是心血管疾病的一个重要起因。A4 发酵液能够通过调节胆固醇代谢平衡, 从而起到很好的降脂减肥作用。

HDL-C 的功能主要是将肝外组织的胆固醇转运回肝脏, 在肝脏中代谢清除, 故有胆固醇清道夫之称。原液发酵液能够增加血清中的 HDL-C 水平, 从而保持体内血脂代谢的平衡。模型对照组 HDL-C 水平高于空白对照组, 这其中可能有二个原因, 一是生物体内的应激反应, 当生物体在短时期内吸收过多的高脂高蛋白的饮食

时,体内产生较多的 HDL-C 进行运输、转运血液中的胆固醇水平;二是高脂饲料中某些成分刺激 HDL-C 的过度生成,从而导致生物体血液中 HDL-C 的含量过高。

2.6 红茶菌发酵液对小鼠脏器系数影响

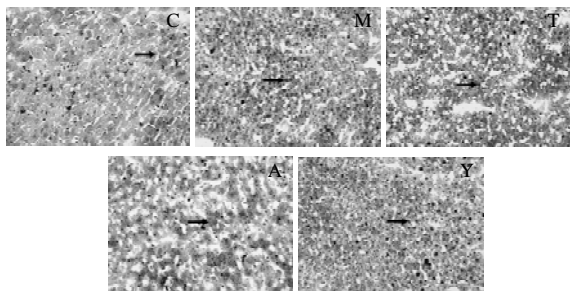
表 6 不同样品对小鼠脏器系数的影响(n=10)

Table 6 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on organic indexes of mice(n=10)

处理组	肝系数	脾系数	肾系数
C	3.65 ± 0.18	0.24 ± 0.03	1.32 ± 0.03
M	4.05 ± 0.21	0.36 ± 0.07 ^b	1.19 ± 0.06 ^{bb}
T	3.77 ± 0.20	0.28 ± 0.01	1.25 ± 0.02
A	3.98 ± 0.15	0.30 ± 0.05	1.32 ± 0.01 ^a
Y	3.60 ± 0.08	0.23 ± 0.01 ^a	1.15 ± 0.02 ^{bb}

由表 6 可知,在肝系数方面,各实验组之间的差异没有统计学意义,表明对肝脏功能没有明显影响。原液发酵液的脾系数同模型对照组相比具有显著性差异,但各组同空白对照组之间没有显著性差异。肾系数方面,A4 发酵液同模型对照组具有显著性差异,同空白对照组没有显著性差异;原液发酵组同空白对照组具有极显著性差异,同模型对照组没有显著性差异。

2.7 红茶菌发酵液对小鼠肝组织病理形态学的影响



C.空白对照组;M.模型对照组;T.茶叶浸出液组;A.A4 发酵液组;Y.原液发酵液组;“→”所指处为红染脂肪滴。下同。

图 2 红茶菌发酵液对肝组织油红 O 染色片(200 倍)

Fig.2 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on pathomorphology of mouse liver tissue (oil red O staining, × 200)

经过 11 周的实验,各组小鼠肝脏冰冻切片后进行油红 O 染色,观察肝组织脂肪沉积情况(图 2)。结果显示,空白对照组小鼠肝细胞内未见明确小的红染脂肪滴,呈阴性。模型对照组小鼠肝细胞内可见弥漫性小的红染脂肪滴,说明在肝组织中脂肪堆积程度严重。原液发酵组的红染脂肪滴相对减少,但是效果不明显。茶叶浸出液组的效果要优于原液发酵组。而 A4 发酵液组,细胞内红染脂肪滴明显减少。从而表明,A4 发酵液能够显著降低 C57BL/6J 小鼠肝脂肪的蓄积,可能具有减轻和预防脂肪肝形成的功能。

