

# 茶 叶 化 学

顾 谦 陆锦时 叶宝存 编著

中国科学技术大学出版社

2002 · 合肥

图书在版编目 ( CIP ) 数据

茶叶化学/顾谦等编著. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.9

ISBN 7-312-01479-8

. 茶... . 顾... . 茶叶-化学成分-高等学校-教材  
. S571.1 TS272

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2002 ) 第 062907 号

中国科学技术大学出版社出版发行

( 安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮编: 230026 )

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 850 × 1168/32 印张: 12.125 字数: 300 千

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—3 000 册

ISBN 7-312-01479-8/O · 267 定价: 20.00 元

## 安徽农业大学茶学博士点简介

安徽农业大学茶学学科前身为复旦大学茶叶专修科，始建于1939年，是全国创办最早的茶学专业。1952年全国院系调整时由上海迁入安徽。六十多年来，在著名茶学教育家陈椽教授、王泽农教授的带领下，经过几代茶人的共同奋斗，在教育和科研等方面均取得巨大成就，已形成集茶树育种、茶树栽培、茶叶加工与综合利用、茶叶经贸和茶文化于一体，具有我国特色的传统优势学科。1996年茶学学科被确定为安徽省高校首批重点学科。1997年学科所属茶叶生物技术重点实验室被批准为全国高校茶学专业中唯一的农业部重点开放实验室。1999年茶学学科被认定为农业部重点学科。1995年、2000年分别成立了茶叶科学研究所和中华茶文化研究所。

学科现有教授6人，副教授14人，高级实验师和副研究员4人，具有博士学位人员6人。近年来共承担国家自然科学基金项目、国家攀登计划、农业部948国际重大技术引进项目、教育部重点项目、科技部农业产业化项目、国际合作课题、省科技攻关项目等重大课题三十多项，课题经费充足，仪器设备先进，研究条件优越。

1981年经国务院学位委员会批准为全国首批茶学硕士点。1998年被批准为茶学博士点。现有博士生导师6人，在读博士生16人。设有4个主要研究方向：1) 茶叶生物化学；2) 制茶工程；3) 茶叶生物技术；4) 茶叶农残研究。茶学博士点每年分春、秋两次面向全国招生，并推荐品学兼优的硕士研究生实行“2+3”硕博连读，同时还招收一定数量的硕士、博士、硕博连读定向生及委培生。目前正与美国新泽西州立大学、美国俄亥俄州医学院、安徽安科生物工程股份有限公司联合培养博士研究生，并加强与美、英、日、澳等国及国内高校和研究所进行深层次合作研究。

热诚欢迎全国茶学专业及相关专业考生报考安徽农业大学茶学专业博士研究生（详情请查看 [www.ahau.edu.cn/chaye](http://www.ahau.edu.cn/chaye)）。

# 前 言

编著《茶叶化学》是陈椽教授生前未能实现的心愿。他在创建“制茶学”、“茶树栽培学”、“茶叶检验学”、“茶史学”和“茶叶经济学”等五个独立茶叶学科后，一直在潜心积累资料，准备编著这本书。改革开放后，我国的科技事业突飞猛进，茶叶化学研究和实践亦发展很快，高新技术得到较为广泛的应用，陈先生认为极需总结和提高，以适应时代的发展和经济建设的要求，以利于进一步指导茶叶生产和科研，必须尽快编著出版这本教材。但是，在他步入九十高龄之后，感到年事已高，体力和精力有限，自己亲自编写这本书，深感力不从心。于是，在1998年他老人家把这一重任委托给我们，并亲自召集我们相聚合肥座谈讨论，制订编写大纲，帮助修改审定，倾注了大量的心血。然而，在初稿尚未完成时，陈先生与世长辞，和我们永别了！他老人家未能看到该书出版，我们感到非常的内疚和遗憾。经过我们的共同努力，在多方的支持帮助下，完成了写作，筹足了费用，本书终于出版了！这是我们对陈先生在天之灵的安慰，也了却了我们的一大心愿。

