

全国高等农业院校试用教材

茶叶生物化学

安徽农学院主编

茶叶专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

茶叶生物化学

安徽农学院主编

茶叶专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

茶叶生物化学

安徽农学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 18 印张 387 千字
1980 年 2 月第 1 版 1980 年 2 月北京第 1 次印刷
印数 1—5,500 册

统一书号 16144·2002 定价 1.90 元

主 编 安徽农学院 王泽农
编写人 安徽农学院 王泽农
浙江农业大学 汪琢成
安徽农学院 萧伟祥
湖南农学院 朱尚同
安徽农学院 谢晓凤
浙江农业大学 徐梅生
安徽农学院 林鹤松
华南农学院 王汉生
浙江农业大学 周静舒
西南农学院 陈宗道

前 言

《茶叶生物化学》是茶叶专业的专业基础课程，本课程是在学习植物生理学及生物化学的一般理论的基础上，结合茶的生物学特性和茶叶生产实际，进一步阐明茶叶中特有成分的形成与转化，说明这些成分的生物合成、变化与茶叶体内二级代谢途径的特殊关系，结合讲授茶叶优良品质形成的生物化学一般机转过程。

本书除绪论外原定共十章。其中第一章原为“茶树体内物质的基本代谢”，由西南农学院陈宗道同志编写。最初的设想是在这一章中要概括地复习先行课程，并为承上启下讲好本课程提供理论基础。通过编写实践和集体审稿讨论，认为这样编写会造成与植物生理生化不必要的重复。决定将这一章删去，并与原第七章“环境条件对茶叶物质代谢的影响”合并，作为现在本书的第一章。

现在，本书除绪论外，还有九章。绪论和第九章“茶叶主要成分的药理功能”，由安徽农学院王泽农同志编写。第一章“茶树的物质代谢”，由浙江农业大学汪琢成同志编写。第二章“茶叶中多酚类物质及其代谢”，由安徽农学院萧伟祥同志编写。第三章“茶树中的氨基酸及植物氨基酸代谢”，由湖南农学院朱尚同同志编写。第四章“茶叶中嘌呤碱及其代谢”，由安徽农学院谢晓凤同志编写。第五章“茶叶中芳香物质及其代谢”，由浙江农业大学徐梅生同志编写。第六章“茶叶中色素及其代谢”，由安徽农学院林鹤松同志编写。第七章“红茶制造生物化学”，由华南农学院王汉生同志编写。第八章“绿茶制造的化学变化”，由浙江农业大学周静舒同志编写。

本书由安徽农学院王泽农同志主编。

在编辑过程中，中国农业科学院茶叶研究所阮宇成同志、湖南省茶叶研究所彭继光同志、四川农学院端木道同志、福建农学院叶明志同志、安徽劳动大学顾谦同志、云南农业大学何自珍同志、广西农学院梁启祥、陈燕玲同志、安徽农学院黄继轸同志参加审查讨论。由于同志们的认真负责，对教材的修改和补充，提出极其重要的意见。

本书在编写过程中，安徽农学院和湖南农学院党委及其他有关院校领导的关怀和直接领导下，经过参加编写同志的努力，在编写、修改、定稿等方面，做了不少工作。特别是中国农业科学院茶叶研究所领导和有关同志的热情帮助，对审编、定稿工作，提供了非常有利的条件。

对此表示衷心的感谢。

1979年1月

目 录

绪论	1
第一章 茶树的物质代谢	6
第一节 茶叶主要化学成分概述	6
一、多酚类(6) 二、氨基酸和蛋白质(7) 三、芳香物质(7) 四、生物碱(7)	
五、糖类化合物(8) 六、茶叶色素(8) 七、茶叶游离有机酸(9) 八、维生素类	
和酶(9) 九、茶叶的无机成分(9) 十、化学成分与品质(10)	
第二节 茶树主要物质代谢的相互关系	13
一、蛋白质、糖及脂肪代谢的相互关系(13) 二、三大成分代谢与二级代谢产物的相互关系	
(13)	
第三节 光照条件对茶树物质代谢的影响	15
一、光照在茶树物质代谢中的作用(16) 二、光照对茶树碳-氮代谢的作用(18)	
第四节 物候气温对茶树物质代谢的作用	26
一、物候温度对糖、多酚类代谢的影响(26) 二、物候、气温对含氮物质代谢的影响(29)	
第五节 水分在茶树物质代谢中的作用	35
一、水分对糖、多酚类代谢的影响(35) 二、水分对含氮化合物代谢的影响(38)	
三、灌溉与高产优质(39)	
第六节 地理因素和农业技术措施对茶树物质代谢的影响	40
一、纬度与茶叶化学成分(40) 二、海拔高度对茶叶化学成分的影响(41) 三、肥料对	
茶叶化学成分的影响(42) 四、土壤理化特性与肥料性状对茶叶化学成分的影响(44)	
第二章 茶树中多酚类物质及其代谢	48
第一节 茶叶中多酚类的组成	48
一、茶叶中黄烷醇类化合物(48) 二、茶叶中羟基-[4]-黄烷醇化合物(53) 三、茶叶中花	
色苷及其苷元(54) 四、茶叶中黄酮苷类化合物(54) 五、茶叶中黄酮醇类化合物(54)	
六、茶叶中酚酸类化合物(56)	
第二节 茶叶中多酚类的性质和分析研究方法	57
一、类黄酮物质的性质和颜色反应(57) 二、茶叶中类黄酮物质的光谱分析(59) 三、茶叶	
中酚类衍生物的层析法分析研究(62)	
第三节 茶树体内多酚类的形成与转化	63
一、黄烷醇类在茶树体内的形成(63) 二、茶叶中黄烷醇类的生物合成途径(64)	
第四节 多酚类在茶树呼吸代谢中的作用	69
一、多酚类的生物氧化过程(69) 二、黄烷醇类化合物的氧化还原电位次序(70) 三、茶叶	
中的多酚氧化酶(71)	
第五节 黄烷醇类化合物在茶树新梢中的分布	72
第三章 茶树中的氨基酸和植物氨基酸代谢	78
第一节 茶树中氨基酸的种类及分布	78
一、茶树中氨基酸的种类(78) 二、氨基酸在茶树中的分布(81) 三、关于茶树中氨基	

