

Research Progress in Components and Functions of the Dark Tea

Mixia Ma^{1,2}, Wenxiang Hu^{2*}

¹Special Education College of Beijing Union University, Beijing

²Jingdong Xianghu Laboratory, Beijing Excalibur Space Military Academy of Medical Sciences, Beijing

Email: mixia107@163.com, huwx66@163.com

Received: May 8th, 2017; accepted: May 22nd, 2017; published: May 25th, 2017

Abstract

The dark tea belongs to post-fermented tea. The dark tea, as one of China's six major kinds of tea, has been very popular in recent years because of its mellow taste and unique health benefits, and it has attracted attention both in China and the world. This paper reviews the classification as well as chemical composition of dark tea, and summarized its efficacy of reducing blood fat, relieving blood pressure, and preventing cancer. Finally, this paper proposes future research direction of dark tea.

Keywords

Dark Tea, Chemical Composition, Efficacy

黑茶的成分及功效研究进展

马密霞^{1,2}, 胡文祥^{2*}

¹北京联合大学, 北京

²北京神剑天军医学科学院京东祥鹤实验室, 北京

Email: mixia107@163.com, huwx66@163.com

收稿日期: 2017年5月8日; 录用日期: 2017年5月22日; 发布日期: 2017年5月25日

摘要

黑茶是一类后发酵茶, 黑茶作为中国六大茶类之一, 近年来黑茶因其醇厚的口感和独特的保健功效备受国内外关注。本文综述了黑茶分类、化学成分、降血脂、降血压、防癌等特性与功效, 并提出今后的研

*通讯作者。

究发展方向。

关键词

黑茶, 化学成分, 功效

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 黑茶的概念与种类

茶叶是中华民族重要的饮品之一, 近年来几乎发展成为日常生活必需品, 其相关研究越来越多, 如火如荼, 大有一日千里之势。

我国的茶叶按照发酵程度分类, 可分为绿茶、黄茶、黑茶、白茶、红茶、青茶 6 大茶类。如图 1。其中黑茶(**dark tea**)是后发酵的茶, 其发酵度为 100%, 如图 2。各种类别的茶叶冲泡的茶水, 颜色不同如图 3。



Figure 1. Six kinds of tea

图 1. 6 种茶叶的颜色



Figure 2. Six kinds of tea in order of fermentation degree sort

图 2. 6 种茶叶发酵程度排序

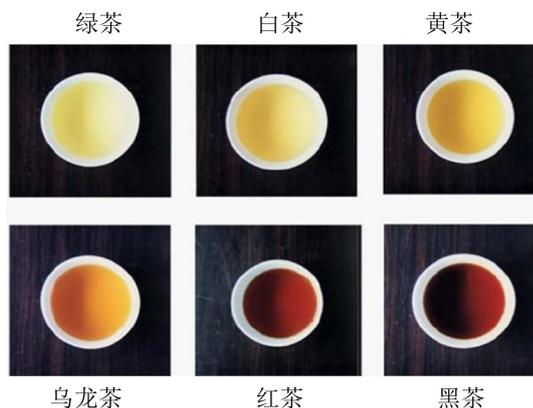


Figure 3. The color of six kinds of tea
图 3. 6 种茶叶冲泡的茶水颜色

黑茶因成品茶的外观呈黑色而得名, 茶水颜色深红, 味道浓厚。黑茶也是以一定成熟度的鲜叶为原料, 经杀青、渥堆发酵、蒸压等工序制成的一类茶叶的总称, 黑茶也称边茶(边销茶)、砖茶, 属于我国生产的 6 大茶类之一。边疆少数民族有“宁可三日无食, 不可一日无茶”的说法, 可见黑茶也是边疆少数民族每日不可缺少的食品。按地区分类, 黑茶可以分为云南普洱茶、湖南茯砖茶、湖北青砖茶、四川边销茶和广西六堡茶。黑茶的制备工艺流程包含杀青、初揉、渥堆、复揉、烘焙、自然晾置等六道工序。根据制备工艺流程的区别, 黑茶品种可分为紧压茶与散装茶及花卷三大类, 紧压茶为砖茶, 主要有茯砖、花砖、黑砖、青砖茶, 俗称四砖; 散装茶主要有天尖、贡尖、生尖统称为三尖; 花卷茶有十两、百两、千两等[1]。

