

Research Progress on the Main Chemical Components and the Pharmacological Action of Tea

Xiaosi Shi, Qiang Gao, Changju Hu, Chunpeng Ji, Weiwei Zhang

Pharmacy Department, The Second Hospital of Beijing Armed Police Corps, Beijing
Email: shixiaosi0000@126.com

Received: Sep. 25th, 2016; accepted: Oct. 10th, 2016; published: Oct. 13th, 2016

Copyright © 2016 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

Abstract

The paper summarizes the research progress on the main chemical components and the pharmacological action of tea. Tea has significant pharmacological action on cardiovascular and cerebrovascular, respiratory system, immune system, anti-cancer, anti-radiation, anti-oxidation and so on. Tea is rich in tea polyphenols, tea polysaccharide, tea pigment, protein and aminoacids, carbohydrates, minerals and other chemical components. These compounds are closely related to the above the pharmacological action.

Keywords

Tea, Chemical Composition, Pharmacology Action

茶的主要化学成分及药理作用研究进展

史小四, 高 强, 胡常菊, 季春鹏, 张卫伟

武警北京市总队第二医院药剂科, 北京
Email: shixiaosi0000@126.com

收稿日期: 2016年9月25日; 录用日期: 2016年10月10日; 发布日期: 2016年10月13日

摘要

本文综述茶的化学成分、药理作用进展。茶对心脑血管、呼吸系统、免疫系统、抗癌、抗辐射、抗氧化等具有显著的药理作用；茶富含茶多酚、茶多糖、茶色素、蛋白质和氨基酸、碳水化合物、矿物质等化学成分，这些化合物与上述的药理作用密切相关。

关键词

茶，化学成分，药理作用

1. 引言

茶在中国的应用已经有悠久的历史，据现代科学分析和鉴定，茶叶中含有 500 多种对人体有益的化学成分，如茶多酚、茶多糖、茶色素、蛋白质、氨基酸、碳水化合物和矿物质等对人体都有很好的营养价值和药理作用[1]。本文对国内外有关研究茶叶所含化学成分及药理作用的文章进行梳理，为广大的爱茶者和研究者提供一定的帮助。

2. 茶多酚

茶多酚[2] (green tea polyphenols, GTP)，又名茶单宁，是茶叶中儿茶素类、黄酮类、酚酸类和花青素类等多羟基酚性化合物的总称，浅色或近于白色，苦涩味，占茶叶干重的 13%~30%，鲜叶的 2%~5%。茶多酚以儿茶素为主体成分，从结构式上来讲就是黄烷醇(图 1)这一大类，占总酚含量的 60%~80%，主要由表儿茶素(EC)、没食子儿茶素(GC)、表没食子儿茶素(EGC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)组成。吕海鹏[3]研究不同等级的普洱茶中的茶多酚，其含量在 9.36%~11.32%。笔者就近年来关于茶多酚药理作用[4]综述如下。

2.1. 抗氧化作用

茶多酚是强抗氧化剂，对预防氧化应激，调节致癌细胞物质代谢，抑制 DNA 损伤的作用已被建议作为预防癌症可能作用机制。BRUCKNER 等[5]研究表明 EGCG 对葡聚糖硫酸钠(DSS)诱导的鼠结肠炎模型具有抗炎作用，作用机制可能在于 EGCG 的强抗氧化性。

2.2. 抗癌作用

EGCG 作为茶多酚中最重要的抗癌成分，其在抗肿瘤研究中的潜力远大于维生素 C、维生素 E 等抗氧化剂[6]，JANKUN 等[7]研究表明绿茶的抗癌作用可能与 EGCG 对 UPA 酶的抑制作用相关。YUAN 等[8]详细介绍了茶叶抑制癌症的流行病学调查，结果表明绿茶的高摄入量能够降低上消化道癌症的风险，对肺癌和肝癌的发生有预防作用，II 期临床试验已经证明绿茶提取物对前列腺癌前病变的进展有抑制作用，绿茶还对绝经前妇女乳腺肿瘤和乳腺癌复发有一定疗效。

2.3. 对心血管系统作用

BABU 等[9]讨论了儿茶素对心血管有益作用的机制，包括抗氧化、调节脂类代谢、调节上皮细胞功能、抗炎、抗增生、抗血栓的功能，并指出儿茶素对心血管的保护作用除了抗氧化功能延伸出的作用外，儿茶素还能直接作用于免疫细胞和血管细胞，调节其作用。

