

安化黑茶加工过程中的微生物关系及保健功能 研究进展

曾斌¹, 向阳¹, 梁敏敏¹, 何郁菲¹, 傅冬和^{1,2*}

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 长沙 410128; 2. 湖南农业大学园艺园林学院植物资源工程系, 长沙 410128)

摘要: 近年来随着科技的进步, 不论是安化黑毛茶还是成品安化黑茶的生产工艺都在不断创新与突破, 产品越来越丰富, 品质越来越优质, 促进了安化黑茶的极大发展。现代研究表明, 安化黑茶品质的形成与加工过程中的微生物作用息息相关, 不论是黑毛茶的渥堆过程还是茯砖茶的“发花”工艺, 都是以微生物的活动为基础, 微生物在利用茶叶中的营养成分供自身生长的同时还分泌多种水解酶类, 促进茶叶中内含成分的转化, 从而形成安化黑茶优良的品质。由于安化黑茶独特的保健功能, 特别是其降脂减肥、改善消化道、防癌抗癌等作用, 适应现代需求, 深受消费者喜爱。本文综述了安化黑茶中的关键工艺及其创新、微生物相互关系以及其保健功能的研究概况, 并对今后安化黑茶中的研究发展方向进行了展望。

关键词: 安化黑茶; 工艺; 微生物关系; 保健功能

Research progress in the relationship between microorganism in the processing of Anhua dark tea and health care function

ZENG Bin¹, XIANG Yang¹, LIANG Min-Min¹, HE Yu-Fei¹, FU Dong-He^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Ministry of Education for Tea Science, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

ABSTRACT: With the development of technology, no matter the process of Anhua raw dark tea or the finished tea product have been innovated and broken recently. The products become richer and richer and the quality becomes higher and higher, which promote the great development of Anhua dark tea. Modern researches indicate that the quality of Anhua Dark tea is formed with microorganism activities. Both the Pile-fermentation processing of Anhua raw dark tea and the “fungus growing” of Fuzhuan brick tea are based on the activities of microorganism. The microorganisms secrete a large number of hydrolytic enzymes when they use nutrition of tea, which advance the transformation of the components in tea to form its quality. As the unique health function adapting for the requirement, especially the function of lipid-lowering diet, improving the digestive tract, preventing and curing cancer, it has become very popular favorite for customers. This paper summarized the relationship between microorganism in the processing of Anhua dark tea and health care function. Finally, we forecasted the study on the development direction of Anhua dark tea in the future.

KEY WORDS: Anhua dark tea; technology; relationship between microorganism; health care function

*通讯作者: 傅冬和, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为茶叶深加工及功能成分化学。E-mail: fu7879@yahoo.com.cn

*Corresponding author: FU Dong-He, Professor, Doctoral Tutor, Tea Key Laboratory, Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: fu7879@yahoo.com.cn

1 引言

近年来,安化黑茶以其独特的加工工艺,优良的茶叶品质以及突出的保健功效^[1-3],深受消费者的喜爱,市场潜力巨大。为使更多老百姓受益于安化黑茶,完善安化黑茶标准体系,改进安化黑茶加工工艺、提取安化黑茶功能成分等措施将成为安化黑茶在未来的研究方向。

研究表明,安化黑茶品质的形成与微生物作用息息相关^[4]。不论是黑毛茶的渥堆过程还是茯砖茶的“发花”工艺,都是以微生物的活动为基础,促进茶叶中内含成分的转化,从而形成安化黑茶优良的品质。目前关于安化黑茶中的微生物作用的研究很多^[5,6],关于其中微生物相互关系及其对黑茶品质影响的研究对于调控环境因素,控制微生物相互影响,实现安化黑茶清洁化、标准化、自动化的生产,提高黑毛茶品质、提升发花质量、降低黑茶生产中杂菌的影响具有重要的意义。本文就安化黑茶加工过程中的微生物关系及保健功能研究状况作一综述,以期对安化黑茶品质的提高提供借鉴和参考。

2 安化黑茶中的关键技术及创新

2.1 黑毛茶的关键工艺及创新

杀青、揉捻、渥堆、复揉、干燥是黑毛茶加工过程中最基本的五道工序^[7],其中渥堆是一种特殊的生产工艺,是风味品质形成的关键工序。渥堆使黑毛茶的品质表现出汤色橙黄不绿,叶底黄褐不青,滋味醇和不涩,形成独具一格的品质特征^[8]。关于渥堆的实质的说法有以下三种:酶作用学说、微生物学说和湿热作用学说^[9]。目前较为认可的观点是微生物学说。微生物学说认为在渥堆过程中微生物在利用茶叶中的营养成分供自身生长的同时,微生物通过产酶、产热等方式,加速了茶叶内含成分的一系列复杂的变化,最终形成了黑茶独特的品质风味。