近年来, 人们对黑茶的品质成分以及药理功效进行了大量的研究, 黑茶具有增加膳食营养、助消化、解油腻、降脂减肥、抗氧化、降血压、降血糖、抗菌消炎、利尿解毒、预防肿瘤等药理作用。本文总结了黑茶各方面的研究, 并展望了黑茶的发展动态。

2. 黑茶化学成分研究

现代分析表明黑茶中含化合物多达 500 种左右, 其中有些是人体所必需的成分。如维生素、蛋白质、氨基酸、脂类、糖类及矿物质元素等。还有部分化合物是对人体有保健和药效作用。如茶多酚、咖啡碱、脂多糖等。黑茶中丰富的茶多酚, 具有消炎、杀菌、治痢疾的作用; 这些物质对提高人体免疫系统的功能发挥着重要作用, 起到了养生健体、延年益寿的功效[2]。

2.1. 黑茶氨基酸含量研究

黑茶中含有氨基酸尤其是茶氨酸, 具有抗疲劳、降血压的功效。茶氨酸还能提高大脑功能, 增强记忆力和学习能力。

龚雪[3]采用 HPLC 对近 100 个黑茶样品中的 18 种氨基酸和茶氨酸的含量进行检测与分析。结果表明, 黑茶原料越嫩氨基酸含量越高, 茶氨酸含量相应也较高, 蒸青比传统杀青(锅或滚筒杀青)的茶样氨基酸含量高; 年代越老的样品其氨基酸含量越低; 不同的黑茶样品, 其氨基酸含量没有明显相关性; 各系列黑茶样品氨基酸组成存在稍有差异。

Jingming Ning [4]等人通过研究采集世界各地六类茶叶样品(包括绿茶, 白茶, 黄茶, 乌龙茶, 红茶, 黑茶)的 436 种样本, 用高效液相色谱法(HPLC)测定六种茶叶类型中的儿茶素、咖啡因、茶氨酸含量, 构建分类评价模型识别方法。结果表明, 该方法通过高效液相色谱法测定咖啡因、茶氨酸、儿茶素等主要

化学物质的含量, 运用模式识别, 能够鉴定六类茶叶样品。

2.2. 黑茶品质成分及酶活性的变化

渥堆工艺是黑茶制作过程中重要程序之一。以微生物、湿热作用为主导的渥堆工艺是黑茶品质形成的关键, 经此工艺, 黑茶的品质成分获得深刻的转化。除了品质成分的转化, 色、香、味的形成外, 一些有害微生物也大量滋生。

邹瑶[5]以四川黑茶渥堆茶样为原料, 采用主成分分析及聚类分析方法探讨四川黑茶渥堆过程中品质成分的变化规律。结果表明, 主成分分析所提取的前 2 个主成分可以包括 84.977%的品质成分信息, 其中第 1 主成分以咖啡碱、水溶性果胶含量影响为主, 第 2 主成分以茶黄素、茶褐素和氨基酸含量影响为主。在时期 III (一翻后至出堆时为时期 III), 四川黑茶品质成分的转化已基本完成, 水溶性果胶、咖啡碱、茶黄素、茶褐素和氨基酸为四川黑茶渥堆中影响品质形成的关键成分。

