

全国高等农业院校教材

# 茶叶生物化学

(第二版)

安徽农学院主编

茶叶专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

# 茶叶生物化学

(第二版)

安徽农学院 主编

茶叶专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材  
茶叶生物化学（第二版）

安徽农学院 主编

责任编辑 李世君

农业出版社出版（北京朝阳区东管庄）  
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 19.5印张 428千字  
1980年3月第1版 1988年5月第2版北京第1次印刷  
印数 1—2,700册

统一书号 13144·318 定价 3.30元

## 第二版前言

本书是1980年版全国高等农业院校试用教材《茶叶生物化学》的修订本。修订工作着重于提高内容质量，加强本学科的科学系统性。第一版除绪论外原分九章。第二版绪论之后，增加一章“茶叶中的酶”。鉴于酶系的活动是生化变化实质所在，同时由于近年来酶的科学技术进展迅速，为了茶叶科学的进一步发展和提高，对学生有必要介绍酶的新知识。这一章由安徽农学院萧伟祥编写。第一版第一章“茶树的物质代谢”内容有两个方面，即茶树的主要成分与物质代谢，自然环境条件及农业技术措施对茶叶成分的影响。第二版把这一章内容排为第七章，称为“环境对茶树物质代谢的作用”，突出茶树物质代谢的特点与鲜叶素质的形成。这一章由浙江农业大学汪琢成改编。第一版教材第三章、第四章内容都是含氮化合物，与蛋白质有密切联系，第二版教材增加了茶叶蛋白质的内容，而蛋白质和酶有着不可分割的联系，因此把这两章改为第二章、第三章，分别称为“茶树体内蛋白质和氨基酸”、“茶叶中嘌呤碱”。这两章分别由湖南农学院谭淑宜、安徽农学院谢晓凤改编。第一版教材第二章现改为第四章“茶树中多酚类物质及其代谢”，由原编写人萧伟祥改编。第一版教材第五章芳香物质和第六章色素，为了加强内容的科学系统性，避免水溶性色素与多酚类内容的重复，照顾到脂溶性色素与萜烯类芳香物质生物合成的血缘关系，第二版教材将这两章内容及次序作了调整。第五章改为“茶叶中类脂物质和脂溶性色素”，第六章“茶叶中芳香物质”，分别由原编写者安徽农学院林鹤松、浙江农业大学徐梅生改编。第一版教材第七章和第八章在第二版教材中改为第八章和第九章，分别称为“红茶制造生物化学”和“绿茶制造化学”，由原编写者华南农学院王汉生、浙江农业大学周静舒改编。第一版教材第九章“茶叶主要成分的药理功能”，为了突出茶叶饮用的保健作用，第二版改为第十章“茶叶的保健功能”。此外，本书的“绪论”，均由原编写者安徽农学院王泽农改编。

本教材第二版改编之前，有关高等农业院校为我们提供了对教材修改的宝贵意见。农牧渔业部对我们教材的修改工作至为关怀和支持，曾经下达(83)农(教)字第45号文件。在召开茶叶生物化学教材修订工作会议时，得到安徽农学院党委的关切。改编过程中，在安徽农学院、浙江农业大学、湖南农学院、华南农学院领导的支持下，经过参加改编同志的努力，做了不少工作。改编完稿以后，并蒙安徽农学院黄继珍、叶银芳参加校对工作。对此表示衷心感谢！

深望广大读者批评、指正。

1984年2月

## 第二版 修订者

- 主 编** 王泽农 (安徽农学院)  
**编写者** 王泽农 (安徽农学院)  
汪琢成 (浙江农业大学)  
林鹤松 (安徽农学院)  
萧伟祥 (安徽农学院)  
谭淑宜 (湖南农学院)  
谢晓凤 (安徽农学院)  
徐梅生 (浙江农业大学)  
王汉生 (华南农业大学)  
周静舒 (浙江农业大学)  
**审稿者** 王泽农 (安徽农学院)

## 第一版前言

《茶叶生物化学》是茶叶专业的理论性专业课。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。第六章“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、安徽农学院黄继珍同志参加审查讨论。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。