传统的黑毛茶干燥采用松柴明火烘焙而使其形成油黑色并具松烟香^[10],这是由生产力条件限制而形成的地方特色加工方式。但现代研究表明,这种干燥方式会产生多环芳香烃类化合物如1,2-苯并芘、3,4-苯并芘等十多种毒性致癌物质^[11,12],在生产过程中严重影响到食品安全。为解决这一问题,任维等^[13]对比了七星灶、碳烘、电烘三种干燥方式,发现电烘干燥方法得到的产品较理想,不仅能避免传统干燥工艺导致的含有致癌物问题,保证了食品安全,而且该方法能源洁净,便于控制温度,利于连续化生产,也保证了产品质量的稳定性。

在加工成紧压茶之前,为提高紧压茶品质,目前各企业往往采用黑毛茶醇化技术,即将新制的黑毛茶放在仓库内进行一段时间的存放,通过控制仓库内的温、湿度等外部条件,促进黑毛茶内含成分缓慢地转化,达到提高黑毛

茶品质的作用。谢娇梅等^[14]通过对黑毛茶在存放过程中的品质变化的研究,表明黑毛茶通过存放醇化处理,茶叶在汤色、香气、滋味等各方面品质都能得到改善,且存放时间越长,品质变化越明显;同时,醇化时间上,黑毛茶的二级比黑毛茶的三级短得多,而且适宜的渥堆加工技术,对黑毛茶的醇化有利。

2.2 茯砖茶的关键工艺及创新

根据等级与品质的差异,湖南黑毛茶被加工成三尖三砖一卷七类成品黑茶。三尖是指天尖、生尖、贡尖;三砖是指花砖、黑砖、茯砖;一卷则指的是千两茶。其中茯砖茶的加工过程是最复杂的,茯砖茶因其独特的风味也是最受消费者喜爱的黑茶^[15]。

茯砖茶是以黑毛茶为原料,经过筛分、汽蒸、渥堆、称茶、蒸茶、压制、包装、发花、干燥和检验等工序精制而成^[16],其中茯砖茶品质形成的关键过程是“发花”。“发花”是将黑毛茶压成砖坯后,送入烘房,在合适的条件下生长出冠突散囊菌这种有益菌的过程^[17]。冠突散囊菌俗称金花,金花越多茶叶的内含成分转化的就越好,茯砖茶的品质就越高。

汽蒸之后的渥堆过程也是提升茯砖茶品质的重要手段。刘石泉等^[18]通过研究表明,茯砖茶的渥堆过程中的含水率、温度、时间对茶叶中的各种内含成分都有一定的影响。其中在原料含水率23%~28%,渥堆温度35~40℃,渥堆时间24~30h的条件下渥堆效果较好,制得的茯砖茶品质更佳。

黄建安等^[19]通过研究与开发两种茯砖茶诱发剂YFJ1、YFJ2,添加到茯砖茶的发花过程中,与传统发花相比,发花9d就能达到传统发花中正常品质的要求,证实了使用诱导剂,可以缩短发花时间,同时提高了茯砖茶质量和品质的作用。

黄浩等^[20]采用人工接种“金花”菌至散茶,进行散茶发花技术的研究,通过控制与发花相关的环境条件,即茶胚含水量、发花空气湿度、发花温度等,大大缩短了传统发花过程所需的时间,由传统的12d缩减到目前的5d,得到了品质更为优异的茶叶。

加快茯砖茶的生产,增加更多茯砖茶的种类,满足消费者的需求已经成为业内人士研究的重心。李佳莲等^[21]对微型茯砖茶发花技术进行了研究,也就是对黑毛茶直接接种冠突散囊菌,压制成质量5g左右的圆柱形茯砖茶,再发酵制作成微型茯砖茶。通过研究茶叶的含水量、蒸制时间、渥堆温度及渥堆时间,结果表明在茶叶含水量26%,蒸制时间10min,渥堆温度70℃,渥堆2h的制作工艺处理下,得到的茶叶汤色红艳透明、香气浓郁、滋味甜香醇和。此工艺生产的微型茯砖茶不仅饮用方便,可以直接冲泡,而且色、香、味比普通茯砖茶品质更佳。