李伟[6]等以四川黑茶不同渥堆时期的茶样为研究对象, 探索四川黑茶渥堆过程中感官品质的变化及其影响因子, 实验测定各茶样中的茶多酚、儿茶素、茶红素、茶黄素、茶褐素、可溶性蛋白、氨基酸、咖啡碱、水溶性果胶、可溶性糖和水浸出物的含量, 分析四川黑茶渥堆过程中感官品质变化的主要影响因素。结果显示, 对感官品质影响较大的生化成分主要是氨基酸、茶多酚和可溶性糖, 其中氨基酸的直接作用对感官品质产生正面影响, 而茶多酚和可溶性糖的直接作用对感官品质产生负面影响。

刘婷婷[7]采用国家标准测定方法和常用测定方法对四川黑茶渥堆过程中品质成分含量和酶类活性进行全程监测。结果表明, 除咖啡碱含量变化不明显外, 茶多酚、儿茶素、茶黄素、茶红素、茶褐素、纤维素、原果胶、蛋白质、氨基酸、水溶性果胶、可溶性糖含量均在渥堆工艺中下降; 各种酶活性比刚扎堆时提高了。四川黑茶渥堆过程中主要品质成分及酶类活性的变化, 形成了其品质特征。

2.3. 微生物作用的研究

黑茶中微生物以茶叶为底物, 通过代谢途径改变茶叶生化成分, 形成黑茶特有的主要品质。在传统加工过程中, 渥堆发酵是形成黑茶品质特征的关键, 在渥堆过程中, 茶叶含有丰富的养分, 且温湿度适宜, 各种微生物在其中茂盛生长, 种类及其优势种群不断变化, 主要微生物种类、微生物分泌的胞外酶对黑茶品质形成有重要作用。在湿热条件下, 微生物为满足自己对碳氮的需求, 分泌胞外酶进行酶促作用, 分解、氧化、还原、酯化、异构化反应, 使纤维素、果胶、萜烯类、蛋白质等物质转化成各种滋味成分和香气成分[8] [9] [10]。研究微生物的数量、揭示微生物对黑茶品质、安全的影响, 对于优化黑茶的生产, 提高其品质有重要意义。

2.4. 黑茶中化学成分的研究

黑茶中化学成分复杂, 采用高效液相色谱法(HPLC)、气相色谱、质谱等仪器, 并采用气相色谱-质谱联用等方法对黑茶的成分进行测定。黑茶中挥发性化学成分形成黑茶的香气特征, 黑茶独特的香型也是区分各地黑茶品质特征的重要指标之一。顶空固相微萃取用于茶叶香气成分检测[11], 具有简单、快速、灵敏度高、选择性好的优点[12] [13]。顶空固相微萃取与气相色谱-质谱联用(GC-MS)可快速分析出茶叶香气成分的组成[14] [15]。

袁思思[16]利用蒸馏萃取提取茶叶香气物质, 用气相色谱-质谱联用测定茯砖茶、青砖茶、黑砖茶的香气成分, 并分析 3 种黑茶的香气成分以及感官差异性。结果表明: 茯砖茶香气种类丰富, 主要以醇类和酯类为主, 检测出(E,E)-2,4-己二烯醛等烯醛类物质; 青砖茶有浓郁樟木香, 青砖茶的香气物质以酚、醇、酯类物质为主; 而黑砖茶香气平和, 检测出少量香气成分。

李建勋[17]利用顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME 与 GC-MS 分析)分别对普洱茶、六堡茶和安化黑茶 3 种典型黑茶的香气成分进行分析, 并比较 3 者的异同。结果表明: 从普洱茶中鉴定出香气成分 66 种, 六堡茶和安化黑茶鉴定出香气成分均为 67 种, 其中含有醇类、醛类、酮类、酯类、酚类、碳氢类、含氮类、杂氧类物质。

胡琳玲[18]利用高效液相色谱法建立了同时检测黑茶中 16 种多环芳烃化合物的方法。黑茶样品检测结果表明, 在检测出的萘、苊、苊烯、菲、蒽、芘、苯并蒽、屈、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、茚并蒽这 11 种多环芳烃化合物中以萘、苊、苊烯、蒽这 4 种物质的含量较高。