酸的研究及有关方法的评述 (83)	
第二节 氨基酸的代谢	84
一、植物中氨基酸的合成 (84)	
二、氨基酸的降解和转化 (90)	
第三节 关于茶树中氨基酸的积累	95
一、氮素供应与氨基酸的积累 (95)	
二、季节与营养分配中心 (98)	
第四章 茶叶中嘌呤碱及其代谢	101
第一节 茶叶中嘌呤碱的种类、结构和性质	101
一、茶叶中嘌呤碱的理化性质 (102)	
二、关于茶树中咖啡碱的研究概况 (104)	
第二节 茶树体内咖啡碱的生物合成	105
一、嘌呤的来源 (106)	
二、嘌呤甲基化 (111)	
三、合成途径 (114)	
第三节 咖啡碱在茶树生长发育中的动态	114
一、咖啡碱在茶树体内的分布 (114)	
二、不同外界条件下咖啡碱的变化动态 (115)	
三、不同品种咖啡碱的变化动态 (117)	
第五章 茶叶中芳香物质及其代谢	120
第一节 茶叶中芳香物质的组成及其理化性质	121
一、茶叶中芳香物质的组成及其性质 (121)	
二、茶叶中芳香物质的研究现状和方法 (128)	
第二节 茶叶中芳香物质的代谢和转化	130
一、香气成分的生物合合作用 (130)	
二、茶叶香气物质的生物合成 (130)	
三、茶叶制造中芳香物质的转化与形成 (133)	
四、香气成分差别研究探讨的介绍 (138)	
五、嫩度之间的差异 (142)	
第三节 香花中芳香物质的组成及其窖制中的生化基础	142
一、茉莉、珠兰芳香物质的组成及性质 (142)	
二、窖制中的生化基础 (145)	
第六章 茶叶中色素及其代谢	156
第一节 茶叶中酯溶性色素	156
一、叶绿素的结构及其性质 (157)	
二、叶绿素的生物合成和转化 (159)	
三、类胡萝卜素的	
结构及其性质 (165)	
四、类胡萝卜素的形成与转化 (169)	
五、茶叶中酯溶性色素的研究方法 (171)	
第二节 茶叶中水溶性色素	172
一、花黄素的种类和性质 (172)	
二、花色素的种类和性质 (177)	
三、茶叶中水溶性色素的研究分析法 (180)	
第三节 茶叶中色素在生长发育中的动态	180
第七章 红茶制造生物化学	185
第一节 酶在红茶制造过程中的作用	185
一、红茶制造过程中酶活性的变化 (185)	
二、红茶制造中影响酶作用的重要因素 (190)	
第二节 多酚类物质与红茶制造的关系	194
一、多酚类物质在红茶制造中的变化 (194)	
二、多酚类物质的变化与红茶品质的关系 (212)	
第三节 芳香物质在红茶制造中的变化与红茶香气	220
第四节 糖类物质和含氮化合物与红茶制造的关系	228
一、单糖和双糖在红茶制造中的变化 (228)	
二、多糖类在红茶制造中的变化 (229)	
三、蛋白质、氨基酸在红茶制造中的变化 (232)	
四、叶绿素、咖啡碱在红茶制造中的变化 (236)	
第八章 绿茶制造的化学变化	242
第一节 绿茶制造对酶活性的纯化	242