3 安化黑茶中的微生物关系研究

在安化黑茶的生产中,微生物除了利用茶叶中的营养成分供自身生长,还产生各种不同的胞外酶类,这些酶类促使茶叶的氧化、降解反应,促进了茶叶内含成分的转化,形成了安化黑茶独特的品质。目前关于安化黑茶中微生物的研究主要集中在菌种的分离、鉴定等方面^[22],并且主要是针对优势菌种的研究,黑茶中微生物的关系可分为种内关系和种间关系,黑茶中的杂菌与优势菌间存在着拮抗、竞争、互生等关系,它们影响着优势菌的生长繁殖,从而影响到优势菌对黑茶品质的形成。

温琼英等^[23]通过研究黑毛茶渥堆过程中无菌渥堆与传统渥堆发现,传统渥堆叶比无菌渥堆叶中真菌数要高300~20000 cfu/g之间,而细菌更是多达 10^8 倍以上。对黑毛茶渥堆叶中微生物类群的分离和鉴定表明,在黑毛茶传统渥堆叶中占优势的是真菌中的假丝酵母菌属(*Candida*)中的种群,在渥堆后期霉菌数量上升,优势菌种为黑曲霉(*Aspergillus*),此外还有少量的青霉属(*Penicillium*),无芽胞短杆菌、芽孢细菌和球菌等。渥堆过程中的温度随着渥堆的进行不断升高,渥堆前期的低温高湿环境更适合假丝酵母菌属的生长,使其成为优势菌种;随着渥堆的进行,微生物数量增多,代谢更加旺盛,产出的热量更多,导致了温度的上升,高温高湿条件的条件更适合黑曲霉的生长,而不利于假丝酵母菌属的生长,渥堆后期假丝酵母菌属让位于黑曲霉,使黑曲霉成为渥堆过程中的优势菌种。在黑毛茶初制渥堆过程中,微生物利用温度、湿度、水分等外部条件,以茶叶为生长基石,迅速繁殖产生大量个体,并进行一系列的代谢活动,作用于茶叶的内含成分,使其发生转变,形成了黑毛茶的特征性风味,微生物对黑毛茶品质的作用确实非常显著。

温琼英等^[24]通过对茯砖茶“发花”过程中优势菌演变规律的研究,结果表明,茯砖茶在“发花”过程中微生物的生长存在着明显的抑制和被抑制的关系。在“发花”初期,有一定量的黑曲霉、青霉等霉菌的存在。但当其中的优势菌——冠突散囊菌(*Eurotium cristatum*)开始生长起来后,有效抑制了其他微生物的生长,如果生产出的成品茯砖中含有黑曲霉、青霉等真菌也是不符合食品安全的。此外,还探讨了添加诱发剂对茯砖茶“发花”的影响。所得结果证明,通过添加合适的发花诱发剂确实能够显著提高冠突散囊菌,即发花过程中优势菌的数量,能够加速茶叶中有效成分的转化,生产出的茯砖茶金花茂盛,颗粒饱满,茶叶品质更为优异,而且还能缩短发花工艺所需的时间。而关于“发花”过程中微生物之间抑制与被抑制的关系,是由于微生物间相互竞争生存空间导致,还是优势菌分泌了某种抑制其他微生物生长的物质引起的还有待进一步研究。

文杰宇等^[25]通过对茯砖茶“发花”过程中微生物多样性的研究,结果表明,冠突散囊菌是茯砖茶的优势菌种,

这与温琼英和齐祖同等^[26]鉴定茯砖茶优势菌种为冠突散囊菌一致。而检测出的黑曲霉和青霉则属于发花期的污染菌。通过微生物分离纯化技术还首次确立了在茯砖茶发花过程中的优势酵母菌——汉逊德巴利酵母。通过对汉逊德巴利酵母产纤维素酶的实验研究表明,在短时期内汉逊德巴利酵母和冠突散囊菌的混合培养能够促进纤维素酶的产生,这可能是汉逊德巴利酵母能够产生一种促进冠突散囊菌生长的物质;而随着混合培养时间的延长,纤维素酶的产生有所降低,这可能是冠突散囊菌生长到一定阶段后分泌了抑制其他微生物生长的物质,关于这两类物质的具体情况还有待进一步的研究。说明在茯砖茶“发花”过程中微生物的生长不仅存在竞争关系,还存在促进与抑制的关系。

由以上的研究可以看出,目前关于微生物之间关系的研究只得到几类优势菌之间的部分关系,如抑制关系和竞争关系,这对于安化黑茶中微生物的研究明显是不够的。

4 安化黑茶的保健功能研究

黑茶一直以来都是作为边销茶销往边疆少数民族地区,边疆少数民族地区因环境因素导致缺乏绿色果蔬的食用,通过饮用黑茶,为他们提供人体所必需的维生素、氨基酸等元素,同时由于边疆地区长期以肉食和乳制品等高脂食物为主,黑茶具有的消食去腻作用能很好地促进其消化吸收,因此在当地流传着“一日无茶则滞,二日无茶则病”、“腥膻动物非茶不消,青稞之热非茶不解”的谚语^[27,28]。近年来,安化黑茶在保健功能的研究上也越来越深入。