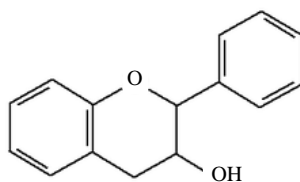


Figure 1. Flavanol
图 1. 黄烷醇

2.4. 对神经退行性疾病的防治作用

老年神经退行性疾病如帕金森病和阿尔茨海默病等均为多病因的复杂性疾病，在临床上单一作用靶点的药物治疗效果有限。李琼等[10]研究表明绿茶多酚通过抗氧化、螯合金属离子、调控细胞内信号转导途径，调节蛋白激酶通路等多靶点作用发挥其神经保护作用。

2.5. 抗紫外线作用

体外研究试验表明，茶多酚能够通过增加 Survivin 基因表达和减少线粒体功能障碍和 DNA 片段化来对抗 UVB 对视网膜上皮色素细胞的损伤[11]。

2.6. 抗肥胖作用

CHEN 等[12]构建了高脂/西式饮食所致肥胖和代谢综合征鼠模型，通过 EGCG 的治疗，能减轻这些症状并减少小鼠体内脂肪堆积，估计与 EGCG 能减少脂质吸收和降低炎症因子水平有关。

2.7. 抗龋齿作用

对醋酸氯己定溶液和绿茶提取物抗龋齿的研究表明[13]，作为可能的基质金属蛋白酶抑制剂，两者对牙质腐蚀磨损都有一定的抑制作用，但机制尚待研究。陈黄琴等[14][15]通过构建人工牙本质龋模型和在酸蚀症志愿者身上试验，发现 EGCG 能有效减少牙本质龋进展过程中胶原的降解，从而阻止牙本质进一步的龋坏。

2.8. 抗菌、抗病毒作用

研究显示绿茶对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)有一定的抗菌作用[16]，茶多酚对流感病毒、轮状病毒、SARS 病毒、HPV 等都有一定抑制作用[17]。

2.9. 毒性及不良反应

饮用绿茶在中国有几千年的历史，我国人均饮茶量每天不足 10 g，绿茶在人体有良好的耐受性，不会出现毒性反应。Polyphenon E 口服给药长期毒性试验未见明显的检测项目异常，大鼠和家兔口服、皮下、阴道给药生育力和胚胎发育研究显示，对生殖系统未见实质性的损害作用，对怀孕大鼠和家兔无致畸作用，皮肤给药局部刺激性较小。SCHONTHAL [18]提出了绿茶提取物对肝脏的潜在损伤作用，需提高对罕见且低估的不良反应的认识。来自 39 健康网的一篇文章，绿茶好处多，但却很伤肝。特别指出，问题主要存在于绿茶添加物，添加物中所含的“多酚”是一杯绿茶的 50 倍。大剂量的多酚会伤害肝脏，但每天饮用 10 杯绿茶较为适当。

3. 茶色素

随着茶叶的发酵、茶汤的氧化，茶叶茶汤的颜色是由绿到深变化的。主要分为两大类：一是脂溶性

色素，如叶绿素、叶黄素、胡萝卜素等；二是水溶性色素，如茶黄素、茶红素、茶褐素、花青素等。现重点介绍一下水溶性色素。

3.1. 茶黄素

茶黄素(TFs) (图 2)是由前体物儿茶素经过苯骈环化反应形成的。最早是由 Roberts 在 1957 年利用双向纸层析的方法分离制备了 5 中茶色素，并定名为茶黄素(Theaflavin)和茶黄素没食子酸酯(hteaflavin gallaet) [19]，主要包含四种：茶黄素-3-没食子酸酯(TF-3-G)、茶黄素-3'-没食子酸酯(TF-3'-G)、茶黄素双没食子酸酯(TFDG)、茶黄素(TF)。茶黄素是红茶茶汤中的主要黄色物质，在茶叶中的含量一般为 0.3%~1.5%。茶黄素被誉为茶叶中“软黄金”，有降血脂的独特功能，不仅能减少胆固醇的吸收，还能抑制人体自身合成胆固醇。

