

·综述·

本文引用:张广慧,沈喜梅,周则卫,刘培勋,吴红英,龙 伟.黑茶的药理作用研究进展[J].湖南中医药大学学报,2017,37(3):340-344.

黑茶的药理作用研究进展

张广慧,沈喜梅,周则卫,刘培勋,吴红英,龙 伟*

(中国医学科学院 & 北京协和医学院放射医学研究所,天津 300192)

〔摘要〕 本文对近年来黑茶在药理学方面的研究进行了梳理,黑茶的药理作用包括以下几个方面:减肥、降脂、降胆固醇、降血糖、抑菌、改善肠道、抗氧化抗衰老、抗肿瘤等。

〔关键词〕 黑茶;药理作用;减肥;降血脂;降血糖;抗菌;抗氧化;抗肿瘤

〔中图分类号〕R28;S571.1 〔文献标识码〕B 〔文章编号〕doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2017.03.029

Research Progress of Pharmacological Effects of Dark Tea

ZHANG Guanghui, SHEN Ximei, ZHOU Zewei, LIU Peixun, WU Hongying, LONG Wei*

(Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Science & Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China)

〔Abstract〕 In this paper, the pharmacological effects of Dark tea on weight loss, lipid-lowering, lowering cholesterol, lowering blood sugar, antibacterial, improve intestinal tract, anti-aging antioxidant, anti-tumor and so on in recent years were presented.

〔Keywords〕 dark tea; pharmacological effects; weight loss; lipid-lowering; lowering blood sugar; antibacterial; antioxidant; anti-tumor

黑茶,是我国生产的绿茶、黄茶、黑茶、白茶、红茶、青茶六大茶类之一,它的主要产地有湖南、湖北、四川、云南、陕西等地。黑茶采用的原料较粗老,是压制紧压茶的主要原料。制茶工艺一般包括杀青、揉捻、渥堆和干燥四道工序。黑茶按地域分布,主要分类为湖南黑茶(茯茶)、四川黑茶(边茶)、云南黑茶(普洱茶)、广西六堡茶、湖北老黑茶及陕西黑茶(茯茶)(俗称黑五类)。黑茶属于后发酵茶,由于其特殊的加工过程形成了其独特的品质。渥堆是黑茶品质形成的关键工序,其原理是渥堆过程中的胞外酶、微生物呼吸热以及微生物自身体内代谢的综合作用,具体表现在叶绿素被破坏、多酚类物质的氧化、果胶、糖类的水解,香气物质的形成等^[1-2]。黑茶经过渥堆发酵后,茶多酚因多酚氧化酶引起的氧化聚合反应而含量锐减;儿茶素因微生物的酶促氧化与非酶促作用转化,其组分及比例发生

明显改变;氨基酸和可溶性糖含量亦有所变化等^[3]。黑茶作为我国的主要饮品之一,具有广泛的药用和保健作用,目前研究表明黑茶已知的功效主要有以下几方面。

1 减肥

边疆人民自古就有饮用黑茶的习惯,有“宁可三日无食,不可一日无茶”之说。现代生物科学技术从个体水平、细胞水平和分子水平等多面证明黑茶具有减肥作用。在个体水平上,Qiong S等^[4]研究发现普洱茶中乙酸乙酯提取物和水提取物对营养性肥胖ICR模型小鼠有显著的减肥作用。另有研究发现^[5,6],黑茶水提取物对营养肥胖型小鼠的体质量、Lee's指数、脂肪的重量、脂肪系数和脂肪细胞的大小和数目有不同程度的抑制作用。在细胞水平上,黑茶水提取物能有效抑制3T3-L1前脂肪细胞的增殖和分

〔收稿日期〕2016-05-12

〔基金项目〕国家自然科学基金青年项目(81202153);天津市应用基础与前沿技术研究计划青年项目(14JJCQNJC10900);中国医学科学院放射医学研究所发展基金(2016ZX310070);中国医学科学院放射医学研究所青年探索基金(2016ZX310072)。