4.1 安化黑茶的降脂减肥作用

傅冬和等^[29]在茯砖茶降脂功能成分的研究中,通过结合现代分离技术和高通量药物筛选技术,从茯砖茶中分离得到6个单体化合物,选用与降脂减肥作用相关的FXR、LXR、PPAR δ 、PPAR γ 、3T3-L1细胞模型进行高通量筛选研究,结果表明,6个单体化合物对各个细胞模型的作用效果不一,在FXR激活模型中,当添加质量浓度为50 $\mu\text{g/mL}$ 时,没食子酸(gallic acid)和表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate)的激活值分别达1.77和3.22,表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate)的激活倍数更是高达6.00;在PPAR γ 激活模型中,当添加质量浓度为30 $\mu\text{g/mL}$ 时,没食子儿茶素(gallocatechin)的激活倍数为1.62,3-甲氧基-4,5-二羟基苯甲酸(MDBA)的激活倍数为1.73;而各化合物对3T3-L1模型的作用不明显。

肖文军^[30]等在茯茶辅助调节血脂作用的研究中,以不同剂量的速溶茯茶饲喂Wistar大鼠30d,结果表明茯茶具有降低Wistar大鼠体重、甘油三酯(triglyceride, TG)、胆固醇(total cholesterol, TC)及升高高密度脂蛋白(high-density lipoprotein, HDL-C)的作用;对高脂血症者试饮茯茶饮料试验,也表明茯茶具有降低高脂血症者TG、TC、LDL-C作用和升高HDL-C作用。

王蝶等^[31]在茯砖茶减肥作用的研究中, 探讨了茯砖茶和绿茶对营养型肥胖大鼠的减肥作用, 结果表明, 茯砖茶和绿茶都能显著抑制大鼠体重增长, 降低食物利用率、脂肪系数和 Lee 氏指数。在体质量、体脂肪方面, 以大鼠为模型, 茯砖茶能明显降低其含量, 对于脂肪细胞内脂肪的积累, 以及脂肪细胞的肥大, 都有显著地抑制作用。同时茯砖茶比绿茶更能显著降低血清中的甘油三酯, 说明茯砖茶的减肥功能更为明显。

宋鲁彬等^[32]在中国黑茶对 FXR 及 LXR 核受体的作用研究中, 选用茯砖茶、花砖茶、黑砖茶、普洱茶、青砖茶和六堡茶 6 种黑茶, 并且以米砖茶、沱茶为对照材料, 研究黑茶对 FXR 核受体及 LXR 核受体的活性, 结果表明, 黑茶具有良好的 FXR 核受体活性, 并且普洱茶还具有很好的 LXR 核受体活性。说明黑茶中具有多种物质对 FXR 及 LXR 具有活性, 黑茶具有调节胆固醇及糖代谢的功能, 有较好的抗代谢综合症活性。

熊昌云等^[33]在人工接种发酵茯砖茶降脂减肥作用的研究中, 比较了自然发酵与人工接种发酵茯砖茶对营养性肥胖大鼠的降脂减肥作用, 结果表明喂饲两类茯砖茶后的大鼠体重、脂肪湿重、脂肪系数、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)等指标均低于肥胖模型组, 而高密度脂蛋白(HDL-C)则有明显提高。对营养性肥胖大鼠人工接种发酵茯砖茶与自然发酵茯砖茶均有降脂减肥作用, 能显著改善大鼠的各项肥胖指标, 同时人工接种发酵的茯砖茶在相关指标上均接近甚至优于自然发酵的茯砖茶。

4.2 安化黑茶对消化道的作用

傅冬和等^[34]通过对不同年份茯砖茶水提取物的抑菌效果研究, 结果表明不同年份的茯砖茶对大肠杆菌、沙门氏杆菌、溶血性链球菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌以及志贺氏杆菌均有一定的抑制作用。通过对比几种茯砖茶的抑菌效果, 结果表明 1996 年生产的茯砖茶抑菌效果最差, 2002 年生产的茶样第二, 产于 2009 年的茯砖茶抑菌效果排第一位。说明新生产出的茯砖茶抑菌效果最好, 而随着存放时间的延长, 茯砖茶的抑菌效果变得越来越差。茯砖茶中含有丰富的有效成分, 主要包括茶多酚、茶多糖、咖啡碱、氨基酸、维生素等, 茶多酚具有良好的消炎杀菌作用, 能够抑制细菌的生长。以上研究结果也说明, 茯砖茶在存放过程中, 存在微生物代谢作用、环境中温湿度的湿热作用和本身内含成分的自我氧化作用等多种影响因素, 导致茯砖茶中各种内含成分发生了复杂又多样的系列变化。特别是茶多酚的大量氧化, 是其含量减少的主要原因, 也导致了抑菌效果的降低。