## 第一版编审者

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

# 目 录

绪论.....	1
第一章 茶叶中的酶.....	11
第一节 茶叶中酶的类别.....	12
一、氧化还原酶类 (12)    二、移换酶类 (15)    三、水解酶类 (16)    四、裂合酶类 (19)	
五、异构酶类 (19)    六、合成酶类 (21)	
第二节 茶叶中酶的提取、纯化和活性测定.....	21
一、酶的提取 (21)    二、酶的纯化 (22)    三、酶活性的测定 (24)    四、酶分子量的测定 (24)	
第三节 酶促反应动力学.....	27
一、底物浓度对酶促反应速度的影响 (27)    二、pH对酶促反应速度的影响 (28)    三、温度对酶促反应速度的影响 (29)	
四、酶的激活剂 (30)    五、酶的抑制剂 (30)	
第四节 酶在细胞中的定位.....	32
第五节 茶叶细胞中的多酶体系.....	32
第六节 茶叶中同工酶.....	34
一、聚丙烯酰胺凝胶电泳分离同工酶 (34)    二、等电点聚焦分离同工酶 (35)	
第七节 固定化酶.....	36
第二章 茶树体内蛋白质和氨基酸.....	40
第一节 茶叶中蛋白质的组成与茶叶品质的关系.....	40
一、蛋白质的组成 (40)    二、茶叶蛋白质与茶叶品质的关系 (41)    三、茶树新梢芽叶中的蛋白质含量 (43)	
第二节 茶树中氨基酸的种类和分布.....	44
一、氨基酸的种类 (44)    二、氨基酸在茶树中的分布 (48)    三、关于茶树氨基酸的研究及有关检测方法 (52)	
第三节 茶氨酸的性质与生物合成.....	54
一、茶氨酸的结构、性质与功能 (54)    二、茶氨酸的生物合成 (55)	
第四节 茶树体内氨基酸的降解和转化.....	62
一、氨基酸的降解 (62)    二、氨基酸的转化 (66)	
第三章 茶叶中嘌呤碱.....	69
第一节 茶叶中嘌呤碱的组成和性质.....	69
一、茶叶中嘌呤碱的组成与结构 (69)    二、茶叶中嘌呤碱的理化性质 (70)	
第二节 茶叶中的咖啡碱.....	72
一、咖啡碱是茶叶中主要的嘌呤碱 (72)    二、有关茶叶咖啡碱的研究概况 (73)    三、咖啡碱在茶树体内的合成 (75)    四、茶树体内咖啡碱的分解 (82)	
第四章 茶树中多酚类物质及其代谢.....	86
第一节 茶叶中多酚类的组成.....	86
一、茶叶中儿茶素 (87)    二、茶叶中黄酮及黄酮苷类 (91)    三、茶叶中花青素和花白素 (93)	



四、茶叶中酚酸和缩酚酸 (95)	
第二节 茶叶中多酚类的分析研究方法 .....	97
一、多酚类的提取分离 (97)	
二、多酚类的检识和结构测定 (97)	
第三节 茶树体内多酚类的形成与转化 .....	102
一、儿茶素在茶树体内的形成 (102)	
二、茶叶中儿茶素的生物合成途径 (103)	
三、茶叶中多酚类的代谢 (109)	
第四节 多酚类在茶树呼吸代谢中的作用 .....	111
一、多酚类在生物氧化过程中的作用 (111)	
二、儿茶素类的氧化还原电位次序 (112)	
第五节 儿茶素类在茶树新梢中的分布 .....	113
第五章 茶叶中类脂物质和脂溶性色素 .....	119
第一节 茶叶中类脂物质 .....	119
一、茶树体内脂肪酸种类和性质 (120)	
二、茶树体内复杂脂类的种类及结构 (123)	
三、茶树体内简单脂的种类和结构 (128)	
四、脂类物质在茶籽形成中的变化 (137)	
五、脂类物质的氧化对茶叶品质的影响 (138)	
第二节 茶叶中脂溶性色素 .....	141
一、叶绿素的结构及其性质 (141)	
二、叶绿素在茶树新梢中的含量及其对品质的影响 (142)	
三、类胡萝卜素的结构及其性质 (144)	
四、类胡萝卜素的形成与转化 (147)	
五、茶叶中脂溶性色素的研究方法 (151)	
第六章 茶叶中芳香物质 .....	155
第一节 茶叶芳香物质的组成、结构、性质 .....	155
一、茶叶芳香物质的组成及理化性质 (155)	
二、不饱和脂肪醇类的生物合成 (165)	
三、萜烯类的生物合成 (166)	
四、芳香族醇的生物合成 (167)	
第二节 茶叶芳香物质的检测 .....	168
一、蒸馏法 (168)	
二、表层空间气体分析法 (170)	
第七章 环境对茶树物质代谢的作用 .....	180
第一节 光照与茶树的物质代谢 .....	180
一、光照在茶树物质代谢中的作用 (180)	
二、光对茶树碳素代谢的作用 (183)	
三、光对茶树氮素代谢的作用 (185)	
第二节 物候气温对茶树物质代谢的作用 .....	189
一、物候温度对糖、多酚类代谢的影响 (189)	
二、物候、温度对含氮物质代谢的影响 (191)	
第三节 水分在茶树物质代谢中的作用 .....	196
一、水分对糖、多酚类代谢的影响 (196)	
二、水分对含氮化合物代谢的影响 (198)	
第四节 肥料对茶叶化学成分的影响 .....	200
一、氮肥对茶叶化学成分的影响 (200)	
二、磷肥对茶叶化学成分的影响 (201)	
三、土壤理化特性与肥料性状对茶叶化学成分的影响 (202)	
第五节 地理因素对茶叶化学成分的影响 .....	204
一、纬度与茶叶化学成分 (204)	
二、海拔高度对茶叶化学成分的影响 (205)	
第六节 茶叶化学成分与物质代谢的相互关系 .....	206
一、蛋白质、糖及脂肪代谢的相互关系 (206)	
二、三大成分代谢与二级代谢产物的相互关系 (207)	
三、鲜叶素质与化学成分 (208)	
第八章 红茶制造生物化学 .....	210
第一节 酶在红茶制造过程中的活性变化及作用 .....	210
第二节 多酚类物质与红茶制造的关系 .....	215