茶多酚是茶叶中含有的一类多酚类物质, 是多羟基酚类化合物的总称, 是一种天然、高效、安全的抗氧化剂。研究人员通过各种方法测定黑茶或绿茶中的茶多酚含量, 但将黑茶和绿茶中茶多酚含量进行定量比较的研究文献报道极少。李萌[19]等人用 HPLC 法快速测定茶多酚中儿茶酚类及咖啡因含量。建立茶多酚中 4 种儿茶素类成分(EGC、EGC_c、cE、ECG)和咖啡因的等度洗脱一次进样检测方法。张萌[20]等人采用电感耦合等离子体-质谱法(ICP-MS)进行测定螺旋藻和茶多酚中微量元素。准确测定了螺旋藻、茶多酚中 9 种人体必需微量元素的含量。侯冬岩[21]等人采用高效液相色谱法快速测定绿茶中茶多酚的组分, 说明产地不同, 绿茶中茶多酚的含量相差较大。

普冰清[22]采用高效液相色谱法对绿茶、红茶、黄茶、青茶、白茶及黑茶 6 种品种中 13 种茶多酚的含量进行系统分析比较, 结果表明, 总茶多酚量与发酵度成反比; 恩施玉露中茶多酚总含量显著高于其余绿茶; 凤庆红茶中茶多酚总含量高于其余 2 种红茶; 普洱茶茶多酚总含量显著高于安化黑茶。

2.5. 黑茶指纹图谱研究

采用高效液相色谱法(HPLC)、红外吸收光谱、紫外分光光度计以及核磁等仪器, 进行黑茶指纹图谱研究, 构建指纹图谱的共有模式, 可以鉴定和评价黑茶的品种和质量。

胡燕[23]采用傅立叶变换红外光谱法, 比较了我国 6 个不同产地来源的 37 个黑茶样品间红外吸收光谱的差异, 并对所得的指纹图谱进行了特征峰的指认和对比分析。结果显示, 在黑茶的原始红外光谱中有氨基酸、生物碱、茶多糖、多酚类物质及其氧化产物等化学成分的特征吸收峰; 不同产地黑茶样品的红外光谱在峰位、峰形和峰的强度等方面均存在一定的差别; 根据红外二阶导数谱的相似度和聚类分析可区分不同产地的黑茶样品。

胡燕[24]以四川省 11 个不同生产厂家的 22 个黑茶样品及我国其他黑茶主产区的 13 个黑茶样品为试验材料, 应用高效液相色谱法(HPLC)研究四川黑茶的指纹图谱。在合适的条件下构建四川黑茶 HPLC 指纹图谱的共有模式, 确定了 14 个色谱峰为四川黑茶的共有峰; 根据构建的四川黑茶的 HPLC 指纹图谱, 可以鉴定和评价除方包茶之外的四川黑茶。胡燕采用二极管阵列——蒸发光散射检测器(DAD-ELSD)串联的检测技术, 建立了我国不同产地黑茶的 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱。该研究建立的黑茶 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱能为我国黑茶的鉴别和质量评价提供参考。

3. 黑茶药理与功效研究

3.1. 膳食营养

黑茶中含有较丰富的营养成份, 有蛋白质、氨基酸、糖类、维生素、矿物质等。如茶多酚、咖啡碱、脂多糖等, 对主食为牛、羊肉和奶酪, 饮食中缺少蔬菜和水果的少数民族同胞而言, 黑茶是每日不可或缺的生活必需品, 是他们人体必需矿物质和各种维生素的重要来源, 有生命之茶的说法。黑茶中的氨基酸种类丰富, 黑茶中特有的茶氨酸具有抗疲劳、降血压和增强记忆力的功效。黑茶奇特显著的保健价值, 受到世界各地各界人士的关注。

