



山西大学建校 110 周年学术文库

茶叶药效成分分析

CHAYE YAOXIAO CHENGFEN FENXI

董川 乔洁 双少敏 著



1902 - 2012



化学工业出版社

山西大学建校 110 周年学术文库

茶叶药效成分分析

CHAYE YAOXIAO CHENGFEN FENXI

董川 乔洁 双少敏 著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

茶叶药效成分分析/董川, 乔洁, 双少敏著. 北京:
化学工业出版社, 2012.3
ISBN 978-7-122-13349-6

I. 茶… II. ①董…②乔…③双… III. 茶叶-食品
化学-研究 IV. TS272.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 015427 号

责任编辑: 李晓红
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 8 $\frac{1}{4}$ 字数 115 千字 2012 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

《山西大学建校 110 周年学术文库》序言

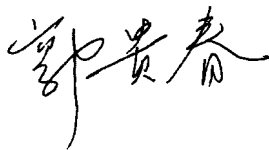
2012年5月8日，山西大学将迎来110年校庆。为了隆重纪念母校110年华诞，系统展现近年来山西大学创造的优秀学术成果，我们决定出版这套《山西大学建校110周年学术文库》。

山西大学诞生于“三千年未有之变局”的晚清时代，在“西学东渐，革故鼎新”中应运而生，开创了近代山西乃至中国高等教育的先河。百年沧桑，历史巨变，山西大学始终与时代同呼吸，与祖国共命运，进行了可歌可泣的学术实践，创造了令人瞩目的办学业绩。百年校庆以来，学校顺应高等教育发展潮流，以科学的发展理念引领改革创新，实现了新的跨越和腾飞，逐步成长为一所学科门类齐全、科研实力雄厚的具有地方示范作用的研究型大学，谱写了兴学育人的崭新篇章，赢得社会各界的广泛赞誉。

大学因学术而兴，因文化而繁荣。山西大学素有“中西会通”的文化传统，始终流淌着“求真至善”的学术血脉。不论是草创之初的中西两斋，还是新时期的多学科并行交融，无不展现着山大人特有的文化风格和学术气派。今天，我们出版这套丛书，正是传承山大百年文脉，弘扬不朽学术精神的身体力行之举。

《山西大学建校110周年学术文库》的编撰由科技处、社科处组织，将我校近10年来的优秀科研成果辑以成书，予以出版。我们相信，《山西大学建校110周年学术文库》对于继承与发扬山西大学学术精神，对于深化相关学科领域的研究，对于促进山西高校的学术繁荣，必将起到积极的推动作用。

谨以此丛书献给历经岁月沧桑，培育桃李芬芳的山大母校，祝愿母校在新的征程中继往开来，永继鸿猷。



二〇一一年十一月十日

前 言

中国是茶的故乡，是世界上最早发现并利用茶叶的国家。

茶的化学成分极为复杂，经过分离鉴定的已知化合物约有 500 种，其中有机化合物有 450 种以上，无机矿物质 15 种以上。茶叶中比较重要的化学成分有茶多酚、咖啡因、茶碱、可可碱、维生素、叶绿素、挥发油、蛋白质、糖类、果胶、氨基酸和茶氨酸等。其中，茶多酚和咖啡因是茶叶中两种主要的药效成分，它们对人体有保健作用，对防治血管硬化、减少高血压发病率、抑制动脉粥样硬化、对放射损伤、肿瘤、细菌性病毒、免疫功能降低的防治都有功效。寓养生、防癌、保健于品茗之中，是其它饮料无法替代的。

茶叶中茶多酚和咖啡因的含量决定了茶叶的品质和口感。随着茶多酚和咖啡因应用的不断开发，其含量的分析测定方法被人们所关注。本书总结了课题组多年积累的研究成果，提出了茶多酚和咖啡因含量分析的新方法研究和应用，提供了科学的数据，这些数据为人们科学饮茶提供了有力的理论依据。