余智勇等^[35]在茯砖茶抗腹泻效果的研究中, 通过进行茯砖茶提取物对不同致泻剂所致的小鼠腹泻实验和小鼠小肠推进实验, 结果表明, 茯砖茶提取物可降低番泻叶、蓖麻油、硫酸镁致腹泻小鼠的腹泻指数和稀便率, 说明茯砖

茶在抗腹泻功能上的作用机制广泛, 具有抗分泌性腹泻、渗出性腹泻和渗透性腹泻作用, 作用的部位主要在大肠和小肠; 同时, 对于由小肠推进运动功能紊乱引起的腹泻, 茯砖茶提取液也同样具有抑制作用。对小肠推进亢进的抑制作用同对其的拮抗作用相比较, 对后者的作用更为显著。茯砖茶作为一种绿色无污染的健康饮料, 与其他化工提取的药剂相比, 安全系数高, 作用效果好。

曾婷玉等^[36]在茯砖茶对肠道 4 种常住微生物的影响研究中, 用致泻剂番泻叶建立小鼠腹泻模型, 研究不同剂量茯砖茶水提取物对肠道大肠杆菌、肠球菌、双歧杆菌、乳杆菌数量及肠道状况的影响, 结果表明, 高、中剂量茯砖茶能促进肠道有益微生物的生长, 对有益微生物乳杆菌的作用尤为明显, 同时还能抑制有害微生物的增殖。这主要是由于茯砖茶中的茶多酚、多糖、有机酸等成分都能作用于肠道微生物, 对肠道微生物具有不同程度的调节作用^[37-39]。

吴香兰等^[40]在茯砖茶对小鼠肠道免疫功能调节作用的研究中, 探讨了茯砖茶水提取物对小鼠肠道免疫功能的调整作用, 首先用氨苄青霉素灌胃建立小鼠肠道菌群失调及免疫功能紊乱模型, 在此基础上对建模后的小鼠进行不同剂量茯砖茶水提取物灌胃, 检测结果表明, 茯砖茶水提取物能够调整肠道菌群, 显著提高小肠黏液 sIgA、血清中 IL-2、血清白蛋白和总蛋白含量, 同时高剂量组疗效优于低剂量组。说明茯砖茶水提取物能修复受损黏膜, 对肠道免疫功能具有调节作用。

4.3 安化黑茶的抗氧化及防癌作用

宋家乐等^[41]在茯砖茶对 H₂O₂ 诱发 LLC-PK1 细胞损伤的保护作用的研究中, 先用不同浓度的茯砖茶乙醇提取物预培养 LLC-PK1 细胞, 然后用 500 μmol/L H₂O₂ 的 DMEM 细胞培养液继续培养, 检测结果表明, 经不同浓度的茯砖茶乙醇提取物预处理后, 受损细胞的生存率上升, 细胞内 MDA 生成量减少, 并且细胞内主要抗氧化酶(CAT、SOD 和 GSH-px)含量也较对照组增加, 并呈剂量效应关系。说明茯砖茶乙醇提取物可有效对抗 H₂O₂ 诱发的 LLC-PK1。

宋鲁彬等^[42]在中国黑茶对消化道肿瘤的作用研究中, 使用 HCT-8 (一种体外培养的人结肠癌细胞系) 和 SGC-7901(人胃癌细胞株)这两种细胞株研究黑茶抑制消化道癌细胞生长的作用, 结果显示, 所有的黑茶都具有良好的抑制消化道肿瘤细胞生长的作用。同时, 在对以三种不同极性溶剂提取的黑茶提取物所作的抑制细胞肿瘤生长的活性实验中还发现, 对 HCT-8 细胞株具有抑制能力的物质极性比对 SGC-7901 细胞株具有抑制能力的物质的极性要高一些。黑茶具有对这两种细胞株抑制的功能可能是黑茶内多种物质成分共同作用的结果, 而中低极性的物质抑制能力较强。