第二节 绿茶制造中的化学变化	246
一、绿茶初制中的脱水作用 (247) 二、绿茶初制中的水解作用 (249) 三、绿茶初制中的 取代作用 (254) 四、绿茶初制中的互变异构作用 (255) 五、绿茶初制中的氧化还原作用 (257)	
第三节 化学成分与绿茶品质关系	259
第九章 茶叶主要成分的药理功能	265
第一节 饮茶对防治疾病的效能	267
一、饮茶止渴、解热、消暑 (267) 二、饮茶助消化, 促进食物吸收和新陈代谢的正常进行 (268)	
三、饮茶兴奋神经中枢, 消减疲劳, 少睡, 益思 (269) 四、饮茶能解毒、对抗药物的麻醉和毒 害 (270) 五、饮茶能利尿, 增强肾脏的排泄功能 (271) 六、饮茶可预防坏血病, 治疗维 生素C缺乏症 (271) 七、饮茶可治疗糖尿病, 调整糖代谢 (272) 八、饮茶能明目, 治疗 眼科疾病 (273) 九、饮茶能治高血压, 抑制动脉粥样硬化, 防治冠心病 (273) 十、饮茶 能抵抗放射性伤害, 防治放射性病变 (275)	
第二节 茶叶药用及其功能	276
一、茶叶方剂及其功能 (276) 二、茶叶药用成分的抽提和纯化 (277) 三、茶叶成药及其 功能 (278)	
附表	
茶叶中主要多酚类物质成分名称	75
茶叶中主要氨基酸及其合成先质	99
茶叶中嘌呤碱及其合成先质	118
茶叶中香气组成成分	147
茶叶中色素及其合成先质	183

绪 论

茶叶生物化学是生物化学渗透到栽茶、制茶等茶叶学科以后形成的一门茶叶专业基础理论学科。它是在党的领导下建设社会主义新茶园，茶厂从事茶叶生产和科学研究所取得的技术资料有关生物化学的总结，同时又为指导茶叶生产和科学实验提供生物化学方面的理论依据，并进一步通过茶叶生产实践和科研实践的检验和补充，从而丰富和发展茶叶生物化学理论。它为学习和研究茶叶科学打好生化方面的理论基础。

一、研究茶叶生物化学的意义

茶叶生物化学的任务在于研究茶叶内在物质成分及其生理代谢和生化变化，为探求茶园大面积高产稳产并为制茶保证优质原料的技术措施，为探求制得品质优良茶叶制订制茶操作规程提供生化理论依据，进而全面指导茶叶生产，为本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的社会主义强国做出贡献。

茶叶生物化学的研究，还必须为茶叶生产有关的科研工作设计思想，分析资料，解决问题奠定生化理论基础，并为茶叶科学实验方法和技术操作提供生物化学资料。

二、茶叶生化研究历史和现状

茶树的栽培和茶叶的加工制造起源于我国，但在较早的历史时期就已传入了日本，东南亚和南亚次大陆，近年还传入非洲。而且很早就作为商品饮料，其国际贸易市场逐步扩大，现已传到世界各国。关于茶叶生物化学的研究，是从成品茶的品质及其有关的化学成分的分析逐步发展而来的。在十九世纪中叶前后，C.J.Mulder(1838)，B.V.Мароеников(1876)对茶叶中的咖啡碱开始作了研究，其后A.W.Blyth(1879)，古在由直(1890)等人还对各地区各种品类的茶叶的化学成分，作了不少分析。我国茶叶工作者屠祥麟(1933)^[1]对茶叶分析工作也作了很有价值的贡献，他曾著有《中国茶叶分析及其化学检验暂行标准》一书，并对中国各地各种品类茶叶进行过大量的分析。

十九世纪80年代以后，茶叶生化有了新的发展，人们开始从成品茶的化学分析转入鲜叶分析，并对茶叶中的单宁结构和组成，茶叶中的酶，红茶发酵和茶叶品质，也进行较系统的研究。我国上海商品检验局等单位(1958)^[2]在浙江所进行的工作，曾写有《茶叶青叶成分分析报告》，是我国一份比较系统的对茶鲜叶分析的资料。关于茶叶中的单宁的研究，过村路子(1929, 1934)^{[3][4]}的工作，是深入单宁结构和组分研究的重要突破。C.R. Newton(1901)、K.Bamber(1902)和H.Wright, H.Mann(1902, 1903, 1904)，

D. Keilin 和 E. Hartree (1939), D. Keilin 和 H. Mann (1938), E. A. Roberts (1940)^[5] 等工作, 对茶叶中的酶, 特别是氧化酶作了很多的研究。关于红茶发酵的研究著作, 值得提出的有 C. Harrison 和 E. A. Roberts (1939), E. A. Roberts 和 S. N. Sarma (1938), E. A. Roberts (1939, 1940), E. A. Roberts 和 D. Hathway 和 K. Pankhurst (1955) 等人的著作。关于茶叶的品质与茶叶成分的关系, 在 G. D. Hope (1910)^[6] 的研究中, 最早取得一些成果。我国茶叶工作者早年就注意研究茶叶品质与茶叶成分的关系, 林振文和林瑞勋 (1957)^[7], 张惠瑞和黄镛 (1957)^[8] 对工夫红茶的成分进行了研究, 顾景宜 (1958)^[9] 对皖西绿茶灰分, 府慧君 (1957)^[10] 对茶叶水浸出物, 王调馨 (1951)^[11] 对茶叶老嫩度和这些成分与因素对茶叶品质的影响。结合“理化审评”, 严鸿德和邵贝婷等 (1959)^{[12][13]} 对茶叶中化学成分与茶叶品质, 进行了探讨。