本书共分绪论、一到十章内容。其中绪论、第一、二、三、四、十章由安徽农业大学顾谦副教授负责编写；第五、八、九章由重庆市茶叶研究所所长陆锦时研究员编写；第六、七章由福建农业大学叶宝存副教授编写。安徽广播电视大学严洁副教授和顾谦副教授负责全书的编审校阅。全书内容紧密联系茶叶生产与研究，资料较为翔实，可供茶叶科技和生产工业者参考，亦可作为茶学专业教材使用，同时也是茶叶爱好者的良师益友。

本书在编写出版过程中，得到安徽农业大学副校长岳永德教授、副校长宛小春教授、安徽农业大学轻工业学院院长夏涛教授和深圳通远通讯技术有限公司李剑平先生的关心和支持；安徽农业大学的林鹤松教授、莫惠琴副教授给予了热情的帮助和指导；安徽省东至县农业局、洋湖镇的有关领导给予了热情支持，在此，我们表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，本书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2002年6月





第三节	茶的药用.....	( 359 )
第四节	茶的工业再利用化学.....	( 363 )

# 绪 论

## 一、茶叶化学研究内容和任务

茶叶化学研究可以分为三大部分：一、探讨鲜叶中所含化学成分，研究各化学成分的分析方法，以及研究制茶和贮运过程中的化学问题，二、研究科学的制茶技术措施引起内在成分的转变，有利于品质提高，三、茶叶中重要化学成分的综合利用，满足人们生活的需要。

鲜叶质量的好坏是决定茶叶品质好坏的物质基础，在人们生活质量不断提高的今天，健康长寿是人们的渴求，无公害的绿色食品深受青睐。对鲜叶质量要求除了新鲜匀净以外，还要求无公害。农药残留、多环芳香烃类残留、重金属残留等都要符合国内国际允许残留标准。茶叶品质好坏还取决于制茶技术措施是否科学合理。制茶技术是外因条件引起鲜叶内在化学成分的转化，如果忽视研究制茶过程中化学变化规律，优良的鲜叶内质就不能发挥其有利的经济价值。故优良的鲜叶必须配以科学合理的制茶技术，以促使原料中各内含成分“合理协调”、“充分发挥”，才能制成各种品质不同的茶叶，红茶是“红汤红叶”、绿茶是“清汤绿叶”、青茶是“绿叶红边”、黄茶是“黄汤黄叶”、白茶是“绿叶红筋”。

随着改革开放的深入和市场经济的发展，人们的生活水平和生活质量有了很大的提高，保健意识不断增强，随之消费观念与消费行为也发生了很大的变化。对食品和饮料要求营养、保健、食味、外观俱佳。食品结构变化，必然引起农业结构变革，无论是种植业和加工业都必须向绿色、无公害方向发展。茶叶自古以来被人们誉

为“有百利而无一害”的食品，然而，在科技不断进步的今天有些茶叶也越来越不安全了，面临着工业发展对环境带来污染的威胁，高农药残留、高重金属污染等也在危害着人们的健康。在新世纪里，茶树种植业应以保护生态环境为主要目标来精耕细作。茶园管理应以高产优质与结合保护茶园生态平衡为主要任务。茶叶加工、包装、运输、贮藏应有符合环保要求，使用无污染的器俱和设备。大力发展有机茶、绿色食品茶、无公害茶，已成为当前茶叶出口和内销中重要工作，必须予以高度重视。

20世纪80年代以来，高新科技深入到各行各业、各系统、各领域，茶业的生产、科技也不例外，大大地推动并促进了茶叶事业发展。不断总结成功的、先进的、科学的经验和方法，进一步提高茶叶的经济价值和社会效益、保护大自然生态平衡，提高人们的健康水平，这是研究茶叶的最终目的，也是茶叶科技工作者的最终目的。