一、多酚类物质在红茶制造中的变化 (215)	二、多酚类物质变化与红茶品质的关系 (232)	
第三节 芳香物质在红茶制造中的变化与红茶香气 .....		237
第四节 糖类物质和含氮化合物与红茶制造的关系 .....		245
一、单糖和双糖在红茶制造中的变化 (245)	二、多糖类在红茶制造中的变化 (247)	三、蛋白质、 氨基酸在红茶制造中的变化 (250)
四、叶绿素在红茶制造中的变化 (253)		
第九章 绿茶制造化学 .....		259
第一节 绿茶制造中酶的热失活 .....		259
第二节 绿茶制造中化学成分的变化 .....		264
一、多酚类的变化 (264)	二、氨基酸的变化 (269)	三、芳香物质的变化 (273)
四、色素的变 化 (275)	五、其它物质的变化 (278)	
第三节 化学成分与绿茶品质关系 .....		280
第十章 茶叶的保健功能 .....		286
第一节 饮茶的保健功能 .....		288
一、饮茶兴奋神经中枢, 消减疲劳, 少睡, 益思 (289)	二、饮茶补充维生素, 提高人体健康素质 (289)	
三、饮茶提高食物营养水平, 调整代谢关系 (292)	四、饮茶防止衰老, 防治冠心病 (295)	五、 饮茶增强抗逆治病能力 (296)
第二节 茶叶入药及其功能 .....		299
一、茶叶方剂及其功能 (299)	二、茶叶药用成分的抽提和纯化 (300)	三、茶叶成药及其功能 (301)

## 绪 论

茶叶生物化学是生物化学渗透到栽茶、制茶等茶叶学科后形成的一门边缘学科，是提供茶叶生产有关生物化学理论依据，指导茶业生产的一门专业课，也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，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提供生化方面的理论知识。

### 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。下面就茶叶的产量和品质与茶叶生物化学的关系，茶叶生物化学在提高茶叶产量和品质的作用两方面来阐明这种关系。

(一) 茶叶的化学成分是茶叶产量和品质的基础 茶叶中的化学成分到目前为止，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。构成这些化合物或以无机盐形式存在的基本元素，主要有 30 种，占自然界存在的 72 种元素的 41.66%，即碳、氢、氧、氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、铜、铝、锰、硼、锌、钼、铅、氯、氟、硅、钠、钴、镉、铬、镍、铍、锡、铈、钽、钷。表 0—1 概括说明了茶叶中主要的化学成分。

上述茶叶的化学成分，除糖类、脂肪及类脂物质（醌浸出物又称粗脂肪）、蛋白质三大自然物质外，其它化合物都是二级代谢产物。三大自然物质在茶叶中的含量，糖类约占茶叶干物量的 20—25%，蛋白质约占 20—30%，脂肪及类脂物质在茶叶中较少，约为 10%。二级代谢产物中，多酚类占 20—35%，嘌呤碱占 3—5%，其它尚有芳香物质，色素。

茶叶嫩梢干物量的总和，实质上就是茶叶产量的物质反映。糖类、蛋白质、多酚类含量的总和，占茶叶干物量的 70—90%，因此是茶叶产量的决定因素。如何促进三大自然物质中糖类、蛋白质及二级代谢产物多酚类的形成，是保证茶叶产量的重要措施。但是，在生