5 展望

随着生活水平的不断提高,中国人的饮食结构也发生了变化,肉类、奶制品等高蛋白、高油脂食物增多,不少人饮食过量,导致消化不良、肥胖,甚至患上高血糖、高血脂、高血压等“富贵病”,健康受到影响,生命受到威胁。而通过饮用黑茶,可以很好的调节和预防这些疾病。在此背景下安化黑茶逐渐转入内销市场,受到消费者的青睐。因此,对安化黑茶的研究还需不断深入。根据目前的研究现状,以下几个问题值得探讨:第一,优势菌诱发剂的研制。目前诱发剂在普洱茶的生产中已推广使用,对于普洱茶优势菌的生长有良好的促进作用,从而缩短了生产时间,提升了茶叶品质。而安化黑茶在这一块的研究不多,还有待完善。第二,对生产中杂菌的调控。通过研究如何调整生产条件,调控杂菌的生长,减小甚至杜绝不利及有害菌的生长,提升优势菌的作用能力。第三,安化黑茶功能性成分的研究。目前在黑茶的保健功能成分的研究中以茶汤中茶叶的内含成分为对象,关于微生物在黑茶中产生的有效成分的研究还不够,有待深入,对于安化黑茶保健功能的研究提供全面地理论依据,促进黑茶产业发展。

参考文献

- [1] 刘平, 李宗军, 许爱清. 茯砖茶水提取物对大肠杆菌感染小鼠的免疫调节作用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2011, 3(5): 537-539, 566. Liu P, Li ZJ, Xu AQ. Immunological effect of water extract from Fuzhuan brick-tea on mice infected with *Escherichia coli* [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci), 2011, 3(5): 537-539, 566.
- [2] 翟所强, 顾瑞, 仇春燕, 等. 黑茶对老年人血脂和听力影响的临床观察[J]. 听力学及言语疾病杂志, 1994, 2(9): 22-23. Zhai SQ, Gu R, Qiu CY, et al. Clinical observation of the elders' lipids and hearing on the impact of dark tea [J]. J Audiol Speech Pathol, 1994, 2(9): 22-23.
- [3] Zhang H, Li H, Mo HZ. Microbial population and antibacterial activity in Fuzhuan brick tea [J]. Food Sci, 2010, 31(21): 293-297.
- [4] 刘仲华, 黄建安, 施兆鹏. 黑茶初制中主要酶类的变化[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增刊): 17-22. Liu ZH, Huang JA, Shi ZP. Changes of major enzymes in the processing of raw dark tea [J]. J Tea Sci, 1991, 11(Suppl): 17-22.
- [5] 黄群, 李彦坡, 陈林杰, 等. 冠突散囊菌液态发酵过程中黑茶活性成分变化研究[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 231-234. Huan Q, Li YP, Chen LJ, et al. Study on changes of active components in dark tea during liquid fermentation by *Eurotium cristatum* [J]. Food Sci, 2007, 28(12): 231-234.
- [6] 王志刚, 童哲, 程苏云, 等. 茯砖茶中霉菌含量和散囊菌鉴定及利弊分析[J]. 食品科学, 1992, (5): 29-33. Wang ZG, Tong Z, Cheng SY, et al. The content of bacteria and *Eurotium* identification in Fuzhuan tea and the analysis of advantages and disadvantages [J]. Food Sci, 1992, (5): 29-33.
- [7] 施兆鹏. 茶叶审评与检验(第四版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010. Shi ZP. Tea review and inspection (the Fourth Edition) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2010.
- [8] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. Wan XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003.
- [9] 王增盛, 施兆鹏, 刘仲华, 等. 论黑茶品质及风味形成机理[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增刊): 1-9. Wang ZS, Shi ZP, Liu ZH, et al. The study on formation of the flavor and quality of dark tea [J]. Tea Sci, 1991, 11(Suppl): 1-9.