2.8 红茶菌发酵液对脂肪细胞形态的影响

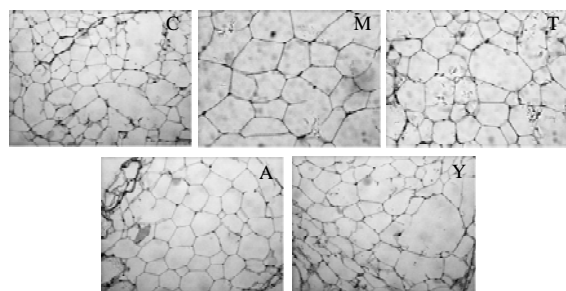


图 3 红茶菌发酵液对脂肪组织油红 O 染色片(100 倍)

Fig.3 Effects of tea leaching solution, A4 broth and kombucha broth on pathomorphology of mouse fat tissue (oil red O staining, × 100)

脂肪细胞的超微结构观察结果见图 3。同空白对照组相比,在形态上,模型对照组脂肪细胞明显较大。茶叶浸出液组及原液发酵组脂肪细胞大小不一,能够在一定程度上减小脂肪细胞的大小。A4 发酵液组,脂肪细胞形态较为均一,并且同模型对照组相比,体积明显减小。表明 A4 发酵液在控制脂肪组织细胞的体积方面,具有一定的作用。A4 发酵液可能是通过加速体内脂肪动员,减少脂肪细胞中脂肪含量,从而降低体脂水平,实现减肥功能。

3 讨论

肥胖是一种多因素的慢性代谢性疾病,是能量失衡的一种表现,主要表现为体内脂肪堆积过多,体重增加。减肥药的药效学模型,一般包括如下几个:(1)遗传性肥胖(ob/ob 肥胖小鼠和黄胖小鼠);(2)营养性肥胖;(3)缺少运动性肥胖;(4)内分泌性肥胖:包括注射胰岛素、去势和去垂体等;(5)下丘脑性肥胖。饮食诱导的营养性肥胖模型在一定程度上与人类单纯性肥胖形成具有相似的发病机制,是研究肥胖的重要工具。

有文献报导茶叶对小鼠的体重增长具有抑制作用^[13-14],本实验的茶叶浸出液组也表现出对饮食诱导 C57BL/6J 小鼠体重增长的抑制作用;同时,原液发酵液对小鼠的体重增长也有较为明显的抑制作用;A4 发酵液对小鼠的体重控制效果最为明显,要优于茶叶浸出液组的效果。在实验过程中各组动物均未发现腹泻或其他异常状况,说明体重增长缓慢并不是由于疾病等其他因素。

肥胖不仅与体重有关,和体脂含量更是密切相关。通过本实验发现,A4 发酵液组小鼠脂体比明显下降,表明其对体重的控制主要是通过减少小鼠体内脂肪重量来实现的。同时,A4 发酵液组的摄食量未明显变化,表明其并没有抑制食欲。结合各组体重变化及摄食量,发现 A4 发酵液组的饲料利用率远低于其他各组,从而推测 A4 发酵液有可能是通过抑制消化酶的活性或者是增加机体本身的代谢来实现减肥效果的。

茶叶中的茶多酚具有减肥的效果。Murase 等^[13]通过研究发现,长期服用茶多酚(4g/d)不仅可以减少体内脂肪的积累,而且对促进肝脏中脂质的代谢有促进作用;但其缺点是作用时间长。Nakahara 等^[15]的研究结果证明乌龙茶中含有多酚类化合物对葡萄糖苷酶(2-glucosidase)和蔗糖酶(sucrase)具有显著的抑制效果,因而饮用乌龙茶可以减少或延缓葡萄糖的肠吸收,发挥其减肥作用。

然而,红茶在加工过程中发生了以茶多酚酶促氧化为中心的化学反应,鲜叶中的化学成分变化较大,茶多酚减少 90% 以上,产生茶黄素、茶红素等新成分;EGCG 含量较绿茶也大大减少^[16]。同时,在红茶菌发酵的过程当中,EGCG 也发生部分的降解^[17]。Yang 等^[18]对绿茶、乌龙茶以及红茶的乙醇提取物对高血脂大鼠的酯代谢调节作用进行研究,发现乌龙茶和红茶,对调节大鼠的血脂、肝脏甘油三酯以及心脏胆固醇含量方面,具有较好的作用;同时,在大鼠体重方面,乌龙茶组和红茶组体重增长量明显小于绿茶组。红茶菌发酵的过程中,生成了醋酸、乳酸、葡萄糖醛酸^[17]以及 D-葡萄糖二酸-1,4-内酯^[19]。结合本实验中茶叶浸出液组和原液发酵组、A4 发酵液组之间的差异,也表明经过红茶菌发酵,其功能成分不是单纯的茶多酚类,而是多种物质协同的效果。