二十世纪中叶, 茶叶生物化学的研究工作, 最主要的, 是采用液相层析法对儿茶素的各组分进行了细致的分析和对儿茶素在茶叶中的形成和在茶叶发酵过程的氧化变化机制进行了较深刻的研究。E. A. Roberts (1951, 1959)^{[14][15]}, M. H. Залрометов (1952, 1958)^{[16][17]}, K. M. Джемухалзе 和 Г. А. Шалбнева (1954, 1955)^{[18][19]}, 滝野庆则、今川弘等 (1963)^[20] 在这方面的工作都是很有意义的。我国生物学和茶叶科学工作者唐慷 (1958)^[21], 卢世昌和徐梅生 (1960)^[22], 卢世昌 (1964)^[23], 阮宇成和程启坤等 (1964)^[24] 在这方面也取得了不少成绩。萧伟祥、王惠芷和周美宇等 (1964)^[25], 程启坤 (1964)^[26] 对儿茶素在茶叶中的生物合成和代谢规律进行研究并取得成果。在这个时期以后, 由于液相层析法在茶叶成分分析上普遍使用, 茶叶中氨基酸、生物碱及其对茶叶品质的影响在研究中取得新进展。M. A. Бокучаева, В. Р. Лолов (1959)^[27], 前田清一和佐佐木裕等 (1962)^[28] 对茶叶中氨基酸, 特别是茶氨酸的生物合成进行了研究。M. H. Залрометов (1962)^[29], Э. Лройсер 和 Г. Л. Серенков (1963)^[30] 对茶叶中的咖啡碱的生物合成进行了研究。中国农业科学院茶叶研究所对茶叶中游离氨基酸 (1975)^[31]、咖啡碱 (1975)^[32] 都进行了较多的研究工作。安徽农学院茶叶系结合茶叶品质理化审评对这些成分也进行多量的研究^[33]。本世纪 60 年代后期和 70 年代期间茶叶中化学成分的研究, 由于采用了气相层析法以及红外光谱和紫外光谱等分析技术, 在茶叶香气方面的工作, 有了重要的开展。西条了康·桑原穆夫 (1967)^[34], R. L. Wiekremasigne 和 T. Swin (1965)^[35], 山西贞等 (1970—1973)^{[36][37][38]} 对茶叶香气成分的分离测定都做了大量的工作。二十世纪 70 年代茶叶生物化学的发展, 从整个国际学术领域来衡量, 进展是迅速的, 形势是十分喜人的。

三、茶叶生物化学的发展前景

茶叶生物化学的发展, 特别是从二十世纪 50 年代以来, 取得了巨大的成绩, 获得了重大成果。近年以来, 数学、物理、化学等学科和生物学科的相互渗透, 科学技术奇迹般地创新, 对茶叶生物化学的研究, 将从理论和实践多方面反复地和深刻地引起非常的变革。

茶叶生物化学发展的前景，将是丰富多采，绚丽多娇。

(一) 新技术与茶叶生物化学发展的前途 生物学科的研究，要着眼于生物与环境的统一，宏观与微观的统一，结构与功能的统一，整体与局部的统一。从整个系列观点出发，茶叶生物化学的研究，必须深入茶树复杂的生命活动过程及茶叶加工时的生化变化过程探索环境和加工条件的影响和作用，使人们的认识逐步由定性进展到定量，由静态进展到动态，由表及里，由宏观进展到微观，由细胞超微结构进展到分子功能，由质体的分子作用进展到个体的整个生命活动。由活体生叶的正常代谢进展到离体鲜叶在加工过程的生化变化。目前这一系列的认识还是不够的，甚至还是肤浅和模糊的。近年来其他生物学科应用新技术的发展很快，生物学科的理论水平提高得也很快，茶叶生物化学也将因为其他生物学科的渗透和新技术的引用而产生巨大和深刻的影响，茶叶生物化学的发展前途将是远大和光明的。

例如，电子计算技术的引用，逐步解决生命活动复杂运算系统的分析和综合的难题。对于生物体内酶的合成，细胞的生长繁殖及其反馈控制可以类化大量数据在瞬间作出决定，这样就可以更明确地揭发代谢过程的生命活动系统各部分之间的质量和能量转移的真实情况。电子显微镜技术的引用，分辨力已经可以达到 2 \AA ，这就是说，已经接近于能看到大分子的轮廓。目前扫描电子显微镜可以显示富有立体感的超微结构图象，成功地接近对生物活体的鲜湿样品进行观察，更有效地揭示了超微结构和生物膜的生命活动和作用。X射线衍射技术的引用有助于研究大分子空间结构，推动分子生物学的发展，对核酸、酶、激素、色素、蛋白质等的结构和功能，有了更进一步的认识。电子顺磁共振波谱技术的引用，有助于生物分子自由基的质和量的探测，揭开生物“活态”的奥秘。核磁共振波谱技术的引用，有助于研究生物鲜湿物质内部分子，原子精细结构，并根据波谱的分析，为这些物质的功能的理解提供重要依据。质谱技术的引用在确定生物物质的分子量和分子结构方面起了重要作用。紫外吸收光谱技术的引用，有利于生物物质的测定提高分析效果；红外吸收光谱技术的引用对于生物物质化学结构的确定发挥了特殊的效用。激光技术的引用，有可能对细胞器进行精确地定位取样进行痕量分析（ 10^{-6} 甚至 10^{-9} 克精度），并对遗传物质进行结构与功能的定向改变。高纯度分离技术目前应用的有气相层析，电泳技术，离子交换树脂分离技术，分子筛分离技术，超速离心技术等，不仅分离效果好，速度快，纯度高，还可定生物成分的分子量。快速反应测定技术的引用，可以在千分之一到万分之一的瞬间完成生物体内生化变化连续系列的某一中间反应。这些中间生成物在动态平衡的长长连锁反应中只有瞬间痕量的存在，不易觉察，却显示着极其重要的生理过程的代谢作用环节，或加工过程的生化变化环节。由于这些新技术的引用，可以预见，对人们研究茶树生长发育，茶叶中各种生化成分的生物合成和转化，茶叶高产优质的形成，茶叶光合作用和呼吸作用及其酶系统的催化功能，制茶过程中的生化变化都会提供过去完全不可能提供的实验依据，为茶叶生物化学的发展提供了深刻、迅捷、准确的研究手段。