全书共分 8 章，第 1、2、3、4、5 章由乔洁副教授撰写，第 6、7、8 章由双少敏教授撰写。全书由董川教授统一策划、组织和指导。

由于茶叶的研究涉及多学科的专业知识，加之作者水平有限，错误与不妥之处在所难免，敬请广大读者见谅。

最后，感谢课题组全体教师和研究生多年来在茶叶有效成分研究方面做出的坚持不懈的努力。

作者

2011 年 12 月

目 录

第 1 章 茶叶中的药效成分 / 1

1.1 茶叶概述	1
1.2 茶叶的主要化学成分	2
1.2.1 咖啡碱	3
1.2.2 茶多酚与儿茶素	3
1.2.3 蛋白质和氨基酸	3
1.2.4 碳水化合物	4
1.2.5 维生素	4
1.2.6 有机酸	4
1.2.7 芳香物质	4
1.2.8 皂苷类化合物	5
1.2.9 色素	5
1.2.10 脂质	5
参考文献	5

第 2 章 茶叶中茶多酚的概述 / 6

2.1 引言	6
2.2 茶多酚的结构和性质	7
2.2.1 茶多酚的组成及儿茶素的结构	7
2.2.2 茶多酚的性质	7
2.2.3 儿茶素的构型异构	9
2.3 茶多酚的提取方法	10
2.3.1 溶剂萃取（浸提）法	10

2.3.2	金属离子沉淀法	11
2.3.3	树脂吸附法	11
2.3.4	超临界萃取法	11
2.3.5	超声波浸提法	12
2.3.6	微波浸提法	12
2.4	茶多酚的分析方法	13
2.4.1	光谱法	13
2.4.1.1	紫外-可见分光光度法	13
2.4.1.2	近红外光谱法	15
2.4.1.3	流动注射法	15
2.4.1.4	原子吸收法	16
2.4.2	色谱法	16
2.4.2.1	平板色谱法	16
2.4.2.2	气相色谱法	17
2.4.2.3	高效液相色谱法	17
2.4.3	滴定法	18
2.4.4	毛细管电泳测定法	18
2.4.5	其它的分析方法	19
2.5	茶多酚的生理活性及应用	19
2.5.1	茶多酚在医药、保健品中的应用	20
2.5.2	茶多酚在食品工业中的应用	21
2.5.3	茶多酚在日用化工中的应用	21
2.5.4	茶多酚在其它方面的应用	22
	参考文献	22

第3章 茶叶中茶多酚的光谱分析法研究 / 28

3.1	引言	28
3.2	可见分光光度法	29
3.2.1	原理与方法	29
3.2.2	冲泡比的影响	30
3.2.3	冲泡水温的选择	31
3.2.4	冲泡时间的影响	31
3.2.5	绿茶中茶多酚含量的测定	32

3.2.6	F 检验法比较	32
3.2.7	结论	33
3.3	紫外吸收光谱特征	33
3.3.1	酸度对茶多酚吸收光谱的影响	34
3.3.2	吸收光谱的分析特性	35
3.4	荧光光谱性质	36
3.4.1	直接法	36
3.4.1.1	茶多酚的三维荧光图谱	36
3.4.1.2	茶多酚的激发和发射光谱	37
3.4.1.3	酸度对茶多酚荧光光谱的影响	38
3.4.2	间接法	39
3.4.2.1	茶多酚对水杨酸钠荧光光谱的影响	39
3.4.2.2	茶多酚对磺基水杨酸荧光光谱的影响	44
	参考文献	48