## 二、茶叶化学与其他学科的关系

茶叶化学研究的对象是以茶叶为主体的化学问题。对它的研究离不开无机化学、有机化学、分析化学、生物化学和物理化学等学科，是一门多学科的交叉学科。

化学是研究物质的组成、结构、性质、化学变化及其变化过程中伴随的能量转化关系的科学。化学在工业、农业和国民经济中占有重要地位，尤其对高新技术的发展起着极为重要的作用。19世纪，化学就分为无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四大分支。随着生产和科技的发展，每个分支又形成相对独立的学科。

无机化学是化学学科中第一门化学基础课。主要研究化学元素的基本知识，化学反应的基本原理，物质结构的基础理论，系统地定量地讨论化学基本概念，从物质微观结构认识电子结构与原子性质之间的关系。它是后继各化学课程的必要基础课。有机

化学是研究有机化合物的科学。有机化合物与我们生活息息相关，其种类比无机化合物多。有机化学主要研究有机化合物分类，分子结构的基本理论，理化性质及化学反应的机理和规律。是生物学、医学、农学、茶学、药学等学科的基础理论课。茶叶中含有94%以上干物质，6%以下水分。其中干物质中只有4%左右为无机化合物，其余均为有机化合物。茶叶中各种内含物质变化均以有机化合物为中心而发生的，例如茶叶加工中淀粉水解、糖类转化、香气形成，多酚类物质氧化，维生素破坏等。因此，有机化学为学习和研究茶叶化学提供了理论依据。分析化学是研究一切化学物质的分析方法和剖析化学分析的有关理论科学，通过它，可以帮助和加深人们对大自然的认识，通过它，可以认识物质的变化规律。茶叶品质的检测、制茶过程和鲜叶中内在物质的变化规律和适制性的探索、运输、贮藏中的劣变防止、绿色食品茶的研制及农残和重金属残留的检测等都以分析化学的理论和方法为依据而进行的。物理化学是研究物质的化学形式和物理运动形式之间的相互关系，通过它进一步掌握化学变化的规律。化学反应的发生总与某种物理效应相联系，例如：热效应、力效应、光效应等。另一方面，某种物理因素的改变，如温度、压力、浓度等都能引起各种化学反应的形式和化学反应速度的改变。物质的物理运动形态和化学变化形式总是密切地相互联系在一起，因此调节和控制外界因素是可以调节和影响化学反应速度的。在制茶过程中，温度和力的作用在每一个工序上都会发生，热物理作用导致一系列化学变化，例如加温失水而引起酶蛋白的变性、肽链展开而暴露出排斥水分子的疏水基，致使水分子在加热中气化，带走鲜叶中的青草气味等低沸点物质，使有利茶香的高沸点香气得以透露。同时，热物理作用，使水中 $H^+$ 和 $OH^-$ 因 $H_2O$ 离解加速而增多，且运动速度加快，大大加速了各种化学反应的进行。又如糖苷键的水解、糠醛类（新鲜的裸麦面包香）、吡嗪类（令人愉快的香气）物质的形成，多酚类的转化等都与热物理作用有关。

热物理作用还能产生异构作用，形成带香物质顺-3-己烯醇异构为反-3-己烯醇等。制茶过程中的化学动力学是十分复杂的问题，属于复杂反应和连锁反应类型，迄今为止，完全弄清楚反应机理的为数甚少。近年，由于激光技术的应用，已经开始用实验数据来推动化学反应理论发展。现在，化学动力学正处在创新研究阶段正处在运用量子化学成果来研究化学反应速度和机理的蓬勃发展阶段，可以预料，在不久的将来，人们完全可以根据自己的意愿来调节和控制化学反应速度。生物化学是研究生命的科学，主要研究和深入了解组成生物体的物质以及由生物体所产生的物质的化学组成、结构、性质、功能，研究这些物质在生物体内的合成和转化。鲜叶内含物质含量和组成状况，是构成茶叶品质的物质基础。学习并了解鲜叶内含物在茶树机体内代谢状况及栽培田间管理对这些物质形成的影响，是十分重要的。同时，只有对鲜叶中各重要物质的组成、结构、性质进行剖析、研究，才能采用科学合理的加工方法，制出色香味俱佳的优质茶叶。生物化学是学习茶叶化学的重要基础理论课。