3.2. 茶红素

在红茶当中，茶红素(图 3)通过茶黄素的进一步氧化而得，是决定茶汤红色的物质，含量为 5%~11%。茶红素是一类复杂相对分子质量差异极大的红褐色酚类化合物，其相对分子质量为 700~40,000，甚至更大些，由于其复杂的化学结构，目前关于茶红素的相关报道较少，未能分离得到其单体结构[20]。

3.3. 茶褐素

茶褐素是指一类水溶性非透析性的褐色高聚物质，不溶于乙酸乙酯和正丁醇，是茶黄素和茶红素经过深度氧化聚合而成的高聚物，含有多酚类、糖类以及氨基酸等物质[21]。关于茶褐素的研究，主要集中于其提取工艺，对其化学成分及化学结构的研究还未有详细报道。理化分析确定茶褐素是含有蛋白质和多糖类物质的弱酸性物质。董文明等[22]、郝瑞雪等[23]、杨大鹏等[24]对普洱茶经过不同发酵过程后的茶褐素研究发现，在发酵过程中，水浸提物、可溶性糖、茶多酚、氨基酸不断减少，茶褐素逐步增加，并且多酚类物质变化最为明显；同时茶黄素和茶红素的含量减少，但是其减少值小于茶褐素的增加值；并且羧基呈现增长而羟基较少。茶褐素中最主要的官能团是酚羟基。吕海鹏[3]研究不同等级的普洱茶中的茶褐素的含量，其含量在 13.37%~14.96%。

3.4. 茶色素的生物活性及保健作用研究

3.4.1. 抗癌、抗肿瘤作用

其抗癌、抗肿瘤的作用主要体现为诱导癌细胞的凋亡、抑制癌细胞的增值、控制酶的活性等等。

3.4.2. 抗菌、抗龋齿作用

普洱茶提取物茶色素对金黄色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌显示出生长抑制效应，但是对大肠杆菌没有影响。因此判断普洱茶提取物对革兰氏阳性的金色葡萄球菌和枯草芽孢杆菌有抑菌作用，但是对革兰氏阴性的大肠杆菌无抑菌效果。

3.4.3. 抗氧化作用

抗氧化作用的两个主要因素是氧化和络合，表现为清除自由基、清除氧、螯合金属离子、与自由基相关的酶发生作用。广西六堡茶提取所得茶褐素研究[25]，表明茶褐素对羟基自由基、亚硝基和超氧阴离子均有较好的清除效率。

3.4.4. 其它药理活性

在降血脂、防治心血管疾病、保护肝脏等方面均有很好的保健功能。刘家奇等人[26]采用熟普洱茶、茶粉、六堡茶、黑茶茶粉三种原料研究高脂饮食诱发的大鼠非酒精性脂肪肝的保护作用，结果表明三种