3.2. 助消化、解油腻

黑茶具有很强的解油腻、消食等功能, 黑茶中的咖啡碱、维生素、氨基酸、磷脂等有助于人体消化的作用, 可以调节脂肪代谢, 咖啡碱的刺激作用更能提高胃液的分泌量, 从而增进食欲, 帮助消化。黑茶所含有效组分在抑制人体胃肠有害微生物滋长的同时, 又能促进人体胃肠有益菌的繁殖生长[25], 由此呈现良好的改善、调整胃肠的功效作用, 中国民间有利用老黑茶治疗腹胀、痢疾、不消食的传统。

3.3. 降血脂、减肥

人体血液中脂肪含量高, 会使得脂肪沉积在血管壁上, 引起动脉粥样硬化和形成血栓。黑茶具有良好的降解脂肪、抗血凝、促纤维蛋白原溶解作用, 从而抑制主动脉及冠状动脉内壁粥样硬化斑块的形成。达到降压、软化血管, 防治心血管疾病的日的。

张聪[26]探索快速简便的黑茶降血脂质量评价方法, 对 16 个茶样进行成分检测, 利用主成分分析法构建黑茶降血脂质量的评价模型。通过油酸诱导 HepG2 细胞, 建立体外高脂细胞模型, 在细胞存活率实验(MTT 法)的基础上, 以细胞内脂质含量为指标验证黑茶的降血脂功效。结果表明: 模型预测结果体外降血脂功效明显。

刘婷[27]研究 CGMCC No.8730 冠突散囊菌标准化发酵的金花黑茶对大鼠体重和血脂的影响。CGMCC No. 8730 冠突散囊菌标准化发酵的金花黑茶提取物对 SD 大鼠有控制体重、降低血清中甘油三酯的功效。刘家奇[28]探讨普洱茶茶粉、黑茶茶粉、六堡茶对高脂饮食诱发的营养性肥胖大鼠的减肥作用。他将 Wistar 大鼠随机分组。试验大鼠灌胃授试茶样水浸提物 30 d 后采血处死, 测定其血清中胰脂肪酶的活性, 并采集腹部脂肪组织进行病理检测。结果表明, 普洱茶(熟茶)茶粉、黑茶茶粉、六堡茶对营养性肥胖大鼠均有不同程度的减肥作用, 其中六堡茶的作用最显著。汤艳[29]研究安化黑茶对高脂血症大鼠主动脉核因子- κ B 的影响得到结论, 安化黑茶能抑制高脂血症大鼠主动脉 NF- κ B 蛋白和基因的表达。汤艳[30]还研究了黑茶对高脂血症大鼠血脂及炎症因子 TNF- α 、IL-6 影响, 结果说明黑茶具有降脂、抗炎作用。

3.4. 降血压

黑茶具有降血压的作用, 其中特有的茶氨酸能通过活化多巴胺能神经元, 起到抑制血压升高的作用。茶叶中的咖啡碱和儿茶素类能使血管壁松弛, 增加血管的有效直径, 通过血管舒张而使血压下降; 茶色素具有显著的抗凝、促进纤溶、防止血小板黏附聚集, 抑制动脉平滑肌细胞增生的作用, 还能显著降低高脂动物血清中甘油三酯、低密度脂蛋白, 提高血清中高密度脂蛋白, 并对 ACE 酶具有显著抑制作用, 具有降压效果。

黄文河[31]分析比较黑茶茯砖茶和普洱茶对代谢综合征人群的调理效果。黑茶茯砖茶和普洱茶都有很好的降血脂、减肥、降血压、降血糖等保健作用, 能改善患者病情、提高生活质量, 且黑茶茯砖茶效果更好。黑茶作为一种价格便宜的饮用产品, 适宜用于代谢综合征的防治, 适合全面推广。

3.5. 抗氧化

在正常生理条件下, 人体内的自由基不断产生, 也不断被清除, 处于平衡状态。黑茶中含有丰富的抗氧化物质如儿茶素类、茶色素、黄酮类、维生素 C、维生素 E、胡萝卜素等, 同时含有大量的具抗氧化作用的微量元素如锌、锰、铜和硒等。黑茶中的抗氧化物质都具有清除自由基的功能, 因而具有抗氧化、延缓细胞衰老的作用[32]。