(二) 生物科学的发展与茶叶生物化学发展的前途 由于上述种种新技术的引用，生

物科学已得到了飞跃的发展。当前生物科学和物理、化学、数学等一样已跃居自然科学的前沿,这是由于生物科学和物理、化学、数学诸学科在分子水平上有着共同的基础的缘故。生物化学是研究生物体内物质代谢及其它生命现象的基础学科。它和分子生物学,生物量子化学一样贯穿到生物科学的所有领域,同时,它和分子生物学,生物量子化学又彼此互相渗透,互相影响,共同把生物科学理论提高到一个新的水平。茶叶生物化学是生物化学的一个分枝,也是一个有机组成部分,它是生物化学和茶叶科学互相渗透和互相作用所形成的边缘学科,它既具有生物化学系统中的普遍性,也具有其自己系统中的特殊性。茶叶生物化学的特殊性,是由茶叶中特殊成分,如多酚类物质、咖啡碱、构成茶叶香气的各种挥发性组分、茶叶中的特殊氨基酸等,及其形成转化所经由的代谢途径所决定的。这些途径和形成转化过程,目前知道得还很不够,甚至认识非常模糊,当前分子生物学的发展,揭示了蛋白质、酶、核酸、生物膜的分子结构及其在光合作用、呼吸作用、生命活动及遗传过程的功能。细胞学进展到超微结构和分子水平以后,揭示了细胞核,叶绿体及其基粒、线粒体、内胞质网、高氏复合体等的结构以及它们在发生学上的分化过程和生物化学上的互相作用。同时,对酶的定位、代谢调节、生化连锁等不少问题,有着更加本质的理解。生物量子化学这门介乎物理、化学、生物、数学四门学科之间的边缘学科是用量子力学的原理研究生物分子的微观结构,从生物分子中电子和原子核的运动角度研究生物化学现象的基本特征,研究生物化学反应过程原子与分子,分子与分子间互相作用规律,从而揭示分子结构与性能之间的内在联系。这些学科的形成和发展为茶叶生物化学和茶叶中特殊物质的代谢理论的探索提供了前所未有的依据,并对茶叶生物化学的发展起着引导的作用。

(三) 社会主义制度的优越性与茶叶生物化学发展的前途 从上面的说明,可以看出近年来科学技术的不断创新和生物科学的飞跃发展,将是推动茶叶生物化学迅速发展的具有巨大活力的因素。但是科学技术和科学的发展,是和生产关系、生产力、社会制度息息相关的。社会主义革命改变了资本主义的生产关系,推动了生产力的发展,就会向科学技术提出越来越繁多,越来越需要迫切解决的要求。解放以来毛主席的革命路线,推动了生产力的发展,华国锋同志为首的党中央继承毛主席、周总理的遗愿,领导全国人民继续向科学技术进军,为建设一个具有现代农业、现代工业、现代国防、现代科学技术的社会主义强国而奋斗。各项科学技术和茶叶生产事业必将飞跃发展胜利前进。茶叶生物化学必将适应茶叶生产事业的要求伴随各项科学技术的发展而向前迈进。茶叶生物化学的发展前途是极其光明的。

参 考 资 料

- [1] 屠祥麟 (1933) 《中国茶叶分析及其化学检验暂行标准》, 上海商品检验局。
- [2] 上海商品检验局等 (1958) 《茶叶青叶成分分析报告》, 油印本。
- [3] Tsujimura, M. (1929) *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res.*, 10, 253.
- [4] Tsujimura, M. (1934) *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res.*, 23, 142.
- [5] Roberts, E. A. H. (1940) *Bioch. J.* 34, 500.