〔作者简介〕张广慧,女,在读硕士研究生,研究方向:辐射防护食品药品研究。

〔通讯作者〕*龙 伟,男,博士,副研究员,E-mail:longway@irm-cams.ac.cn。

化,并具有剂量依赖关系;200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 黑茶水提取物还可调控肝 HepG2 中与脂肪代谢相关酶系的基因表达,有效控制肝细胞 HepG2 中的脂质积累^[7]。在分子水平上,黑茶可影响胰脂肪酶、 α -淀粉酶、胰蛋白酶和脂肪酸合酶等消化酶的活性^[8-9],即可减少机体对脂肪和糖类物质的吸收,也可阻滞脂肪酸的合成使脂肪合成减少,并升高丙二酰辅酶 A 浓度,降低食欲,从而达到减肥目的^[10]。此外,另有研究^[11-12]发现,黑茶能够诱导 3T3-L1 前脂肪细胞内活性氧(reactive oxygen species,ROS)增加,明显下调过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 2(peroxisome proliferator-activated receptor γ 2,PPAR γ 2)、CCAAT/增强子结合蛋白- α (C/EBP α) 和蛋白酪氨酸磷酸酶 1B (PTP-1B)mRNA 及其蛋白质表达,下调葡萄糖转运蛋白 (GLUT4)mRNA 表达及 GLUT4 蛋白质表达,抑制 3T3-L1 前脂肪细胞的分化。黑茶提取物从个体细胞和分子等不同水平上调节与脂肪合成分解相关基因表达,抑制脂肪的合成,加速脂肪的分解,从而抵抗和防治肥胖。

2 降胆固醇

胆固醇是机体各种组织及细胞的必要组成物质,是各种甾体类激素的重要前体,与人体多个系统的正常生理功能密切相关,但是由于胆固醇的升高也使人体产生了多种疾病(如动脉硬化、胆石症、脂肪肝等)。胆固醇降解的主要通路是胆汁酸的合成,新近研究表明,肝脏 X 受体(liver X receptor, LXR)、法尼酯衍生物 X 受体 (farnesoid X receptor, FXR) 等在胆汁酸代谢过程中起重要作用^[13]。Lv HaiPeng 等^[14]研究发现,普洱黑茶的乙酸乙酯提取物、正丁醇提取物及水提取物在浓度大于 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,对 LXR 和 PPAR γ 均有激活作用,乙酸乙酯提取物和正丁醇提取物主要成分是多酚类物质。傅冬和等^[15]研究发现,黑茶水提取物可通过 FXR 受体抑制胆固醇 7 α 羟化酶(CYP7A1)控制胆固醇转变为胆汁酸,促进胆汁酸的分泌和排泄,调节胆固醇的转运、合成和吸收。动脉粥样硬化(Atherosclerosis, AS)的早期病变的重要环节是巨噬细胞无限制地摄取氧化脂质进而形成泡沫细胞,Chen LiChing 等^[16]发现普洱黑茶可通过抑制烟碱型乙酰胆碱受体(α 9nAChR)和单核细胞上低密度脂蛋白(Low-density lipoprotein, LDL)受体的表达,预防动脉粥样硬化的早期病变,对尼古丁诱导泡沫细胞的形成有重要影响。黑茶可通过调节胆汁酸的合成影响胆固醇的降解,减少过高引起的多种疾病的发生,通过影响泡沫细胞的形成对动

脉粥样硬化早期病变有一定的预防作用。

3 降脂

随着人们生活水平的不断提高,饮食结构的改变,同时缺乏足够的运动,致使高血脂症的发病率逐年升高。关于黑茶对血脂的降低作用,国内外已有大量文献证实。林勇等^[17]以高脂血症小鼠为模型,给予茯砖茶水提取物,与模型组相比,茯砖茶组血清总胆固醇(Total Cholesterol,TC)、甘油三酯(Triglyceride, TG)和低密度脂蛋白(Low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)水平下降,并呈剂量依赖性升高高密度脂蛋白(High-density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)水平,同时小鼠肝组织切片 HE 染色显示,肝细胞浆中的脂肪颗粒明显减少。咖啡碱对小鼠肝脏脂肪酶活性有明显的影晌^[18]。高斌等^[19]发现普洱黑茶茶褐素可以促进体内脂质 TC 的降解,起到明显的降血脂功效。并且黑茶还可通过增加激素敏感性脂肪酶(hormone-sensitive triglyceride lipase, HSL)活性及其 mRNA 的表达量促进 TG 的降解;吴朝比等^[20]认为黑茶抑制 FAS 蛋白的活性而降低对外源性 TG 的吸收,减少脂肪的合成,促进脂肪酸的排泄。表明黑茶能减少外源脂质的消化吸收,抑制细胞内脂质的生物合成,同时促进它在体内的氧化分解及转运排出,从而降低血脂。