郝再彬[33]采用高 10%定量分析用流动注射化学发光法检测茶叶提取液的抗氧化性, 研究表明: 绿茶毛尖 > 六堡茶 > 普洱茶, 并且随着六堡茶年份的增加其抗氧化性减弱。六堡茶的抗氧化性高于普洱茶,

且茶叶经发酵后抗氧化性均在 47.21%~51.63%，六堡茶中咖啡因的含量明显低于绿茶。

刘蓉[34]采用溶液超声波提取法提取出黑茶的乙醇提取物,再用分光光度法测定不同浓度的黑茶乙醇提取物对羟基自由基、自由基的抑制率以及还原能力。结果表明,黑茶乙醇提取物具有较好的抗氧化性。

3.6. 抗癌

癌症是当前世界上引起人类死亡率极高的疾病之一。自 20 世纪 70 年代后期,世界各国的科学家先后发现茶叶或茶叶提取物对多种癌症的发生具有抑制作用。宋鲁彬[35]采用现代药物筛选的尖端技术-高通量筛选技术对黑茶进行肿瘤细胞模型 SGC7901 的高通量筛选研究,结果发现,所有的黑茶对消化道肿瘤细胞的生长都有良好的抑制作用。黑茶中含有两种抑制活性物质,其中对 SGC-7901 细胞株具有抑制能力的物质的极性要比对 HCT-8 细胞株具有抑制能力的物质极性低一些。黑茶具有对两种细胞株抑制的功能可能是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。

茶褐素作为黑茶中重要的功能成分,是一类溶于水而不溶于乙酸乙酯和正丁醇等有机试剂的褐色高聚物,属于多酚类物质,具有酚类物质特性。韩驰[36]的研究表明,茶色素能诱导醌还原酶和谷胱甘肽硫转移酶的活性,显著降低人宫颈癌 HeLa 细胞的存活率和抑制小鼠 S180 细胞的生长,表明茶色素有抗肿瘤作用。

3.7. 降血糖

黑茶中的茶多糖复合物是降血糖的主要成分。茶多糖复合物通常称为茶多糖。宋励修[37]通过测定比较分析不同种类茶叶中茶多糖含量。结果表明,在不同制备工艺茶叶中,青茶和黑茶的茶多糖含量较高,而黄茶和红茶的含量较低;在不同产地绿茶中,浙茶茶多糖含量比较高,而徽茶的含量较低;在不同熏花种类中,素茶茶多糖含量较花茶高。

石玉涛[38]研究迎霜茶多糖和云南大叶种茶多糖对四氧嘧啶致糖尿病小鼠的降血糖作用。对正常小鼠和本实验高血糖小鼠分别进行灌胃实验 14 d,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;2 种茶多糖能提高糖尿病模型小鼠的葡萄糖耐量,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。

叶琼仙[39]采用白叶单枞黑茶的 60%乙醇提取物,在 α -葡萄糖苷酶抑制活性的导向下,经 D101 大孔吸附树脂柱层析获得活性流分,进一步采用高速逆流色谱法(HSCCC)进行分离纯化研究。结果显示,黑茶 60%乙醇提取物具有较显著的 α -葡萄糖苷酶抑制活性。