- [6] Hope, G.D. (1910) Tea Assn.
- [7] 林振文、林瑞勋 (1957) 《茶叶通讯》1, 2. 福建茶叶学会。
- [8] 张惠瑞、黄镛 (1957) 《茶叶通讯》3, 2. 福建茶叶学会。
- [9] 顾景宜 (1957) 《茶叶通报》1, 44. 安徽茶业学会。
- [10] 府慧君 (1957) 《茶叶》3, 23. 浙江茶叶学会。
- [11] 王调馨 (1951) 《化学学报》18, 45. 中国化学学会。
- [12] 严鸿德、邵贝婷 (1959a) 《茶叶科学研究资料汇编》1, 1. 安徽农学院。
- [13] 严鸿德、邵贝婷 (1959b) 《茶叶科学研究资料汇编》1, 21. 安徽农学院。
- [14] Roberts, E.A.H. and Wood, D.J. (1951) Bioch. J. 49, 414.
- [15] Roberts, E.A.H. (1959) Биох. чайн. лр-ва. 7, 133. (Перевод В.Р. Попова).
- [16] Запрометов, М.Н. (1952) Биох. 17, 97.
- [17] Запрометов, М.Н. (1958) Физиология Раст. 5, 51.
- [18] Джемухадзе, К.М. и Шальнева, Г.А. (1954) Докл. АН СССР, 104, No. 6.
- [19] Джемухадзе, К.М. и Шальнева, Г.А. (1955) Биох. 20, 336.
- [20] 滝野庆则・今川弘 (1963) 农艺化学会志, 37, 7.
- [21] 唐慷 (1958) 《植物学报》7, 3.
- [22] 卢世昌、徐梅生 (1960) 《茶叶通报》, 2, 1.
- [23] 卢世昌 (1964) 《中国分级红茶茶汤单宁的部分测定》, 中国茶叶学会 1964 年会论文。
- [24] 阮宇成、程启坤 (1964) 《茶叶中黄酮类物质》, 中国茶叶学会 1964 年会论文。
- [25] 萧伟祥、王惠芷、周美予 (1965) 《茶叶科学》1, 35.
- [26] 程启坤 (1964) 《从多酚类的代谢规律探讨茶树光合呼吸机制的特点》, 中国茶叶学会 1964 年会论文。
- [27] Бокучава, М.А. и Попов, В.Р. (1959) Биох. чайн. пр-ва, 7, 111.
- [28] 前田清一・佐佐木裕・鎌田光雄・贺阳武子・赤堀博 (1962) 茶业研究报告, 19, 100.
- [29] Запрометов, М.Н. (1962) Биох. 4, 679.
- [30] Прохсер, Э.Й. Серенков, Г.П. (1963) Биох. 5, 857.
- [31] 中国农业科学院茶叶研究所 (1975) 《科研资料汇编》, 176.
- [32] 中国农业科学院茶叶研究所 (1975) 《科研资料汇编》, 183.
- [33] 安徽农学院 (1977) 《1977 年茶叶品质理化审评试测工作总结》(未刊稿)。
- [34] 西条了康・桑原穆夫 (1967) 茶业研究报告 28, 87; 28, 93; 28, 98.
- [35] Wickremasinghe, R.L. and Swin, T. (1965) J. Sci. Food Agri. 1, 57.
- [36] Yamanishi, T. and Kawatsu, M. (1973) Agr. Biol. Chem. 5, 1075.
- [37] Kiribuchi, T., Yamanishi, T. et al. (1962—1970) Agri. Biol. Chem. 27:1, 56; 3, 193; 29:4, 300; 30:11, 1102; 34:4, 599.
- [38] Kobayashi, A., Sato, H. et al. (1965—1970) Agr. Biol. Chem. 29:10, 907; 10, 1016; 30:8, 779; 8, 784; 32:3, 390; 9, 1355.

第一章 茶树的物质代谢

茶树是多年生的常绿叶用作物。它的一生或每一个年生长周期，在物质代谢方面同其他植物比较，有共性更有个性。

一般植物代谢产物，如蛋白质、糖、脂类以及无机成分等，也遍布在整个茶树体内。但是，茶树的化学组成上更反映出茶叶物质代谢的特殊性，具体表现为茶树独有的一系列二级代谢产物，如高浓度的多酚类物质，高含量的酰胺类（茶氨酸等）以及多种甲基化黄嘌呤化合物等。充分认识茶树物质代谢的特殊本质，才有可能深入理解茶树与其他植物新陈代谢的共同本质。

茶树的代谢产物最明显是分配在茶树的幼嫩芽叶部位。叶片组织是茶树物质代谢最具典型性的器官，是构成经济产量和有应用价值的生产对象。叶组织化学组成的变化，是决定饮用价值高低的根本原因所在，这就是“内因是变化的根据”。外界环境条件是影响品质优劣的外因。茶叶化学组成的变异是茶树物质代谢的外因通过内因而起作用的结果。

客观物质存在决定人们的感官反映。茶叶成为人类最普遍的嗜好性饮料，是由于茶叶内含有多种多样的化学成分为基础的。

第一节 茶叶主要化学成分概述

茶叶的化学成分组成，粗略的估计，经过分离和鉴定的有机化合物约有450种以上；无机矿物营养元素也不少于15种。茶叶中可溶于热水的成分多，代谢二级产物多，对人体有生理活性的成分多，这就是茶树物质代谢特殊性的反映，也是“茶”作为人类重要饮料的决定因素。兹将主要化学成分简述于下〔1〕：