4 降血糖

糖尿病是一种代谢性疾病,现已成为危害人类健康的主要疾病之一。随着对糖尿病研究的不断深入,对于该疾病的预防和治疗已经取得不错的成果。黑茶提取物在调节血糖方面也有着明显的效果。龚受基等^[21]以 HepG2 细胞胰岛素抵抗模型研究,发现该细胞中葡萄糖消耗量减少, TG、TC 堆积量增加, GLUT2、肝脂酶(Tepaticlipase, HL)和 AMP 依赖的蛋白激酶(Adenosine 5'-monophosphate(AMP)-activated protein kinase, AMPK α 2)基因表达降低,磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶(Phosphoenolpyruvate carboxykinase, PEPCK)和 ACC2 基因表达升高。六堡茶通过增加 AMPK α 2 和 HL mRNA 表达、减少 ACC1、ACC2 mRNA 表达,调控能量代谢和加速脂肪氧化来促进葡萄糖吸收,改善胰岛素抵抗 HepG2 细胞内总胆固醇含量;在蛋白水平上六堡茶能够促进磷酸化蛋白激酶(Akt)ser473 位点磷酸化,改善胰岛素抵抗导致的葡萄糖转运和肝糖原合成紊乱。另有 Cai Xianbin 等^[22]研究发现普洱黑茶在肥胖小鼠模型中,可改善葡萄糖耐受性和胰岛素抵抗,降低糖异

生相关基因的表达,增强信号传导与转录激活因子(signal transducer and activator of transcription, STAT3)的磷酸化。体外 HepG2 细胞中,普洱黑茶可增强的 IL-6 诱导的 STAT3 磷酸化,推测普洱黑茶可能通过调节 IL-6 / STAT3 信号通路改善脂质代谢和胰岛素抵抗。普洱黑茶中咖啡碱处理 3T3-L1 前脂肪细胞后,经基因芯片分析发现磷脂转移蛋白(phospholipid transfer protein, PLTP)可能与血糖的降低有关,可用于 2 型糖尿病的治疗^[23]。黑茶水提取物还可以抑制 α -葡萄糖苷酶活性,有效地抑制食物中碳水化合物水解和消化,延缓葡萄糖的吸收,从而有效地阻止糖尿病患者餐后血糖的升高达到降血糖的目的^[24-26]。黑茶提取物还可以在体外抑制葡萄糖苷酶,减少蛋白质非酶糖基化和抑制醛糖还原酶,由此可见黑茶具有降糖和改善糖尿病并发症的作用。

5 抗氧化抗衰老

许多研究表明,衰老与自由基损伤密切相关。氧阴离子(O_2^-)、羟自由基($\cdot OH$)和过氧化氢(H_2O_2)等是生物体内主要的活性氧自由基,由它们引发的体内脂质过氧化是机体衰老发生的重要原因。丁金祥等^[27-29]研究发现茯砖茶的乙醇提取物和青砖茶乙酸乙酯萃取物具有明显的抗氧化活性,体外可清除 DPPH, ABTS 自由基。也可保护猪肾细胞(LLC-PK1)细胞 H_2O_2 诱导的氧化损伤,表现为提高细胞内的抗氧化酶活性,包括过氧化氢酶(Catalase, CAT),超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD),谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione peroxidase, GSH-PX),降低丙二醛(Malondialdehyde, MDA)的含量。另有 Yu Miao 等^[30]研究表明,普洱黑茶可保护由喹烯酮引起的功能性和器质性肝损伤,这种保护作用是通过激活 Nrf2/HO-1 通路实现的,由普洱黑茶中的茶多酚等活性物质活化细胞外信号调节酶(extracellular regulated protein kinases, ERK),有效保护氧化应激产生的损伤。普洱黑茶和 γ -氨基丁酸还可有效降低红藻氨酸处理的大鼠肾上腺髓质嗜铬瘤分化细胞(PC12)中 Ca^{2+} 的释放、ROS 的产生和脂质的过氧化,经 Western blot 分析发现环氧酶-2(Cyclooxygenase-2, COX-2)和分裂原激活的蛋白激酶(mitogen activated protein kinases, P38MAPK)的表达降低,前列腺素 E_2 (Prostaglandin E_2 , PGE₂)含量降低^[31]。普洱黑茶可通过提高 SOD、GSH-PX 及 GSH-PX/MDA 比值缓解顺铂产生的肝毒性,对顺铂诱导的肝脏氧化损伤有一定的保护作