常饮醋可促进体内三羧酸循环(TCA)的顺利进行,使基础代谢加强,从而使体重下降^[20];同时,包启安^[21]对黑醋的研究也发现,其不同的部分,分别有促进脂肪分解、抑制脂肪组织由葡萄糖合成脂肪、抑制胰岛素增强脂肪合成的功能。

Baillie-hamilton^[22]认为肥胖同过量饮食、运动偏少、基因缺陷等因素有关,但单纯的这些因素还不足以解释当今世界流行肥胖,一些合成化学物质是肥胖流行的重要病因因素。如有机氯农药,能够使小鼠的体内脂肪含量加倍^[23]。合成化学物质能够对食欲,食物利用率,脂肪、蛋白质、碳水化合物带来影响,进而对人体的体重控制系统带来很大的破坏。而 Loncar 等^[24]研究证实,红茶菌中的主要功能因子葡萄糖醛酸通过结合作用,能够具有解毒的效果。同时,D-葡萄糖二酸-1,4-内酯也由于能够抑制葡萄糖苷酸酶的活性以及促进有毒物质的排出,具有解毒和抗癌的活性^[25]。因此红茶菌也可以通过排毒作用发挥其减肥作用。

Vincent 等^[26]发现,肥胖同氧化应激相关,但也是可逆的。Vincent 等^[27]还对肥胖同氧化应激之间的联系进行综述,认为可以通过热量控制或者食用富含抗氧化成分的食品来控制肥胖。Olas 等^[28]通过研究发现,D-葡萄糖二酸-1,4-内酯对过氧亚硝基阴离子(ONOO⁻)以及过氧化氢引起的氧化应激具有保护作用。因此红茶菌的抗

氧化能力可能也是其发挥减肥作用的原因之一。

体力活动的减少以及能量摄入的增多是肥胖的重要因素;肥胖也受能量代谢以及合成化学物质、氧化应激的影响;另外,基因的易感性,如调节脂肪氧化、能量消耗的基因,也同肥胖有着较大关联。然而,这些途径也受食物和营养素的影响^[29]。红茶菌作为一种民间传统酸性饮料,通过本实验结果证明,对体重控制有很好的效果。红茶菌的减肥是多种物质协同作用的结果,可能是通过抑制消化酶的活性或者是增加机体本身的代谢来实现;并同酸类成分的促进基础代谢,葡萄糖醛酸和 D-葡萄糖二酸-1,4-内酯的解毒作用,以及 D-葡萄糖二酸-1,4-内酯对氧化应激的保护作用有关。但对于红茶菌中确切的功能成分以及相应成分的确切作用机制,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] KOPELMAN P G. Obesity as a medical problem[J]. *Nature*, 2000, 404 (6): 635-643.
- [2] OGDEN C Y, KUCZMARSKI R J, JOHNSON C L, et al. Centers for disease control and prevention 2000 growth charts for the united states: improvements to the 1977 national center for health statistics version[J]. *Pediatrics*, 2002, 109(1): 45-60.
- [3] KAO Y H, CHANG H H, LEE M J, et al. Tea, obesity, and diabetes[J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2006, 50: 188-210.
- [4] 吴薇, 盖宝川, 籍保平. 红茶菌菌种主要代谢产物的试验研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(12): 147-151.
- [5] JAYABALAN R, SUBATHRADEVI P, MARIMUTHU S, et al. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation[J]. *Food Chemistry*, 2008, 109(1): 227-234.
- [6] YANG Z W, JI B P, ZHOU F, et al. Hypcholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009, 89(1): 150-156.
- [7] ALLEN C M. Past research on Kombucha tea: The Kombucha FAQ Part 6: Research and test results[EB/OL]. [1998]. http://persweb.derec.ca/chaugen/kombucha_faq_part06.html.
- [8] DUFRESNE C, FARNWORTH E. Tea, kombucha, and health: a review[J]. *Food Research International*, 2000, 33: 409-421.
- [9] GREENWALT C J, LEDFORD R A, STEINKRAUS K H. Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha[J]. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 1998, 31 (3): 291-296.
- [10] PETRO B A. The book of kombucha[M]. Berkeley, CA: Ulyssess Press, 1996: 33-36.
- [11] FRANK G W. Kombucha: Healthy beverage and natural remedy from the far east[M]. Publishing House Ennsthaler, A-4402 Steyr, 1994: 111-119.
- [12] 吴薇, 籍保平, 田文礼, 等. 红茶菌中 D-葡萄糖二酸 1,4 内酯的气相色谱检测法[J]. *食品科学*, 2005, 26(1): 168-169.
- [13] MURASE T, NAGASAWA A, SUZUKI J, et al. Beneficial effects of tea catechins on diet-induced obesity: stimulation of lipid catabolism in the liver[J]. *International journal of obesity*, 2002, 26(11): 1459-1464.
- [14] 连丽娜, 孟宪军, 刘燕, 等. 茶多酚对小鼠营养性肥胖的预防及减肥作用研究[J]. *现代农业科技*, 2006(6): 75-76.
- [15] NAKAHARA K, KAWABATA S, ONO H, et al. Inhibitory effect of