一、多酚类*（又名“茶多酚”或“茶单宁”）

是一类以儿茶素为主体的营生物氧化作用的酚性化合物，含量占鲜叶干物重15—28%左右。是决定茶汤滋味，颜色的主体成分，是形成毛茶品质具有关键性的物质，历来为茶叶科技工作所重视。必须明确，茶叶中多酚类含量是构成茶汤的物质基础，但不是构成品质的唯一决定因素。

* “多酚类”一词，是E. A. H. Roberts和C. R. Harler等人用以代替“茶单宁”的术语其含义和有机化学上“多酚类”的定义不同，这里是指几类多酚类衍生物并包括少数一元酚衍生物，因为近来我国茶叶界普遍采用这一术语，本书沿用这一词。

二、氨基酸和蛋白质

这是两类近缘含氮化合物。它们在茶叶品质上（滋味和香气）和物质代谢上的作用是十分重要的。

生物中的氨基酸共有 30 种左右。其中以谷氨酰乙胺，即茶氨酸 (Theanine) 含量最高，无论在茶树的氮素代谢或决定茶汤滋味品质，都有特殊的作用。茶氨酸的代谢与儿茶素的代谢是互相沟通，相互制约的氮碳代谢体系，或许就是茶树氮碳代谢平衡特有的代谢系统。此外，茶叶中的谷氨酰甲胺（另一种谷氨酰胺化合物）与咖啡碱的代谢密切相关。茶树幼嫩芽叶一般含有 0.5—2.0% 浓度的茶氨酸，而茶氨酸的味阈浓度是 0.06%，这就是足以说明茶氨酸在茶叶的滋味品质上的重要作用。

茶叶蛋白质是以难溶于水的谷蛋白 (Glutelin) 为组分的主体，约为总蛋白质质量的 80% 左右。还有 20% 左右是白蛋白 (Albumin)，球蛋白 (Globulin) 和精蛋白 (Protamine)。其中约 40% 左右的白蛋白是能溶于水的。对增进茶汤滋味品质是有作用的。蛋白质含量与原料的老嫩，成品质量的优劣，都直接或间接相关。

三、芳香物质

这是一大类含量少而种类多的挥发性混合体的泛称。按其来源部分是物质代谢自然产物；很大一部分是制茶工艺过程的产物（生物化学与化学的转化物）。按化合物结构区分，有醇、酚、醛、酮、酸、酯及内酯，含氮物质、碳氢化合物、氧化物、硫化物以及酚酸类化合物等。迄今已分离证实的已达到 300 种左右。

茶的香气主要是由芳香物质的组合和浓度起决定作用。工艺过程由生物化学或化学的生成物组合比例及浓度是决定成品茶香味的的主要因素。茶树物质代谢的产物芳香成分是对成品茶的香气高低起重要作用的另一因素，而鲜叶中是否含有能转化为芳香成分的足够的前异物质，是构成茶香不可轻视的又一因素。众所周知，红、绿茶香型的差别，是由不同制造工艺所决定的。一般而言，红茶含有较多的由酶促氧化产生的芳香成分，绿茶则含有较多的热转化芳香产物。前者往往似天然成分的甜香；后者则带典型的烘炒香，色谱分析证明：红茶芳香成分中醛、酮、酸、酯（包括内酯）等氧化产物占绝对优势，绿茶则富含氮化合物（如吡嗪类）和硫化物（如二甲硫）。

四、生物碱

茶叶中含有多种嘌呤碱，其中主要成分是咖啡碱。茶叶碱、可可碱、四甲基尿酸、鸟嘌呤、黄嘌呤、次黄嘌呤及腺嘌呤等化合物少量存在。咖啡碱对人体的生理效应有强心，兴奋，利尿等药理功效。茶之成为普遍饮料，咖啡碱的生理和药理效应是因素之一。

咖啡碱在茶树体内的消长与代谢。既和氨基酸的代谢相关，更同核酸的代谢密切相依。所以咖啡碱在茶树体内的分配与累积，常常与氨基酸、核酸的代谢强度相吻合。咖啡碱在

红茶汤的“冷后浑”现象中有积极作用，对绿茶汤味品质有影响，绿茶中苦味往往与咖啡碱含量有关。

五、糖类化合物

茶树体内单糖有葡萄糖、果糖、核糖、甘露糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖；双糖类有蔗糖、麦芽糖、乳糖；叁糖类有棉子糖；多糖类有淀粉、纤维素、葡萄聚糖、半乳聚糖；木聚糖、阿聚糖、聚半乳糖醛酸。此外，还有杂多糖的果胶物质。

茶树中糖类物质多数是作为植株的结构物质而存在，如叶组织的纤维素和半纤维素，一般鲜芽叶含量往往与原料品质呈负相关，含量高低是制茶原料老嫩的标志。另一方面反映成品质量的优劣。淀粉多数分配贮藏在根茎部位如冬季的根部有大量的淀粉积累，是茶树翌年生长的贮藏物质。茶树的叶组织含有一定量的可溶性单糖与双糖，是叶组织呼吸作用的基质，是茶叶大量二级代谢产物的前导体。因此，叶组织可溶糖浓度的变化，反映新梢生长发育的阶段性的，也反映糖与二级代谢物质的动态平衡关系，是茶树适应外界环境变化的生理指标。由于能溶于水，是构成茶汤甜味成分之一。此外，果胶物质的水溶部分，在新梢生长过程的动态也与制茶原料或成茶品质相关。