第 4 章 茶叶中茶多酚的滴定分析方法研究 / 50

4.1	引言	50
4.2	邻二氮菲亚铁指示剂法测定茶多酚	51
4.2.1	反应机理	51
4.2.2	研究过程	51
4.2.2.1	KMnO ₄ 标准溶液的配制和标定	51
4.2.2.2	样品试液的制备	52
4.2.2.3	茶多酚标准溶液的滴定	52
4.2.2.4	样品中茶多酚的测定	53
4.2.3	结论	53
4.3	电位滴定法测定茶叶中茶多酚	56
4.3.1	研究方法	56
4.3.1.1	样品试液的制备	56
4.3.1.2	茶多酚标准溶液的滴定	56
4.3.1.3	样品中茶多酚的测定	57
4.3.2	结论	58
4.4	EDTA 络合滴定法测定茶多酚	59
4.4.1	反应机理	59

4.4.2 研究过程	60
4.4.2.1 EDTA 标准溶液的配制和标定	60
4.4.2.2 样品试液的制备	60
4.4.2.3 茶多酚标准溶液的滴定	61
4.4.2.4 样品中茶多酚的测定	61
4.4.3 结论	62
4.5 总结	64
参考文献	66

第 5 章 茶叶中咖啡因的概述 / 67

5.1 引言	67
5.2 咖啡因的结构和性质	67
5.2.1 咖啡因的结构	67
5.2.2 咖啡因的性质	68
5.3 咖啡因的提取方法	68
5.3.1 溶剂萃取法	68
5.3.2 升华法	69
5.3.3 吸附法	69
5.3.4 超临界萃取法	70
5.3.5 微波辐射法	70
5.4 咖啡因的分析方法	70
5.4.1 光谱分析方法	71
5.4.1.1 紫外光谱法	71
5.4.1.2 红外光谱法	72
5.4.2 色谱分析方法	72
5.4.2.1 高效液相色谱分析方法	72
5.4.2.2 薄层色谱分析方法	73
5.4.2.3 气相色谱分析方法	73
5.4.2.4 气相色谱及气质联用技术分析方法	73
5.4.2.5 液相色谱及其联用技术分析方法	74
5.4.2.6 离子交换色谱分析方法	76
5.4.3 毛细管电泳分析方法	76
5.4.4 自动分析方法	78

5.4.4.1	流动注射 FTIR 咖啡因自动分析方法	78
5.4.4.2	固相萃取 (SPE) 与分离、检测分析技术的联用以及 自动化咖啡因分析方法	78
5.4.5	感应器咖啡因分析方法	79
5.5	咖啡因的生理活性及应用	81
5.5.1	咖啡因的生理活性	81
5.5.2	咖啡因的应用	82
5.5.2.1	作为成品药制剂中的主要成分	82
5.5.2.2	肿瘤化疗中的生物调节剂	83
5.5.2.3	医学检验中的模型药物	83
5.5.2.4	其它方面	84
	参考文献	84

第 6 章 茶叶中咖啡因溶出规律的研究 / 94

6.1	引言	94
6.2	实验部分	94
6.2.1	仪器与试剂	94
6.2.2	实验方法	95
6.2.2.1	茶汤的制备	95
6.2.2.2	滤纸基质室温磷光 (PS-RTP) 分析方法	95
6.3	结果与讨论	95
6.3.1	冲泡水质的影响	95
6.3.2	冲泡水温的选择	99
6.3.3	冲泡时间的影响	99
6.3.4	冲泡次数的影响	100
6.4	结论	101
	参考文献	101

第 7 章 茶叶中咖啡因含量的测定 / 103

7.1	引言	103
7.2	实验部分	104
7.2.1	仪器与试剂	104

7.2.2 实验方法	104
7.3 结果与讨论	104
7.3.1 条件确定	104
7.3.1.1 咖啡因的滤纸基质室温磷光 (PS-RTP) 分析	104
7.3.1.2 可可碱、咖啡因、茶碱的 PS-RTP 光谱	105
7.3.1.3 酸度效应	105
7.3.1.4 重原子的选择	105
7.3.1.5 干燥温度、预烘烤时间、烘烤时间及稳定性测定	106
7.3.1.6 中国茶叶中咖啡因含量的测定	106
7.4 结论	106
参考文献	107