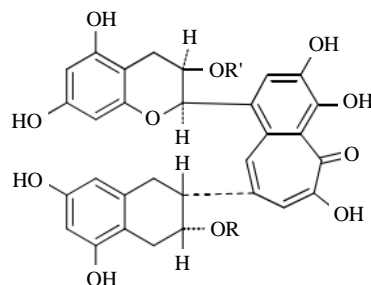


Figure 2. Theaflavin

图 2. 茶黄素

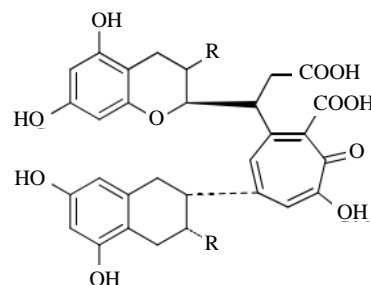


Figure 3. Thearubigins

图 3. 茶红素

原料的高剂量组均能明显的改善由高脂饮食引起的肝脏脂肪病变，因此判断三种茶叶对非酒精性脂肪肝都具有不同程度的保护作用，其中六堡茶的作用最显著。

4. 茶皂素

茶皂素是一类结构相似的齐墩果烷五环三萜类皂苷的混合物，其单体结构称为茶皂苷，由皂苷元、糖、糖醛酸或有机酸组成，分子量为 1200~2800 [27]。茶皂素味苦辛辣，纯品为无色微细柱状晶体，具有皂苷的通性，吸湿性强，有很强起泡能力，有强溶血作用，吴季勤[28]测得茶皂素的溶血指数为 107,000，在茶皂素中加入胆固醇，可使溶血作用消失。近 20 年，由于分离分析技术的不断发展，国内外学者相继从茶叶、茶树种子和茶树根中分离鉴定出 56 种茶皂素的单体[29]。茶皂素的分子是一种优良的非离子型表面活性剂，在乳化、分散、发泡及去污能力等方面都能表现出较好的活性，在药理活性方面也有集中的研究。茶皂素具有良好的抗炎抗病毒的药理作用，可以抑制酒精吸收和对肠胃有保护作用，且主要体现在抑制胃排空和促进肠胃运转方面。对支气管炎、哮喘、水肿等病症也有明显疗效[30]。

5. 茶多糖

茶多糖是茶叶中生物活性较好的一类结构复杂，由单糖连接，与蛋白质结合在一起的酸性多糖或酸性糖蛋白[31]的高分子物质。易溶于热水，但不溶于高浓度的乙醇、丙酮、乙酸乙酯、正丁醇等有机溶剂，水溶液的颜色也随着溶液 pH 的增加而加深。热稳定性较差，高温下容易丧失活性，过酸(pH < 5.0)或偏碱(pH > 7.0)均会使多糖部分降解。根据前人的研究显示，茶多糖主要由 6 种单糖组成，即甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖、葡萄糖、鼠李糖和木糖。茶叶中茶多糖含量约占 1.0%~3.5%，并且含量随原料的老嫩、茶树品种、采摘季节及加工工艺的不同而有所差异，一般老叶比嫩叶含量高[32]。倪德江[33]等选用相同等级的云南大叶种茶叶原料分别制成绿茶、乌龙茶和红茶，然后从中提取出茶多糖比较其得率、蛋白质、糖醛酸和中性糖含量。研究结果发现，制成的绿茶多糖的提取得率最高为 0.61%，乌龙茶多糖次之为

0.45%，红茶多糖最低为 0.37%。此外，蛋白质含量、糖醛酸含量以及中性糖含量高低都依次为绿茶 > 乌龙茶 > 红茶。周扬等人[34]发现翻堆样中普洱茶叶渥堆时间越长，茶多糖的含量越高。

至于茶多糖的主要药理作用是抗氧化和降血糖。在四种(ABTS 自由基、DPPH 自由基清除能力，FIC 铁离子螯合能力、FRAP 还原能力)不同的抗氧化评价体系下，5 年陈普洱茶 PTPS-5 具有最强的 ABTS 自由基清除能力($IC_{50} = 0.49 \text{ mg/ml}$)、DPPH 自由基清除能力($IC_{50} = 1.45 \text{ mg/ml}$)、FRAP 还原能力(浓度为 1 mg/ml 时，FRAP 值为 1623.07 pmol/L)、FIC 亚铁离子整合能力($IC_{50} = 0.73 \text{ mg/ml}$)。此外，5 年陈普洱茶还具有最强的 α -葡萄糖苷酶抑制能力($IC_{50} = 0.063 \text{ mg/ml}$)，显著高于阳性对照阿卡波糖($IC_{50} = 0.18 \text{ mg/ml}$)，而 3 年陈普洱茶 PTPS-3 也具有和阿卡波糖相似的 α -葡萄糖苷酶抑制能力($IC_{50} = 0.19 \text{ mg/ml}$)。不管是四种抗氧化体系下的抗氧化活性还是对 α -葡萄糖苷酶的抑制能力强弱都是 PTPS-5 > PTPS-3 > PTPS-1 [35]。汪东风[36]从粗老茶中分离纯化得到茶多糖，参照民间用粗老茶所含茶多糖的剂量，通过动物试验发现茶多糖不仅显著降低糖尿病模型小鼠的血糖水平，而且显著提高其免疫功能，从而揭示了民间常泡饮粗老茶来预防糖尿病的主要功效成分为茶多糖。研究发现具有相对较低分子量和高蛋白的多糖具有较好的抗氧化活性和降血糖效果[37]。对不同茶类茶多糖的降血糖效果进行动物实验比较发现各种茶类茶多糖对糖尿病小鼠都有显著或极显著的降血糖效果，其中绿茶多糖具有明显的量效关系，高剂量的普尔茶多糖(160 mg/kg)比低剂量的普尔茶多糖(80 mg/kg)降血糖效果要好[38]，且差异显著。此外，茶多糖能明显缓解糖尿病小鼠“三多一少症状”，改善糖尿病症状，并呈量效关系。一般认为茶多糖降血糖的机理主要涉及以下几个方面：一方面是对胰岛素水平的影响，另一方面是影响糖代谢过程中相关酶活性，此外茶多糖的抗氧化性能及其对胰岛 B 细胞的保护作用也是重要原因。