用^[17,32]。黑茶激活抗氧化相关通路,提高抗氧化酶的活性,表现明显的抗氧化活性。

6 改善肠道

随着饮食结构及精神心理和社会因素等的改变,胃肠功能障碍性疾病成为影响现代人生活质量的重要疾病之一。黑茶调节胃肠运动和肠道菌群的作用也不断被发现。曾婷玉等^[33-34]研究发现,茯砖茶高、中、低剂量(210,105,52.5 mg/kg)的预防组和治疗组对番泻叶引起小鼠腹泻肠道生理状态有调节作用,对乳酸杆菌等有益菌群的繁殖有促进作用,而对大肠杆菌等有害菌群的生长有抑制作用,并呈现剂量依赖性。Wang Yuan-liang 等^[35]发现小鼠感染大肠杆菌后,经茯砖茶提取物治疗后,血液中血小板、总蛋白和白蛋白上调,而血清中甘油三酯,天冬氨酸转氨酶,肌酸酐和尿素氮下调,胃、肾、十二指肠、回肠和结肠的组织学切片表明感染黏膜炎症减轻,乳酸杆菌,类杆菌等菌群多样性增加,说明茯砖黑茶还可保护感染大肠杆菌小鼠肾脏和肝脏,提高免疫功能,调节结肠菌群。通过动物实验^[36-38]表明青砖茶、六堡茶、茯砖茶、千两茶四种黑茶均能不同程度促进小鼠胃排空和小肠推进功能。吴香兰等^[39]用氨苄青霉素引起的小鼠肠道菌群失调及免疫功能低下模型,检测小肠黏膜中分泌型免疫球蛋白 A(Immunoglobulin A, sIgA)、白介素-2(Interleukin-2, IL-2),血清中白蛋白和总蛋白含量及回肠部病理,发现茯砖茶提取物能修复受损黏膜,表现出对肠道免疫功能的调节作用。而在黑茶对紊乱小鼠模型的影响的实验中也证明了黑茶具有一定的调整肠道紊乱作用。

7 抑菌

黑茶含有多种成分,在黑茶提取物中其有效成分茶多酚具有较强的抗菌消炎、抗病毒等生物活性而备受研究者青睐。Keller 等^[40]研究茯砖茶和绿茶对金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌、索氏志贺菌、沙门氏菌的抑菌作用,发现茯砖茶提取物,在 5 mg/mL 及以下浓度时可减少肠道病原体志贺氏菌和金黄色葡萄糖菌的生长,抑制率达 50%,而对大肠杆菌、铜绿假单胞菌和沙门氏菌无明显抑制作用。Wang Yi 等^[41]发现普洱黑茶可减少附着在牙龈组织上的口腔病原菌,改善口腔组织的健康。