- [10] 蔡正安, 唐和平. 湖南黑茶(第一版)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2010. Cai ZA, Tang HP. Hunan dark tea(the first edition) [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 2010.
- [11] 黄靖芬, 李来好, 陈胜军, 等. 烟熏食品中苯并(a)芘的产生机理及防止方法[J]. 现代食品科技, 2007, 7: 67-70. Huang JF, Li LH, Chen SJ, et al. Formation mechanism and control methods of benzo(a)pyrene in smoked food [J]. Mod Food Sci Technol, 2007, 7: 67-70.
- [12] 吕子安, 连晨舟, 季春生, 等. 火灾中材料产烟毒性的分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(2): 278-281. Lu ZA, Lian CZ, Ji CS, et al. Toxicity analysis of smoke from materials burnt in fires [J]. J Tsinghua Univ (Sci &Tech), 2004, 44(2): 278-281.
- [13] 任维, 彭伟, 骆贤鹏, 等. 天尖无烟干燥方法及品质比较初报[J]. 茶叶通讯, 2014, 41(1): 24-26. Ren W, Peng W, Luo XP, et al. Non-smoking drying of tian-jian dark tea and its quality [J]. Tea Commun, 2014, 41(1): 24-26.
- [14] 谢娇梅. 黑毛茶存放过程中品质化学研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013. Xie JM. Study on the chemical quality of raw dark tea during storage [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013.
- [15] 陈历清, 陈辉球, 唐常青. 安化黑茶的产业现状与发展对策[J]. 茶叶通讯, 2011, 38(2): 30-35. Chen LQ, Chen HQ, Tang CQ. Industry status and development strategies of Anhua dark tea [J]. Tea Commun, 2011, 38(2): 30-35.
- [16] 萧力争, 彭雄根. 湖南黑茶产销历史与现状[J]. 中国茶叶, 2007, (3): 6-8. Xiao LZ, Peng XG. Sales history and current situation of Hunan dark tea [J]. China Tea, 2007, (3): 6-8.
- [17] 方寒寒, 黄双凤, 朱旗. 茯砖茶发花技术及品质形成[J]. 福建茶叶, 2009, 1: 7-9. Fang HH, Huang SF, Zhu Q. Fungus growing technology and quality formation of Fuzhuan tea [J]. Tea Fujian, 2009, 1: 7-9.
- [18] 刘石泉, 赵运林, 胡治远, 等. 不同渥堆条件对茯砖茶品质的影响研究[J]. 食品工业科技, 2012, 22(33): 256-259. Liu SQ, Zhao YL, Hu ZY, et al. Research of influence of pile-fermentation on the qualities of Fu-zhuan dark tea [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 22(33): 256-259.
- [19] 黄建安, 王增盛, 刘仲华, 等. 提高茯砖茶品质的新途径——诱发剂的开发应用[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增刊): 87-92. Huang JA, Wang ZS, Liu ZH, et al. New approaches to improve the quality of Fuzhuan brick tea- development and application of an inducer [J]. J Tea Sci, 1991, 11(Suppl): 87-92.
- [20] 黄浩. 茯茶散茶发花技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010. Huang H. The study on technology of fungus growing of loose tea about Fuzhuan tea [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2010.