另外茶多糖还具有降血脂及抗动脉粥样硬化，降血压、耐缺氧、保护心血管，抗凝血及抗血栓，增强免疫力，防辐射，抗疲劳等作用。据孙冀平报道[39]，茶枯饼多糖具有明显延长血栓形成时间，缩短血栓长度，从而起到抗血栓的药理作用。

6. 氨基酸

氨基酸($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$)是茶叶中含氮的主要物质，含有羧基和氨基，是组成蛋白质的基本单位，茶叶中的氨基酸有 26 种之多，易溶于水，其中以茶氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸含量为高，茶氨酸几乎仅存于茶叶中，占茶叶氨基酸的 50% 以上。不少氨基酸(谷氨酸、苯丙氨酸)有一定的香气和滋味，是构成茶汤鲜爽味的重要物质，含量约占茶叶干重的 1%~4%。经分析茶叶中氨基酸的含量是 3 月最高为 4.38%，6 月最低为 2.45%。很多的研究结果均表明，绿茶中的氨基酸含量与品质呈显著的正相关，氨基酸含量高，绿茶品质好，经测定西湖龙井氨基酸含量最高(4.46%)。茶叶中所含的氨基酸含量因位置不同而异，嫩芽与嫩茎中氨基酸所占的比例是最高的，而春茶的氨基酸的含量比其他季节的茶要高。所以绿茶在众多茶种中鲜爽度名列前茅，而春茶的鲜又更上一层。另外，茶的高纬度、低气温、弱光照会促进茶氨酸形成，所以高山茶比低海拔的茶氨酸含量要高，这也是“高山云雾出好茶”的重要原因。对于其药理学作用，它能促进 α 脑波的形成，提高智力和记忆力，降血压也有很好的作用，美国医学院的研究还表明，茶氨酸甚至可以 5 倍提高人体预防疾病的抵抗力。

7. 生物碱

茶叶中含有咖啡碱、茶碱和可可碱，均易溶于水，其中主要是咖啡碱(图 4)，呈苦涩味，与茶多酚、氨基酸一起是决定茶叶口感的三大主要成分。咖啡碱虽然其本身味苦，但是与多酚类及其氧化产物形成络合物后可以提升茶顺滑鲜爽的感觉。因此，茶叶咖啡碱含量与品质之间呈正相关，咖啡碱含量高，茶叶品质好。咖啡碱的含量在 7 月最高为 3.76%。20 种名鲜绿茶咖啡碱的平均含量 4.31%，西湖龙井含量

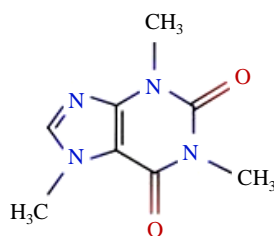


Figure 4. Caffeine

图 4. 咖啡因

最高，是 4.81%。侯冬岩等采用高效液相色谱法检测了黑茶中咖啡碱的含量，其中茯砖茶咖啡碱含量为 $7.295 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，低于绿茶和乌龙茶[40]。咖啡碱具有很多生物活性，适度使用能祛除疲劳、兴奋神经、松弛动脉、促进血液循环，还有利尿、强心和一定的解救功效等，临床上可以用于治疗神经衰弱和昏迷复苏等。

8. 芳香性物质

茶叶中芳香性物质含量少，但种类很多。主要分为低沸点物质，如叶绿醇，有强烈的青草气味，茶叶杀青不足时往往有青草味；高沸点物质：如茉莉酮、苯甲醇等，有良好花香，一般是加工过程中形成的。

9. 维生素类

宋美蓉测定[2]茶叶中的维生素 C 含量十分丰富，一般绿茶中可达 $(1.00\sim 2.50 \text{ mg/g})$ ，同时也测定了两种绿茶(安徽六安瓜片和云南云雾绿茶)中的 α -生育酚含量，结果 $0.6622\sim 0.8400 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