8 抗肿瘤

近年来,随着医学与茶学学科交叉日益紧密,黑茶及黑茶中很多组分的抗肿瘤研究呈现十分活跃的

局面。宋鲁彬等^[42]利用人结肠癌细胞 HCT-8 及人胃癌细胞 SGC-7901 两种细胞株研究黑茶对消化道肿瘤细胞生长的抑制作用,结果发现,黑茶具有良好的抑制消化道肿瘤细胞生长的作用,饮用黑茶极大的降低了食管癌产生的几率,Zhao Hang 等^[43]的研究证明普洱黑茶提取物茶褐素使胃癌细胞 SGC-7901 细胞周期停留在 S 期,G2/M 期细胞数减少,但对正常细胞 CCC-HEL-1 细胞影响较小。Zhao Xin 等^[44]发现普洱黑茶对人舌鳞癌 TCA8113 细胞增值也有抑制作用并诱导其凋亡。动物实验中,与对照组小鼠相比,普洱黑茶给药组小鼠肿瘤的体积和淋巴结转移率均降低,血清中促炎性因子 IL-6、IL-12、TNF- α 和 TNF- γ 水平也均有不同程度的降低,通过上调 Bax 和下调 Bcl-2 诱导肿瘤细胞凋亡,表明普洱黑茶对颊黏膜癌有预防和抗转移作用,并有剂量依赖性。目前认为黑茶中起到抑制肿瘤细胞生长的物质主要是儿茶素类茶多酚及其组成中的各种儿茶素单体和茶多酚的氧化产物茶色素。并且茶多酚作为一种抗氧化剂,可以结合金属离子、捕获活性氧产物,降低它们对蛋白质、细胞脂膜和核酸的损害作用。在较低剂量时,其还可以特异性地影响细胞内特定的酶类、受体和脂膜的活动,从而表现出多种生物活性^[45]。

除以上药理作用,黑茶还具有抗凝血^[46]、保肝以及激活胰脂肪酶和 α -淀粉酶等作用^[47-48]。郭绍来等^[49]研究还发现黑茶茶多酚及其主要成分儿茶素,表没食子酸盐(epigallocatechin gallate, EGCG)可以通过提高被紫外辐射动物机体内的抗氧化酶活性、降低脂质过氧化反应,而减轻辐射所致的过氧化损伤,以达到抗辐射的目的。

9 小结

综上所述,黑茶作为我国的特种茶之一,它独特的风味和广泛的药用及保健作用已经引起了国内外学者的关注。经过多年的研究,现在已经知道了黑茶中的主要有效成分及其部分作用,但是还是有不少关于黑茶的药理作用及理化性质没有探明。今后对于黑茶的研究探索可以从以下几个方面展开:(1)研究黑茶中各种有效成分各自具体的药理作用及其作用机制;(2)研究黑茶各成分的含量对黑茶品质的影响,及不同制茶工艺对黑茶药理活性的影响;(3)目前,市面上以黑茶为主要原料的产品较少,所以研究黑茶提取物在保健品方面的应用拥有不错的前景;(4)有关黑茶抗辐射作用的研究还不够完善,还需要更进一步研究观察黑茶的抗辐射作用机制。

参考文献:

- [1] 何春雷,杜晓.金尖茶自然渥堆研究初报[J].四川农业大学学报,1991,9(1):115-119.
- [2] 段莹,王登良,张灵枝.黑茶制造技术理论发展概况[J].广东茶业,2012(Z1):10-12.
- [3] 邵静娜,葛国平,何卫中,等.渥堆过程中黑茶生化成分变化及其影响因子研究进展[J].茶叶,2015,41(3):137-141.
- [4] Qiong S, Xishuang Y. History of Pu'er Tea and comparative study for the effect of its various extracts on lipid-lowering diet [J]. Pak J Pharm Sci, 2014, 27(4 Suppl):1015-1022.
- [5] 叶小燕.黑茶减肥作用及其机理研究[D].长沙:湖南农业大学,2012.
- [6] 宋鲁彬,黄建安,刘仲华,等.中国黑茶对 FXR 及 LXR 核受体的作用[J].茶叶科学,2009,29(2):131-135.
- [7] 邹晓菊,丁毅弘,梁斌.普洱茶减肥、降脂机制的探讨[J].动物学研究,2012,33(4):421-426.
- [8] 吴媛媛,屠幼英,陈文峰,等.紧压茶对 α -淀粉酶促活作用的研究[J].中国茶叶加工,2002(1):38-39.
- [9] Du YT, Wang X, Wu XD, et al. Keemun black tea extract contains potent fatty acid synthase inhibitor and reduces food intake and body weight of rats via oral administration [J]. J Enzyme Inhibit Med Chem, 2005, 20(4): 349-356.
- [10] Wang J, Einarsson C, Murphy C, et al. Studies on LXR and FXR mediated effects on cholesterol homeostasis in normal and cholic acid depleted mice [J]. J Lipid Res, 2006, 47 (2): 421-430.
- [11] Parks DJ, Blanchard SG, Bledsoe RK, et al. Bile acids:natural ligands for an orphan nuclear receptor [J]. Science, 1999, 284: 1365-1368.
- [12] Li Q, Liu ZH, Huang JN, et al. Anti-obesity and hypolipidemic effects of fuzhuan brick tea water extract in high-fat diet-induced obese rats [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2013,93(6):1310-1316.
- [13] Wang J, Einarsson C, Murphy C, et al. Studies on LXR and FXR mediated effects on cholesterol homeostasis in normal and cholic acid depleted mice [J]. J Lipid Res, 2006, 47 (2): 421-430.
- [14] Lv HP, Zhu Y, Tan JF, et al. Bioactive compounds from pu-erh tea with therapy for hyperlipidaemia [J]. Journal of Functional Foods, 2015, 19: 194-203.
- [15] 傅冬和,刘仲华,黄建安,等.茯砖茶降脂功能成分研究[J].茶叶科学,2012,32(3):217-223.
- [16] Chen LC, Chen MY, Tu SH, et al. Pu-erh tea attenuates smoking-induced foam cell formation through inhibition of the α 9-nicotinic-acetylcholine receptor expression in monocytes: an ex vivo study[J]. Journal of Functional Foods, 2016, 22:132-144.
- [17] 林勇,刘仲华,林海燕,等.茯砖茶水提物对高脂血症小鼠脂质代谢的影响及其抗氧化作用的研究[J].食品安全质量检测学报,2015,6(5):1561-1566.
- [18] 杨丽聪,郑国栋,蒋艳,等.咖啡碱与茶多酚组合对小鼠肝脏脂肪代谢酶活性的影响[J].中国食品学报,2011,11(3):14-19.
- [19] 高斌,彭春秀,龚加顺,等.普洱茶茶褐素对大鼠激素敏感性脂