- [21] 李佳莲, 刘素纯, 胡志远, 等. 微型茯砖茶发花技术研究[J]. 农产品加工. 学刊, 2011, 11(262): 48-51.
Li JL, Liu SC, Hu ZY, *et al.* Fermentation of mini Fu-brick tea [J]. Acad Period Farm Prod Proc, 2011, 11(262): 48-51.
- [22] 刘石泉, 雷存喜, 赵运林. 黑茶中微生物群落结构和多样性研究方法思考[J]. 茶叶科学技术, 2010, (1): 9-11.
Liu SQ, Lei CX, Zhao YL. The study on microbial community structure and diversity of dark tea [J]. Tea Sci Technol, 2010, (1): 9-11.
- [23] 温琼英, 刘素纯. 黑茶渥堆(堆积发酵)过程中微生物种群的变化[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增刊): 10-16.
Wen QY, Liu SC. Changes in microbial populations in the processing of pile-fermentation of dark tea [J]. J Tea Sci, 1991, 11(Suppl): 10-16.
- [24] 温琼英, 刘素纯. 茯砖茶发花中优势菌的演变规律[J]. 茶叶科学, 1991, 11(增刊): 56-62.
Wen QY, Liu SC. Evolution of dominant bacteria during fungus growing process of Fuzhuan tea [J]. J Tea Sci, 1991, 11(Suppl): 56-62.
- [25] 文杰宇, 李宗军. 茯砖茶“发花”过程中微生物多样性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
Wen JY, Li ZJ. Study on microbial diversity in Fuzhuan brick tea [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2011.
- [26] 齐祖同, 孙曾美. 茯砖茶中优势菌群的鉴定[J]. 真菌学报, 1990, 9(3): 176-179.
Qi ZT, Sun ZM. Identification of the advantages of flora in Fuzhuan tea [J]. Mycosystema, 1990, 9(3): 176-179.
- [27] 王融初, 彭雄根. 茯茶生产科技发展与西北民族情缘[J]. 茶叶通讯, 2007, 34(1): 44-47.
Wang RC, Peng XG. Production technology development of Fuzhuan tea and northwestern ethnic love [J]. Tea Commun, 2007, 34(1): 44-47.
- [28] 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.
Wu CB, Huang JA, Liu ZH, *et al.* Research advance in hypolipidemic effect and mechanism of dark tea [J]. Food Sci, 2011, 32(19): 307-311.
- [29] 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.
Fu DH, Liu ZH, Huang JA, *et al.* Studies on hyperlipidemia therapy compounds in Fuzhuan tea [J]. J Tea Sci, 2012, 32(3): 217-223.
- [30] 肖文军, 任国谱, 傅冬和, 等. 茯茶辅助调节血脂作用研究[J]. 茶叶科学, 2007, 27(3): 211-214.
Xiao WJ, Ren GP, Fu DH, *et al.* Study on the regulation of blood lipid by Fuzhuan tea [J]. J Tea Sci, 2007, 27(3): 211-214.
- [31] 王蝶, 黄建安, 叶小燕, 等. 茯砖茶减肥作用研究[J]. 茶叶科学, 2012, 32(1): 81-86.
Wang D, Huang JA, Ye XY, *et al.* The anti-obesity effects of Fuzhuan brick tea on high-fat-diet induced obesity in rats [J]. J Tea Sci, 2012, 32(1): 81-86.
- [32] 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.
Song LB, Huang JA, Liu ZH, *et al.* Study on the activity of dark tea extracts to FXR and LXR model [J]. J Tea Sci, 2009, 29(2): 131-135.
- [33] 熊昌云, 屠幼英, 欧阳梅, 等. 人工接种茯砖茶降脂减肥作用研究[J]. 菌物学报, 2011, 30(2): 349-351.
Xiong CY, Tu YY, Ouyang M, *et al.* Anti-obesity function of naturally and artificially *Eurotium cristatum*-fermented "fu" brick tea [J]. Mycosystema, 2011, 30(2): 349-354.
- [34] 傅冬和, 余智勇, 黄建安, 等. 不同年份茯砖茶水提取物的抑菌效果研究[J]. 中国茶叶, 2011, 1: 10-12.
Fu DH, Yu ZY, Huang JA, *et al.* The study on antibacterial effect of different years Fuzhuan tea's water extract [J]. China Tea, 2011, 1: 10-12.
- [35] 余智勇, 黄建安, 杨明臻, 等. 茯砖茶抗腹泻效果研究[J]. 茶叶科学, 2009, 29(6): 465-469.
Yu ZY, Huang JA, Yang MZ, *et al.* Research of the anti-diarrhea function of Fuzhuan tea [J]. J Tea Sci, 2009, 29(6): 465-469.
- [36] 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, 2013, 39(4): 387-392.
Zeng TY, Li HB, Zeng B, *et al.* Effect of Fuzhuan tea on permanent intestinal microflora [J]. J Hunan Agric Univ (Nat Sci), 2013, 39(4): 387-392.
- [37] Hara H, Oria N, Hatano S, *et al.* Effect of tea polyphenols on fecal flora and fecal metabolic products of pigs [J]. Vet Med Sci, 1995, 57(1): 45-47.
- [38] 屠幼英, 须海荣, 梁惠玲, 等. 紧压茶对胰酶活性和肠道有益菌的作用[J]. 食品科学, 2002, 23(10): 113-116.
Tu YY, Xu HR, Liang HL, *et al.* Effect of brick tea on trypsin activity and intestinal bacteria [J]. Food Sci, 2002, 23(10): 113-116.
- [39] 袁钟宇, 张石蕊, 贺喜, 等. 茶籽多糖及茶皂素对肉鸡生长性能和肠道微生物的影响[J]. 营养饲料, 2010, 46(7): 28-31.
Yuan ZY, Zhang SX, He X, *et al.* The effect of tea seed polysaccharides and tea saponin on growth performance and intestinal microflora [J]. Nutr Feedstuffs, 2010, 46(7): 28-31.
- [40] 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.
Wu XL, Liu ZH, Cao D, *et al.* Effects of Fuzhuan brick tea on the adjustment of intestinal immune function in mice [J]. J Tea Sci, 2013, 33(2): 125-130.
- [41] 宋家乐. 茯砖茶对 H₂O₂ 诱发 LLC-PK1 细胞损伤的保护作用[J]. 茶叶科学, 2012, 32(6): 539-547.
Song JL. Protective effect of Fuzhuan brick tea on H₂O₂-Induced cellular oxidative damage in LLC-PK1 cells [J]. J Tea Sci, 2012, 32(6): 539-547.
- [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.
Song LB, Huang JA, Liu ZH, *et al.* Study on the activity of dark tea to gastrointestinal tumor [J]. J Tea Sci, 2009, 29(3): 191-195.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



曾 斌, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶深加工及功能成分化学。
E-mail: 444958244@qq.com

傅冬和, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为茶叶深加工及功能成分化学。
E-mail: fu7879@yahoo.com.cn