10. 讨论与展望

“神农尝百草，一日遇七十毒”，得茶来解之，可谓尽人皆知。随着科学的发展，茶学研究者从茶叶里不断发现新的化学物质以及其相应的药理学价值，但在茶叶质量标准数字化、指纹图谱等定量的研究还不够，把茶作为一种文化的研究远比茶叶本身给人类带来的药理学研究多的多。人们常说的茶多酚、茶黄素、茶红素以及茶褐素等概念都是一类化合物，未能寻求某一单体化合物作为茶质量标准的衡量标准，不过随着科技不断的进步，相信会在茶的发源地——中国的土壤上，研究者们不断地探索及发现茶的国际化标准，让这种具有“生命的物质”不仅给人们的身体带来益处，更给予人们心理得到“疗养”。

参考文献 (References)

- [1] 施兆鹏, 刘仲华. 夏茶苦涩味化学实质的数学模型[J]. 茶叶科学, 1987, 7(2): 7-12.
- [2] 宋美蓉. 茶籽, 茶花和茶寄生中化学成分的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京中医药大学, 2014.
- [3] 吕海鹏, 林智, 张悦, 等. 不同等级普洱茶的化学成分及抗氧化活性比较[J]. 茶叶科学, 2013, 33(4): 386-395.
- [4] 张思佳, 黄璐, 牟峰. 绿茶多酚提取纯化工艺及药理作用[J]. 中国新药与临床杂志, 2013, 32(7): 521-526.
- [5] Bruckner, M., Westphal, S., Domschke, W., *et al.* (2012) Green Tea Polyphenol Epigallocatechin-3-Gallate Shows Therapeutic Antioxidative Effects in a Murine Model of Colitis. *Journal of Crohn's and Colitis*, **6**, 226-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crohns.2011.08.012>
- [6] 李学军. 多靶点药物研究及应用[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 512-523.
- [7] Jankun, J., Selman, S.H., Swiercz, R., *et al.* (1997) Why Drinking Green Tea Could Prevent Cancer. *Nature*, **387**, 561. <http://dx.doi.org/10.1038/42381>
- [8] Yaun, J.M., Sun, C. and Butler, L.M. (2011) Tea and Cancer Prevention: Epide Miological Studies. *Pharmacological*