- oolong tea polyphenols on glycosyltransferases of mutants *Streptococci* [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1993, 59(4): 968-973.
- [16] ROBERTS E A H. The chemistry of tea fermentation[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1952, 3(5):193-198.
- [17] JAYABALAN R, MARIMUTHU S, SWAMINATHAN K. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation[J]. Food chemistry, 2007, 102: 392-398.
- [18] YANG M H, WANG C H, CHEN H L. Green, oolong and black tea extracts modulate lipid metabolism in hyperlipidemia rats fed high-sucrose diet[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2001, 12(1): 14-20.
- [19] 吴薇, 盖宝川, 籍保平. 红茶菌菌种主要代谢产物的试验研究[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 147-151.
- [20] 刘君雯, 黄近达, 龙芬. 饮醋对脂代谢的影响研究[J]. 现代预防医学, 2007, 34(17): 3291-3293.
- [21] 包启安. 食醋的机能性[J]. 中国酿造, 1995(4): 2-6.
- [22] BAILLIE-HAMILTON P F. Chemical toxins: A hypothesis to explain the global obesity epidemic[J]. The Journal of Alternative & Complementary Medicine, 2002, 8(2): 285-192.
- [23] DEICHMANN W B, MACDONALD W E, CUBIT D A, et al. Effects of starvation in rats with elevated DDT and dieldrin tissue levels[J]. International Archives of Occupational and Environmental Health, 1972, 29(3): 233-252.
- [24] LONCAR E S, PETROVIC S E, MALBASA R V, et al. Biosynthesis of glucuronic acid by means of tea fungus[J]. Nahrung, 2000, 44, 138-139.
- [25] HANAUSEK M, WALASZEK Z, SLAGA T J. Detoxifying cancer causing agents to prevent cancer[J]. Integrative Cancer Therapies, 2003, 2(2): 139-144.
- [26] VINCENT H K, INNES K E, VINCENT K R. Oxidative stress and potential interventions to reduce oxidative stress in overweight and obesity[J]. Journal Compilation, 2007, 9(6): 813-839.
- [27] VINCENT H K, TAYLOR A G. Biomarkers and potential mechanisms of obesity-induced oxidant stress in humans[J]. International Journal of Obesity, 2006, 30(3): 400-418.
- [28] OLAS B, SALUK-JUSZCZAK J, NOWAK P, et al. Protective effects of D-glucaro 1,4-lactone against oxidative/nitrative modifications of plasma proteins[J]. Nutrition, 2007, 23: 164-171.
- [29] JOHNSTON C S. Strategies for healthy weight loss: from vitamin C to the glycemic response[J]. Journal of the American College of Nutrition, 2005, 24(3): 158-165.