第 8 章 茶叶中咖啡因的药代动力学研究 / 108

8.1 引言	108
8.2 实验部分	109
8.2.1 仪器和试剂	109
8.2.2 实验方法	109
8.2.2.1 茶汤的制备	109
8.2.2.2 PS-RTP 的测量	109
8.3 结果与讨论	110
8.3.1 条件确定	110
8.3.1.1 咖啡因的 PS-RTP 光谱	110
8.3.1.2 酸度效应	110
8.3.1.3 重原子的选择	111
8.3.1.4 干燥温度、预烘烤时间、烘烤时间及稳定性测定	111
8.3.2 方法建立	111
8.3.2.1 分析特性	111
8.3.2.2 标准加入回收率	111
8.3.3 茶叶中的咖啡因在人体尿中排泄规律测定	112
8.3.3.1 给药方法及样品收集	112
8.3.3.2 样品测定	112
8.3.3.3 尿样中 CF 排出速率的测定	112
8.4 结论	114

参考文献 114

附录 /115

I 世界十大名茶 115

II 中国十大名茶 116

III 花茶的功效 118

IV 茶叶中主要物质与风味品质的关系 119

V 茶叶的种类 119

第 1 章

茶叶中的药效成分

中国是茶的故乡，是茶文化的发祥地。中华民族在茶的发现、培植、制作、品饮和茶文化的创作上，为人类文明留下了灿烂的一章，对人类文明的发展进步做出了卓越的贡献。

1.1 茶叶概述

茶叶是由茶树（山茶科）的嫩叶和芽制成的饮料^[1]，茶树是多年生的常绿乔木或灌木，其拉丁文学名是 *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze。乔木型茶树可高达 15~30m，基部干围可达 1.5m 以上，寿命可达数百年至数千年。目前人们常见的是栽培茶树，为了多采芽叶和方便采收，往往用修剪的方法抑制茶叶的纵向生长，树高多在 0.8~1.2m 之间，树龄一般为 50~60 年。

茶的色泽、香气和滋味是茶叶中所存在的化学物质综合配比的结果^[2]。由于制作方法的不同，茶叶中各种成分的配比也不相同，因而形成不同品味的茶叶。我国茶类的划分目前尚无统一的方法，但最常见的划分方法是将茶分为基本茶类和再加工茶类两类^[3]。其中基本茶

类又分为绿茶、红茶、乌龙茶、白茶、黄茶和黑茶六大类（有的分法将黄茶归入绿茶类），并且根据产地的不同，又可分为其它种类^[4]。

中国是世界上最早发现茶树，最早采制茶叶和饮用茶汤的国家^[5]。尽管茶树栽培、茶叶制造等都起源于我国，然而，茶作为一种商品，连同与它有关的技术早已从我国传向世界：从唐代传入东亚地区的朝鲜、日本，到十六世纪传入西方各国。茶所到之处，都能以它的风味与功效吸引着许多人的注意力，同时人们对它的研究工作也推动着茶叶科学的发展。瑞典著名植物学家、植物分类与命名原则的奠基人卡洛尔·林奈（Carolus Linnaeus），为茶树定的最早学名就是 *Chea Sinensis*，其含义即是“中国茶树”^[6]。

茶具有独特的药用和保健功能。几千年来，茶的保健和药用功能不断被发现。茶和天然药物在人类生活中的应用，是中华民族在探索大自然的奥秘中获得的最伟大、也是最具有创造性的科学发现。从传说四五千年前神农时代就发现和利用茶、认识茶有利于人体健康开始，历代医书记载着茶叶有 20 项、219 种药效，诸如：提神明目、止渴生津、清热解暑、杀菌解毒、去腻醒酒、利肠消食、通便利尿、去疾治痢、祛风解表、肾齿止痛、疗疮治瘰等^[7]。茶是纯天然的、符合人体生理健康的卫生、安全、保健、无公害的饮料。茶不仅是中国的“国饮”，而且是世界性的饮料。