- Research*, **64**, 123-135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phrs.2011.03.002>
- [9] Babu, P.V. and Liu, D. (2008) Green Tea Catechines and Cardiovascular Health: An Update. *Current Medicinal Chemistry*, **15**, 1840-1850. <http://dx.doi.org/10.2174/092986708785132979>
- [10] 李琼, 李勇. 绿茶多酚防治老年神经退行性疾病研究进展[J]. 卫生研究, 2010, 39(1): 123-126.
- [11] Xu, J.Y., Wu, L.Y., Zheng, X.Q., et al. (2010) Green Tea Polyphenols Attenuating Ultraviolet B-Induced Damage to Human Retinal Pigment Epithelial Cells in Vitro. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **51**, 6665-6670. <http://dx.doi.org/10.1167/iops.10-5698>
- [12] Chen, Y.K., Cheung, C., Reuhl, K.R., et al. (2011) Effects of Green Tea Polyphenol(-)-epigallocatechin-3-gallate on Newly Developed High-Fat/Western-Style Diet-Induced Obesity and Metabolic Syndrome in Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 11862-11871. <http://dx.doi.org/10.1021/jf2029016>
- [13] Magalhaes, A.C., Wiegand, A., Rios, D., et al. (2009) Chlorhexidine and Green Tea Extract Reduce Dentin Erosion and Abrasion in Situ. *Journal of Dentistry*, **37**, 994-998. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2009.08.007>
- [14] 陈黄琴, 黄彬. 绿茶提取物 EGCG 对牙本质抗酸蚀作用的初步研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2012, 21(9): 928-929.
- [15] 黄彬, 陈黄琴. 绿茶提取物 EGCG 阻止牙本质龋进展的初步研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2012, 21(9): 1670-1671.
- [16] 华德兴, 钱元恕, 彭青. 绿茶对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的抗菌作用及机制研究进展[J]. 中国新药与临床杂志, 2008, 27(9): 697-701.
- [17] 张文明, 陈朝银, 韩本勇, 等. 茶多酚的抗病毒活性研究[J]. 云南中医学院学报, 2007, 30(6): 57-59.
- [18] Schonthal, A.H. (2011) Adverse Effects off Concentrated Green Tea Extracts. *Molecular Nutrition & Food Research*, **55**, 874-885. <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201000644>
- [19] Roberts, E.A.H. and Myers, M. (1959) The Phenolic Substances of Manufactured Tea. VI. The Preparation of Theaflavin and of Theaflavin Gallate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **10**, 176-179. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740100305>
- [20] Kuhnert, N., Drynan, J.W., Obuchowicz, J., et al. (2010) Mass Spectrometric Characterization of Black Tea Thearubigins Leading to an Oxidative Cascade Hypothesis for Thearubigin Formation. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, **24**, 3387-3404. <http://dx.doi.org/10.1002/rcm.4778>
- [21] 周斌星, 高林瑞. 普洱茶茶色素的研究进展[J]. 茶叶科学技术, 2006(3): 8-9.
- [22] 董文明, 谭超, 李凌飞, 等. 普洱茶发酵过程中茶褐素主要分子结构及其变化研究[J]. 食品科技, 2013(4): 53-57.
- [23] 郝瑞雪, 杜丽平, 徐瑞雪, 等. 普洱茶发酵过程中酶活性与主要品质成分关系初探[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 59-62.
- [24] 杨大鹏, 史文斌, 陈一江, 等. 不同微生物发酵的云南普洱茶样中茶褐素提取物的化学成分分析[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(1): 49-52.
- [25] 王晓. 广西六堡茶化学成分分离、活性分析及茶褐素提取工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西师范学院, 2014.
- [26] 刘家奇, 邵宛芳, 赵宝权, 等. 普洱茶(熟茶)茶粉, 黑茶茶粉, 六堡茶对非酒精性脂肪肝辅助保护作用的研究[J]. 中华中医药学刊, 2013, 31(6): 1236-1239.
- [27] 青山新次郎. 茶皂素的提取工艺及性质[J]. 日本药学杂志, 1931, 51(5): 367-375.
- [28] 吴季勤. 茶皂素及提取茶皂素后的油茶饼粕应用研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [29] 刘红, 田晶. 茶皂甙的化学结构及生物活性最新研究进展[J]. 食品科技, 2008, 33(5): 186-190.
- [30] 陈永忠, 王德斌, 王波. 油茶综合利用浅析[J]. 湖南林业科技, 1997, 24(4): 15-19.
- [31] 兰茂. 滇南本草(第二卷) [M]. 昆明: 云南人民出版社, 1976: 188.
- [32] 宛晓春. 茶叶生物化学(第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [33] 倪德江, 陈玉琼, 谢笔筠, 等. 绿茶、乌龙茶、红茶的茶多糖组成抗氧化及降血糖作用研究[J]. 营养学报, 2004, 26(1): 57-60.
- [34] Boyle, J.P., Honeycutt, A.A., Narayan, K.M., et al. (2001) Projection of Diabetes Burden through 2050: Impact of Changing Demography and Disease Prevalence in the US. *Diabetes Care*, **24**, 1936-1940. <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.24.11.1936>
- [35] 陈浩. 普洱茶多糖降血糖及抗氧化作用研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州, 浙江大学, 2013.

- [36] Wang, D.F., Wang, C.H., Li, J., *et al.* (2001) Components and Activity of Polysaccharides from Coarse Tea. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **49**, 507-510. <http://dx.doi.org/10.1021/jf000029m>
- [37] Chen, H.X., Qu, Z.S., Fu, L.L., *et al.* (2009) Physicochemical Properties and Antioxidant Capacity of 3 Polysaccharides from Green Tea, Oolong Tea, and Black Tea. *Food Chemistry*, **74**, 469-474. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01231.x>
- [38] 倪德江, 谢笔钧, 宋春和. 不同茶类多糖对实验型糖尿病小鼠治疗作用的比较研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(2): 376-381.
- [39] 孙冀平. 茶叶籽中皂素及多糖的研究[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2003.
- [40] Liang, Y., Lu, J., Zhang, L., *et al.* (2003) Estimation of Black Tea Quality by Analysis of Chemical Composition and Colour Difference of Tea Infusions. *Food Chemistry*, **80**, 283-290. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00415-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00415-6)

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