4. 展望

近年来,黑茶因其醇厚的口感和独特的保健功效备受国内外关注,如:湖北省咸宁市三山川(长青川)茶叶有限公司在慈禧太后喝过的黑茶传统工艺基础上,传承创新,制备出醇厚清香、回味绵长的黑茶,颇受广大军民喜爱。结合国内外研究现状来看,黑茶未来研究方向是:1) 对黑茶保健功效研究再深入,包括黑茶降脂、抗氧化、防癌等功效,以及如茶多酚、茶黄素、茶红素等的研究;2) 结合机械自动化理论、计算机控制等知识可以实现黑茶初制全部机械化生产;3) 研究黑茶品质的调控技术、开发出不同品质(色、香、味)的黑茶新产品;4) 结合黑茶保健功能研究开发黑茶深加工方面新保健食品和药品。如:茶多酚饼干,儿茶素糖块等;5) 利用 3D 打印技术,将带茶香的茶叶打印成各种艺术品,如:人体造型、花鸟鱼虫等,供人们收藏、展示、观赏,并放置成熟到一定程度后,还可以饮用或当保健品食用。

总之,黑茶对人体有诸多保健防病、延年益寿的功效,开发优质的物美价廉的黑茶产品、保健品和药品,具有非常重要的意义。

参考文献 (References)

- [1] 朱旗. 茶学概论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 154.
- [2] 汤艳, 易健, 彭千元. 安化黑茶药用价值小议[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(9): 3461-3463.
- [3] 龚雪, 李银花, 雷雨. 黑茶不同样品氨基酸组分的分析[J]. 茶叶通讯, 2010, 37(4): 9-12.
- [4] Ning, J.M., Li, D.X. and Li, X.J. (2016) Stepwise Identification of Six Tea (*Camellia sinensis* (L.)) Categories Based on Catechins, Caffeine, and Theanine Contents Combined with Fisher Discriminant Analysis. *Food Analytical Methods*, **9**, 3242-3250. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0518-2>
- [5] 邹瑶, 齐桂年, 刘婷婷, 等. 四川黑茶渥堆中品质成分的主成分及聚类分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 304-307.
- [6] 李伟, 齐桂年, 邹瑶. 四川黑茶渥堆过程中感官品质的变化及影响因子研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(5): 125-129.
- [7] 刘婷婷, 齐桂年, 邹瑶, 等. 四川黑茶渥堆过程中主要品质成分及酶类活性变化[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(4): 112-116.
- [8] 温志杰, 张凌云, 吴平. 黑茶加工中微生物作用的研究[J]. 茶叶通讯, 2010, 37(2): 26-29.
- [9] 姚静, 陈迪, 郑晓燕, 等. 普搏茶渥堆发酵过程中细菌种群的分离与分子鉴定[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(6): 2667-2668.
- [10] 胥伟, 吴丹, 姜依何. 黑茶微生物研究: 从群落组成到安全分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(9): 2542-2550.
- [11] Du, L.P., Wang, C. and Li, J.X. (2013) Optimization of Headspace Solid-Phase Microextraction Coupled with Gas Chromatography-Mass Spectrometry for Detecting Methoxyphenolic Compounds in Pu-Erh Tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **61**, 561-568. <https://doi.org/10.1021/jf304470k>
- [12] Ye, N.S., Zhang, L.Q. and Gu, X.X. (2012) Discrimination of Green Teas from Different Geographical Origins by Using HS-SPME/GC-MS and Pattern Recognition Methods. *Food Analytical Methods*, **5**, 856-860. <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9319-9>
- [13] Lin J., Dai, Y., Guo, Y.N., et al. (2012) Volatile Profile Analysis and Quality Prediction of Longjing Tea (*Camellia sinensis*) by HS-SPME/GC-MS. *Journal of Zhejiang University: Science B*, **13**, 972-980. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1200086>
- [14] Lin, J., Zhang, P., Pan Z.Q., et al. (2013) Discrimination of Oolong Tea (*Camellia Sinensis*) Varieties Based on Feature Extraction and Selection from Aromatic Profiles Analyzed by HS-SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, **141**, 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.128>
- [15] Vinas, P., Campillo, N., Aguinaga, N., et al. (2007) Use of Headspace Solid-Phase Microextraction Coupled to Liquid Chromatography for the Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Tea Infusions. *Journal of Chromatography A*, **1164**, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.056>
- [16] 袁思思, 柏珍, 黄亚辉. 3种黑茶的香气分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 252-256.
- [17] 李建勋, 杜丽平, 王超. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析黑茶香气成分[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 191-195.
- [18] 胡琳玲, 刘遵莹, 刘秋玲. 高效液相色谱法同时检测黑茶中 16 种多环芳烃化合物烃化合物[J]. 茶叶科学, 2014, 34(4): 324-330.
- [19] 李萌, 王华燕, 胡文祥, 等. HPLC 法快速测定茶多酚中儿茶酚类及咖啡因含量[J]. 中国医药导刊, 2007, 9(6): 506-507.
- [20] 张萌, 胡文祥. ICP-MS 法测定螺旋藻和茶多酚中微量元素[J]. 现代仪器, 2008, 14(75): 27-28.
- [21] 侯冬岩, 回瑞华, 李铁纯. 高效液相色谱法对绿茶中茶多酚含量的测定[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 305-307.
- [22] 普冰清, 徐怡, 杜春华. 不同茶叶中茶多酚类成分及咖啡碱含量研究[J]. 食品工业, 2017, 38(2): 301-303.
- [23] 胡燕, 齐桂年. 我国不同产地黑茶的 FTIR 指纹图谱分析[J]. 核农学报, 2014, 28(4): 684-691.
- [24] 胡燕, 齐桂年. 四川黑茶的高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(1): 134-140.
- [25] 谭婷, 刘武娣, 仇云龙, 等. 茶叶对 IBD 肠道微生物菌群影响研究进展[J]. 茶叶通讯, 2016, 43(3): 37-40.
- [26] 张聪, 谭蓉, 孔俊豪. 黑茶降血脂质量评价模型的构建及验证[J]. 食品工业科技, 2014(17): 312-316.
- [27] 刘婷, 陈然, 陈頔. 用 CGMCC No.8730 冠突散囊菌发酵的金花黑茶对两种血脂异常模型大鼠体重和血脂的作