1.2 茶叶的主要化学成分

茶叶的化学成分极为复杂，含有 600 多种化学成分，可分为无机物质和有机物质两大类^[8~12]。

干茶叶中无机物质成分的含量只占总干物质质量的 3.5%~7.0%，但对人体的营养和健康以及茶叶的品质有重要作用。茶叶中已发现的无机矿物质元素（除碳、氢、氧、氮以外）有 27 种：磷、钾、硫、镁、锰、氟、铝、钙、钠、铁、砷、铜、镍、硅、锌、硼、钼、铅、镉、钴、硒、溴、碘、铬、铍、钛和钒等元素，大多数为人体健康所必需的元素。

茶叶中的有机物质占干物质总质量的 93%~96.5%，它也是决定茶叶味、香和汤色品质的特征、营养及保健效应的主要有效物质。所含的

主要有机物有以下几种：咖啡碱、茶多酚、氨基酸、蛋白质、碳水化合物、维生素、有机酸、芳香物质、皂苷类、色素和脂质。下面将分别介绍。

1.2.1 咖啡碱

茶叶中的咖啡碱（过去称为茶碱）的含量占有机物干物质质量的2.5%~5.0%。嫩叶中的含量高于老叶，嫩梢背面的茸毛中含量较高，它是构成茶叶滋味的重要物质。咖啡碱能使人体中枢神经产生兴奋、振奋精神，因而有助于提高工作效率；有利尿作用，促进肾脏的排尿速率，饮茶后可使排尿量增加30%，有助于促进肾脏内的毒素和废物尽快排出体外，所以饮茶可防止肾脏病和结石病；它还能使血管平滑肌松弛，增强心血管壁的弹性和促进血液循环，这一作用绿茶最强，青茶次之，红茶最弱；咖啡碱还能降低胆固醇和防止动脉粥样硬化。咖啡碱在体内的半衰期（即分解50%所需时间）只有25~45h。

1.2.2 茶多酚与儿茶素

茶多酚是茶叶中多酚类化合物的总称，在茶叶的药效中起主导作用。其中儿茶素类化合物是最重要的一类结构复杂的化合物。茶多酚在茶叶中的含量因茶叶的种类不同而有所差异。在各大茶类中，茶多酚含量排序为：绿茶>乌龙茶>红茶。绿茶中儿茶素含量最高；发酵类茶中（如红茶、黑茶、乌龙茶），在加工过程中儿茶素被氧化聚合成茶黄素、茶红素、茶褐素等一系列有色化合物，这些化合物对红茶品质和汤色有重要关系，因此在红茶的理化评审中，常采用茶黄素和茶红素含量及两者比率作为红茶的品质指标。绿茶饮用时的收敛性味觉就是由儿茶素类化合物决定的。

1.2.3 蛋白质和氨基酸

蛋白质和氨基酸都是茶叶中含氮的化合物，在茶叶中蛋白质含量在20%以上，但大部分不溶于水，只有3.5%可溶于水，对营养的贡献不大，但对红茶的发酵有密切关系。氨基酸占茶叶干质量的1%~5%，绿茶高于红茶，级别高的茶中氨基酸含量也高。茶叶中氨基酸的种类已发现有28种，如茶氨酸、精氨酸、天门冬氨酸、谷氨酸等。

其中茶氨酸的含量非常高，占氨基酸含量的一半。茶氨酸是茶树所特有的一种氨基酸，其它植物均未发现。因此茶氨酸是用以检验茶树树种和茶叶真伪的化学指标。氨基酸具有很高的水溶解度，使茶汤具有明显的鲜爽甘甜滋味。人体必需的基本氨基酸，茶叶中几乎都有。