- 肪酶活性及其 mRNA 表达的影响[J].营养学报,2010,32(4):362-366.
- [20] 吴朝比,黄建安,刘仲华,等.黑茶调节高脂血症作用及机理研究进展[J].食品科学,2011,32(19):307-311.
- [21] 龚受基.六堡茶和茉莉花改善胰岛素抵抗功效及机制研究[D].长沙:湖南农业大学,2012.
- [22] Cai XB, Fang CY, Shuhei Hayashi, et al. Pu-erh tea extract ameliorates high-fat diet-induced nonalcoholic steatohepatitis and insulin resistance by modulating hepatic IL-6/STAT3 signaling in mice [J]. Japanese Society of Gastroenterology, 2016, 51(8): 819-829.
- [23] Fang CY, Wang XJ, Huang YW, et al. Caffeine is responsible for the bloodglucose-lowering effects of green tea and puer tea extracts in balb/c mice[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2015, 13(8): 595-601.
- [24] Lee YA, Cho JU, Tanaka T. Inhibitory activities of proanthocyanidins from persimmon against oxidative stress and digestive enzymes related to diabetes[J]. J Nutr Sci Vitaminol, 2007, 53(3): 287-292.
- [25] 黄春桃,杜万红,刘仲华,等.十两茶提取物对葡萄糖苷酶、蛋白质非酶糖基化及醛糖还原酶的体外抑制作用研究 [J]. 中南药学, 2012,10(6):414-417.
- [26] 黄春桃,杜万红,刘仲华,等.十两茶水提物降糖作用及机制研究 [J].生命科学研究,2012,16(3):233-236.
- [27] 丁金祥,黄 昀,李 勇,等.茯砖茶抗氧化活性物质的提取工艺研究[J].食品研究与开发,2013,34(16):12-14,35.
- [28] Song JL. Protective effect of Fuzhuan brick tea on H₂O₂-induced cellular oxidative damage in LLC-PK1 cells [J]. Journal of Tea Science, 2012,32(6):539-542.
- [29] Cheng Q, Cai SB, Ni DJ, et al. In vitro antioxidant and pancreatic α -amylase inhibitory activity of isolated fractions from water extract of Qingzhuan tea [J]. J Food Sci Technol, 2015, 52(2):928-935.
- [30] Yu M, Wang D, Yang W, et al. Mechanisms of Nrf2/HO-1 pathway up-regulation induced by pu-erh black tea extract supplementation for quinocetone-treated Sprague-Dawley rats[J]. Journal of Functional Foods, 2015, 14: 767-778.
- [31] Hou CM. Pu-Erh tea and GABA attenuates oxidative stress in kainic acid-induced status epilepticus[J]. Journal of Biomedical Science, 2011, 18: 75.
- [32] Zheng XN, Wang XW, Li LW, Pu-erh Tea Powder Preventive Effects on Cisplatin-Induced Liver Oxidative Damage in Wistar Rats[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2014, 15(17): 7389-7394.
- [33] 曾婷玉,李恒彪,曾 斌,等.茯砖茶对肠道4种常住微生物的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(4):387-392,449.
- [34] Foster MT, Gentile CL, Cox-York K, et al. Fuzhuan tea consumption imparts hepatoprotective effects and alters intestinal microbiota in high saturated fat diet-fed rats.[J]. Mol Nutr Food Res, 2016, 60(5): 1213-1220.
- [35] Wang YL, Xu AQ, Liu P, et al. Effects of fuzhuan brick-tea water extract on mice infected with e. coli o157: h7[J]. Nutrients, 2015, 7(7): 5309-5326.
- [36] 王韵阳,张超英,闫志勇.茶叶水浸液对部分肠道致病菌的抑菌作用[J].青岛大学医学院学报,2011,47(6):537-538.
- [37] 吴香兰,刘仲华.黑茶改善小鼠胃肠道功能的实验研究[D].长沙:湖南农业大学,2013.
- [38] 杨新河.普洱茶色素提取、分级及生物活性研究[D].长沙:湖南农业大学,2011.
- [39] 吴香兰,刘仲华,曹 丹,等.茯砖茶对小鼠肠道免疫功能调节作用的研究[J].茶叶科学,2013,33(2):125-130.
- [40] Amy C. Keller, Tiffany L. Weir, Corey D. Broeckling, et al. Antibacterial activity and phytochemical profile of fermented *Camellia sinensis* (fuzhuan tea) [J]. food research international, 2013, 53(2): 945-949.
- [41] Wang Y, Felicia FL Chung, Sui M Lee, et al. Inhibition of attachment of oral bacteria to immortalized human gingival fibroblasts (HGF-1) by tea extracts and tea components[J]. BMC Research Notes, 2013, 6: 143.
- [42] 宋鲁彬,黄建安,刘仲华,等.中国黑茶对消化道肿瘤的作用[J].茶叶科学,2009,29(3):191-195.
- [43] Zhao H, Zhang M, Zhao L, et al. Changes of constituents and activity to apoptosis and cell cycle during fermentation of tea [J]. Int J Mol Sci, 2011, 12(12): 1862-1875.
- [44] Zhao X, Qian Y, Zhou YL, et al. Pu-erh tea has in vitro anticancer activity in tea8113 cells and preventive effects on buccal mucosa cancer in u14 cells injected mice in vivo[J]. Nutr Cancer, 2014, 66(6): 1059-1069.
- [45] 杨贤强,王岳飞,陈留记.茶多酚化学[M].上海:上海科学技术出版社,2003.
- [46] 彭静静.六堡茶的降血脂功能性研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [47] 傅冬和,刘仲华,黄建安,等.茯砖茶不同萃取物对消化酶活性的影响[J].茶叶科学,2008,28(1):62-66.
- [48] 汪 静,郭晓慧,史欢洁,等.茯砖茶对饮酒雌鼠肝组织4种酶含量的影响[J].包头医学院学报,2015,31(6):5-7.
- [49] 郭绍来,胡 园,刘 屏,等.茶多酚及其主要成分 EGCG 在辐射损伤小鼠模型中的保护作用 [J]. 中国药学杂志,2010,35(10): 1328-1331.

(本文编辑 匡静之)