茶学专业的专业课程主要分为栽培育种系统、茶叶初精加工系统和经济贸易系统三大部分。其中栽培育种系统主要是茶树生物学、茶园垦植、良种选育和繁殖田间管理、病虫害防治，使茶园生态环境符合环保要求，产出无污染的高产优质鲜叶。茶叶初精制加工系统有制茶工艺、茶叶审评和检验，茶叶机械、茶叶深加工、茶叶包装和贮藏等，按不同鲜叶、原料制成各具特色、风格各异的茶类并提供深加工理论基础。在茶叶贸易过程中茶叶化学知识对茶叶按质论价、顺利促销，提高经济效益，起着非常重要的作用。

编写茶叶化学是总结和提高我国六大茶类的生产和科研水平，并上升到理论，以达到科学种茶、制茶，提高茶叶品质经济效益的目的。

# 第一章 茶叶物理性状与化学成分的关系

## 第一节 环境—形态结构—茶叶品质

生命从诞生起就依赖于环境，也不断地影响着环境。生物和环境之间互为复杂的交互作用，通过自然选择，相辅进化而逐步形成了一个相对稳定的生态系统，在这系统中，牵一发而动全身，任何不符合其规律的变化或干扰都会造成生态平衡的恶化，甚至威胁人类的生活和生存。可是在近代，随着人们开拓活动的急剧发展，在历史长河中建立起来的生态系统正在受到挑战，地球的一些地区生态平衡已开始受到破坏和恶化，这种趋势如不加以控制和调整，其结果将是灾难性的，因而对生态问题的研究，是今天受到人们日益关注的重要问题。

在特定的环境中，一种生物的存在和繁衍是受大自然环境的制约的。例如气候因素包括温度、光照、湿度和季节的变化；土壤因素包括植物从土壤中摄取所需要的矿质营养元素。同时，也面临着土壤中重金属，过度盐分和其他有害离子的威胁，也可能要经历矿质营养短缺而引起体内生化上的困境；人为因素包括环境排放的各种污染物、农药制剂、化肥等有毒物质的影响。生物体为了生存、就要力求使自己适应于这种变化，即或者充分利用有利于本身的生长条件，或者生物体本身在形态结构或生理生化

上产出一定变化，来增强抗御能力和抵抗不利条件，这称做为适应，亦即凡有利于维持生存的形态特征和结构、生理变化，能渐渐地遗传给后代，一代一代繁衍下来。对外界环境条件不适应的种种特征，则一齐淘汰，适应是自然选择的结果。

植物既受环境条件的制约，又影响和保护着生态环境，例植物能阻拦和吸收地表经流、有效地降低经流的流速和流量，从而削弱了对土壤侵蚀，有利于水土保持、防止水土流失。植物也能在干旱季节不断从地下和地被物中向河流输出泉水，使河流不致于枯竭，防止土壤沙化。植物又能蓄积降水，防止山洪和河流暴涨、预防各种水灾害。成片森林能阻拦气流，降低风速，调节降水，固定河沙，改良土壤结构、增加土壤肥力等。植物对生态环境有着极重要的作用，是任何其他生物都不可替代的。故植物又是大自然生态环境的卫士。植物与生态环境之间的科学研究的深入将开辟人类对自然认识的新境界。