1.2.4 碳水化合物

茶叶中碳水化合物含量很高，约占干质量的25%~30%，但大多数是水不溶性的多糖类化合物，如淀粉、纤维素、半纤维素、木质素等。能被沸水泡出来的糖类数量较少，因此茶叶是一种低热量的饮料。水溶性游离糖的种类是葡萄糖、果糖、甘露糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖等单糖，含量为干质量的0.3%~1.0%。还有一些双糖如麦芽糖、蔗糖、乳糖、棉籽糖等，含量为0.5%~3.0%。这些单糖和双糖是茶汤中甜味的主要贡献物质；20世纪80年代末发现茶叶中的复合多糖具有降血糖和抗糖尿病的功效。茶叶中的脂多糖是脂和多糖结合在一起的大分子复合物，具有抗辐射效果，同时也有改善造血功能保护血象效果，在我国为癌症患者辐射治疗后，用作升高白血球的辅助药物。

1.2.5 维生素

茶叶（特别是绿茶）中富含各种维生素，所以饮茶是人体所需维生素的极好来源。

1.2.6 有机酸

茶树芽叶中有多种游离的有机酸，如草酸、苹果酸、柠檬酸、异柠檬酸、金鸡纳酸等，有机酸的含量和组成与茶叶的香气有关。

1.2.7 芳香物质

茶叶中的芳香物质是指挥发性香气成分，如茉莉花素、紫罗兰酮等。一杯清香弥漫的热茶令人心旷神怡，其中所含的芳香物质虽然总量不多，只占茶叶总干质量的0.005%~0.03%，但它的种类却多达500多种。绿茶中以醇类、碳氢化合物、酮类化合物居多；红茶中以醇类、醛类、酮类、酯类化合物居多；乌龙茶则以醇类、醛类、酮类化合物居多。不同类别和不同含量的各种化合物相互配合和作用就构成

了各种独特的茶类香气。所以我们在饮茶时感觉的香气并非仅是某一种香气成分，而是数以百计的香气化合物以一定比例混合而产生的。

1.2.8 皂苷类化合物

皂苷类化合物在茶叶中的含量约为 0.07%，它与绿茶中的鲜爽味以及泡茶时的起泡性有关。药理学研究表明这类化合物具有抗炎症、抗癌、杀菌等活性。茶籽中的皂苷类化合物和茶叶中的组成不同，其含量约为 0.3%，是一种很好的表面活性剂，现已开发用于洗发香波、对虾保护剂等多种用途。

1.2.9 色素

色素在茶叶中的含量约为 0.6%~1%，种类较多，其中叶绿素是茶叶利用光能进行光合作用，以维持茶树正常生长的物质。 β 胡萝卜素是一种对人体健康有益的化合物。

1.2.10 脂质

茶叶芽中通常含脂质 4%~5%，这类化合物种类较多，它和茶叶片的生理功能和茶树的抗虫性有关。

参 考 文 献

- [1] 简明不列颠百科全书. 北京: 中国大百科全书出版社, 1985: 207.
- [2] 方元超, 赵晋府. 茶饮料生产技术. 第一版. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 8-22.
- [3] 陈宗懋主编, 中国茶经. 第一版. 上海: 上海文化出版社, 1992.
- [4] 方元超, 赵晋府. 茶饮料生产技术. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 2-6.
- [5] 顾洪斌. 历史悠久的祖国茶文化. 中国老年保健, 1994, (1). 28-29.
- [6] 朱永兴, Hervé Huang 等. 茶与健康. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 2.
- [7] 回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯等. 绿茶化学成分的研究. 鞍山师范学院学报, 2002, 4 (1): 54-57.
- [8] 李凯年. 茶叶化学成分含量及其对人体的影响. 中国食物与营养, 2004, 9: 44-45.
- [9] 陈睿. 茶叶功能性成分的化学组成及应用. 安徽农业科学, 2004, 32 (5): 1031-1036.
- [10] 边世平. 茶叶的化学成分及其保健作用. 青海大学学报 (自然科学版), 2004, 22 (4): 64-65.
- [11] 杜继爆等. 茶叶的主要化学成分. 农业与技术, 2003, 23 (1): 54-56.
- [12] 金人海等. 茶与化学. 化学教育, 2001, (9): 1-4.