- 用[J]. 卫生研究, 2016, 45(4): 638-642.
- [28] 刘家奇, 邵宛芳, 赵宝权. 普洱茶(熟茶)茶粉, 黑茶茶粉, 六堡茶减肥作用的研究[J]. 中华中医药杂志, 2014, 29(1): 108-112.
- [29] 汤艳, 易健, 彭千元, 等. 安化黑茶对高脂血症大鼠主动脉核因子- κ B 的影响[J]. 中国中医急症, 2016, 25(3): 390-392.
- [30] 汤艳, 易健, 彭千元, 等. 黑茶对高脂血症大鼠血脂及炎症因子 TNF- α 、IL-6 影响[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(9): 25-28.
- [31] 黄文河, 黎瑞庭, 黄凤莲. 黑茶对于调节代谢综合征的作用研究[J]. 首都食品与医药, 2016, 23(12): 31-32.
- [32] 韦佩妍, 李丹丹, 张莹莹, 等. 黑茶的抗衰老研究[J]. 中国处方药, 2015, 13(5): 21-22.
- [33] 郝再彬, 吴琼, 蒋泽军. 广西六堡黑茶生物学功效的研究[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(11): 68-72.
- [34] 刘蓉, 刘石泉, 龙立平. 黑茶乙醇提取物及其抗氧化性的研究[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2014, 23(1): 52-55.
- [35] 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.
- [36] Han, C. and Gong, Y.Y. (1999) Experimental Studies on the Cancer Chemoprevention of Tea Pigments. *Journal of Hygiene Research*, **28**, 343-348.
- [37] 宋励修, 秦建. 茶叶中茶多糖含量的比较分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(23): 35-36.
- [38] 石玉涛, 余志, 陈玉琼, 等. 2 种茶叶多糖降血糖效果的比较[J]. 华中农业大学学报, 2015, 34(2): 113-119.
- [39] 叶琼仙, 刘静, 苗爱清. 白叶单枞黑茶抗氧化及体外降血糖活性研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 153-157.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjmce@hanspub.org