茶树生长发育需要一定的环境条件。环境中每个因子包括光照、温度、空气、水分、土壤等都影响着茶树生育。

茶树对环境因子的适应性，不但表现在树型、叶形和叶的柔软度等物理性状上，也表现在内含物质发生变化。例如抗干旱品种中脱落酸含量增加，耐湿潮性品种中的苹果酸和乳酸含量增加，耐低温品种中的甘油、山梨醇、甘露醇的增加，耐硒品种中的含硒非蛋白质氨基酸（含硒同型半胱氨酸）的增加等等。长期的自然选择，使茶树机体内含物质变化而产生适应性，这些物质是茶树机体内的次生化学物质，它是生命中的活性物质，代表其特征之一。对植物与周围环境因素所产生的形态结构上和生理生化上的适应的研究，近代已引起人们很大的关注，这种研究有助于抗逆品种和优良品种的选育，有助于环境污染的解决，有助于生态环境的改善，有助于作物的产量和品质的提高，有助于既控制了植物的病虫害、又不破坏生态平衡。

茶树长期受生态环境的影响，适应了热带、亚热带、温带的

气候条件，喜雨量充沛、酸性土壤，是一种耐荫的阳生植物。它的叶子形态结构有了适应性，叶子是典型的腹背叶，叶片扁平，曝光面积大，适应于充分光合作用，其枝叶浓密，枝条着生位置较低，叶片叶绿素含量较高，叶绿素 a: 叶绿 b 约为 1.5:1，是长期以漫射光为主的荫蔽条件下光合作用的结果。

不同的地域（热带、亚热带、温带）有不同的光照时间、光照强度和光质，故形成了各种不同树型、叶形和内质。在热带和亚热带，都以大叶型叶为主，在温带，以中小叶型为主。大叶型叶子角质层厚度约为  $2\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ ，通常只有一层栅栏细胞，其栅栏组织：海绵组织约等于 1:2。中小叶种叶子角质层厚度在  $4\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ ，其栅栏组织细胞有 2~3 层，栅栏组织：海绵组织为 1:1，表皮细胞的厚度与茶树的抗旱、抗寒等抗逆性有密切关系。茶树如若在遮荫条件下，就以增加叶绿素数量的形式来适应环境，充分进行光合作用；为了安置较大数量的叶绿素，叶绿体表面积就扩大，呈现比同体积的球形表面还要大的圆柱形，结果使细胞壁呈现褶皱状向外突出，于是各细胞周围大部分形成细胞间隙，茶树用此形式来增加与阳光和空气的接触面积，高效能地执行着光合作用，以适应荫蔽条件下生长发育所需要。这种形式安置叶绿素，呈现叶质柔软并有泡状隆起，且腹面比背面更加明显，茶树的这种适应性所表现出的物理性状，正是优质鲜叶的标志，于是遮荫便成了一项重要的栽培技术措施。

再视其环境与叶子结构和内含成分之间的关系：据严学成研究<sup>[1]</sup>，茶树叶片中的栅栏组织中主要含化学物质是色素（叶绿素）和类脂。海绵组织中主要含有较高量的多酚类物质。一般温带气候因其光照相对热带和亚热带弱，其茶树叶子是中小叶种，中小叶种叶子栅栏组织含有 2~3 层细胞，故其色素含量高，类脂含量也较高，多酚类物质含量较低，这种品种适宜制绿茶，品质特点为色绿、香高、味醇，是优质绿茶的标志。大叶型品种其栅栏组织只有一层细胞，海绵组织较厚，栅栏组织：海绵组织为 1:2，这

种叶子叶绿素含量稍低，类脂物质较低，多酚类含量较高，适宜制红茶，达到红茶的浓、强、鲜标准。我国南方（海南、广东、云南）生产红茶，长江流域生产绿茶，乃是自然选择的结果。祁门红茶是由祁门诸叶种等中、小型叶子组成的，具有其独特的香气，深受世人青睐。不同气候条件形成不同茶种品种，不同品种茶树，其叶子物理性状和化学性状都有不同特点。研究茶树叶子的适制性，是提高茶叶品质的重要环节。