近年来，茶叶中又分离出一种与糖类代谢有关的化合物，称做“茶叶皂苷”(Theaflisaponin)。这种物质与“茶子皂苷”(Theasaponin)结构相似，但组成及性质不同。茶叶皂苷是由四种配质，三种有机酸，四种糖所组成，是一种微酸性略带苦味的成分(其苦味弱于茶子皂苷)。一般含量约为0.04%。如含量过高就可能影响茶汤的味质。

应该指出：茶叶中的糖类化合物在决定茶叶品质虽不起关键作用，有的(如粗纤维)还有负作用，但是对茶树物质代谢(特别对高产优质)生理作用全过程仍是处于十分重要地位。这是与一般植物一样，有其共同性。

六、茶叶色素

茶叶中含有叶绿素、胡萝卜素、叶黄素、黄酮醇和花色素等色素。这些色素对茶树的物质代谢光能的利用有关，也关系毛茶的外形色泽和茶汤的颜色。

叶绿素是主要的色素，平均含量在幼嫩鲜叶中约为干物重0.6%左右。在茶叶制造过程，叶绿素也参与一系列化学反应衍生成新产物，绿茶的外观色泽同叶绿素总含量以及叶绿素a和b的比例有关，如果红茶制造没有足够破坏分解叶绿素，给红茶带来“花青”等不良影响。叶绿素经制茶作用后是否能溶于水，有待证实。

胡萝卜素、叶黄素是一类黄色素。它们是属多烯烃或多烯醇类化合物。都不溶于水，但在酶性氧化或热的作用下，能转化成为内酯或酮类物质，是香气的重要成分。由此可知，这些色素在茶叶中含量虽不多，可是在成品茶的香气上的作用，是不容忽视的。

黄酮醇是茶叶中可溶于水的一类黄色素(见本书第二章和第六章)。这类色素对绿茶汤的颜色有一定的作用，某些化合物是茶叶中对人类有保健作用的成分。

花色素是以苷状存在茶叶中。一般在幼嫩芽中含量不多。如过高的浓度，则影响毛茶的品质。

在茶树不同的叶片部位、芽叶的不同发育阶段、茶树不同的外界环境等等因素的影响下，茶叶中的上述色素含量是有变异的。这些物质在茶树物质代谢中是活性成分。

七、茶叶游离有机酸

茶的鲜芽叶含有多种游离的有机酸。一类是二羧酸和三羧酸；如琥珀酸、苹果酸、柠檬酸等，这些有机酸主要是三羧酸环的产物。另一类是脂肪酸类：如乙酸丙酸、戊酸、己酸及己烯酸、癸酸、棕榈酸、亚油酸（十八碳二烯〔9、12〕酸）等。这类有机酸有的是香气组分（如乙烯酸）；有的本身虽无香味，但在氧化或其他作用影响下可能转化为香气成分（如亚油酸）；有的是香气成分的良好吸附剂（如棕榈酸）。

脂肪酸在茶叶中有微量存在，是茶香形成的重要成分。在物质代谢和茶叶制造中有类似的生化反应。

茶叶中还含有少量的酯环酸和苯环酸。这类有机酸在茶树的二级物质代谢中极为重要，如没食子酸与酯型儿茶素的代谢，预苯酸与莽草酸是沟通糖与多酚类代谢的中间体；还有一些酚酸类（如鸡纳酸，对-香豆酸），也与多酚类的代谢有关系。

茶叶有机酸的含量同高含量的成分（如多酚类）相比，虽是少量成分，但在茶树物质代谢的分解过程中是不容忽视的，而对茶香的形成，更值得注意。

八、维生素类和酶

酶和维生素从它们的化学构造上看，是两类不同性质的成分；按它们在机体中的生理效应来说，却有其相似之处。有些维生素就是酶的组成成分，数量少作用大。

茶鲜叶中含有维生素A、维生素B₁和B₂、C、烟碱酸、泛酸、叶酸、维生素H、P等。其中维生素B₁、C、烟碱酸及泛酸，在茶叶中的含量比一般食品高。维生素B₂、C、P都能溶于茶汤中，能充分利用。故饮茶能提供一定数量的维生素。特别是鲜菜鲜果较缺的环境下，饮茶就显出有保健作用。

茶叶中酶系统的研究，至今仍是较薄弱的环节。人们对茶叶中酶的知识比较肤浅；对多酚氧化酶及其作用认识稍多，还有待进一步研究。

茶叶中多酚氧化酶是一种铜蛋白酶，具有蛋白质的一般特点，现在已知茶叶中多酚氧化酶有多种同功异构酶，由嫩叶到老叶活性下降。绿茶经高温杀青能使酶钝化；红茶的萎凋，发酵能提高酶的活性，这些与蛋白质理化性质有关。此外，过氧化氢酶，细胞色素氧化酶，抗坏血酸氧化酶也存在茶叶中。

九、茶叶的无机成分

茶叶经灼烧后剩留下约为干物重5—6%的各种元素氧化物，灼烧后因含碳素等杂质，