## 第二节 茶叶的吸水吸异作用和溶湿特性

茶叶的吸湿吸异性很强，在吸附空气中水分的同时，其他异味气体也随着水汽被茶叶吸附。单从茶叶吸湿现象来看，对茶叶品质不利，易造成因吸湿而产生的劣变和霉变，但究其机理，正是利用这一特性应用于茶叶深加工，大大提高茶叶的经济效益。在窈制花茶、加工其他速溶调饮茶，制除臭剂、除腥剂，治理污水过程中作重金属和废气吸附剂等。故茶叶的吸水吸异的机理及其应用已深受人们的关注。

物质表现有吸附能力，是由于两相边界的分子处在特殊状态。物质相内部分子间是具有强烈的吸引力的，其吸附能力的大小，是视其相邻原子间的化学键引力和分子之间范德华引力（所谓范德华引力，它包括极性分子的偶极矩间的引力，极性分子与非极性分子间的作用力，非极性分子间的吸引力。一般没有方向和饱和性的）的总和，而在两相边界上的分子所受的吸引力则不同，如果吸引相边界分子的吸引力的合力是向该相的内部，则相表面表现出收缩能力，便能吸引与它相接触的另一相中的分子，表现出有吸附能力，这是由于内聚力显现的结果。在吸附过程中，吸附质的数量随着吸附剂表面的增大而增大的。因此，为了达到更大的吸附效应，必须尽可能地增大吸附剂的表面，换句话说，具

有极大表面积的物质，才能引起良好的吸附作用。物理吸附常可使吸附剂的表面被吸附质分子完全地多层地掩盖着。物理吸附的活化能很小，故吸附和解吸都在较短的时间内进行的。物理吸附是无选择的，其分子内部不起作用，完全是可逆的，受温度和压力的变化而变化的，即加热和减压可以解吸。一般情况下，在低温和常温下，以物理吸附占主要地位。

茶叶的吸水和吸异作用有以下三种形式：在低温和常温下是以物理吸附和渗透二种形式来进行，在较高温度下以化学吸附为主。茶叶的吸附能力决定于单位表面积的大小，而单位表面积的大小又决定于茶叶叶片的结构、孔隙性状与数量及其分布状况而定。凡表面不均匀的，孔隙多、孔隙率大的，其单位面积也大，吸附能力就强。孔隙的性状对吸附过程也有很大的影响，孔隙粗大的单位表面积小，在孔壁上吸附量也少，故粗大孔隙对被吸附质分子只起通导的作用。细小孔隙能使被吸附质在狭窄的孔隙中容易聚集，且孔隙愈小，液表面的凹度愈大，蒸汽压降低愈多，与平面蒸汽压相差愈大，其吸附作用就愈强。

茶叶表面因孔隙大小不一致，孔隙分布不均匀，孔隙率不等，而具有不同的吸附作用，这些因素都决定于叶质的老嫩和制茶的种类。一般来讲，叶质嫩的，其表面气孔和内部孔隙多而小，吸附能力就强。叶质老的，表面气孔和内部孔隙少而大，吸附力就弱。就其吸附速度来讲，嫩叶孔隙小而多，吸附速度慢。老叶孔隙大，吸附速度就快。制茶种类不同其吸附作用也不同，烘青茶叶（包括毛峰类），其吸附作用较强，炒青茶（包括龙井茶）吸附作用较弱，原因是炒青类茶叶在较长时间炒干过程中，茶灰末堵塞了孔隙，大大降低了炒青绿茶的吸附能力。故一般窰制花茶均取烘青茶叶为茶坯。除此以外，茶叶含水量高低也影响茶叶的吸附能力。一般来讲茶叶含水量多，其孔隙内被水充塞满，其孔隙率就降低，则吸附能力也降低，茶叶含水量以在5%时，茶叶的吸附能力最强。当茶叶含水量达到18%~20%时，其吸附作用等