表 0-1 茶树嫩梢各部位叶片化学成分 (一)

化 学 成 分	芽	第 1 叶	第 2 叶	第 3 叶	第 4 叶	第 5 叶	茎 梗	资 料 来 源
水 分 %	77.60	76.70	76.30	76.00	73.80	—	34.60	上海商品检验局
多 酚 类 %	24.38	24.61	22.18	20.11	17.60	—	11.22	浙江农业大学
L-EGC mg/g	—	25.54	26.15	28.21	29.04	22.75	14.45	程启坤
D,L-GC mg/g	—	7.92	8.62	5.92	5.57	4.07	9.36	程启坤
L-EC+D,L-C mg/g	—	12.73	12.86	10.14	9.99	8.43	12.67	程启坤
L-EGCG mg/g	—	73.11	51.96	50.26	45.17	44.20	20.86	程启坤
L-ECG mg/g	—	28.07	24.67	25.63	15.13	18.47	16.11	程启坤
蛋白质(粗) %	33.81	32.26	29.67	21.23	23.73	—	21.60	浙江农业大学
茶 氨 酸 mg/100g	410	340	455	670	—	—	755	汪琢成、徐海生
谷 氨 酸 mg/100g		242*	196	192		171*	298	中川致之等
天冬氨酸 mg/100g		135*	126	85		75*	100	中川致之等
精 氨 酸 mg/100g		117*	68	62		49*	52	中川致之等
丙 氨 酸 mg/100g		65.5*	56.1	41.2		34.3*	59.9	中川致之等
苯 丙 氨 酸 mg/100g		43.0*	37.5	28.4		16.4*	22.5	中川致之等
色 氨 酸 mg/100g		16.2*	12.0	9.1		7.9*	19.9	中川致之等
丝 氨 酸 mg/100g		76.0*	75.5	80.4		25.8*	56.1	中川致之等
脯 氨 酸 mg/100g		14.7*	12.0	9.1		7.9*	19.9	中川致之等
脯 氨 酸 mg/100g		12.3*	10.7	9.1		7.5*	19.9	中川致之等
赖 氨 酸 mg/100g		7.8*	6.2	5.0		3.7*	5.9	中川致之等
缬 氨 酸 mg/100g		6.8*	5.4	4.8		4.1*	8.6	中川致之等
亮 氨 酸 mg/100g		6.1*	5.4	3.9		3.6*	7.2	中川致之等
异亮氨酸 mg/100g		10.4*	8.1	7.4		4.7*	11.3	中川致之等
组 氨 酸 mg/100g		6.1 <sup>1</sup>	3.6	3.4		3.6*	8.4	中川致之等
甘 氨 酸 mg/100g		4.7*	5.5	3.3		3.3*	5.2	中川致之等
蛋 氨 酸 mg/100g		1.2*	0.8	0.7		0.4*	2.7	中川致之等
醚浸出物 %	6.98	7.90	11.35	11.43	—	—	8.03	泽真村
芳香醛类 对芳香油%	1.79 $\Delta$							格鲁吉亚科学院
芳香酸类 对芳香油%	6.04 $\Delta$							格鲁吉亚科学院
芳香酚类 对芳香油%	7.10 $\Delta$							格鲁吉亚科学院
碱性芳香油 对芳香油%	7.70 $\Delta$							格鲁吉亚科学院
中性芳香油 对芳香油%	51.06							格鲁吉亚科学院
咖 啡 碱 %	3.78	3.64	3.19	2.62	2.19	—	1.63	上海商品检验局
粗 纤 维 %	12.8	15.0	16.0	—	—	—	25.3	C.R.Harler
纤 维 素 %	6.5	8.0	9.4	—	—	—	14.6	C.R.Harler

× 为芽及第 1 叶的分析数据。

$\Delta$  为红茶芳香油分析数据。

\* 为第 4 叶及第 5 叶的分析数据。

产过程中, 保证茶叶产量应该以注意保证品质为前提。糖类如纤维素等含量过高, 是茶叶粗老的表现。其次蛋白质和多酚类也要保持适当比例, 蛋白质对多酚类的比值大, 持嫩度高, 适制绿茶。蛋白质对多酚类的比值小, 茶汤浓强, 适制红茶。因此保证茶叶质量, 应保持蛋白质对多酚类适宜配比, 提高蛋白质和多酚类的含量。

关于茶叶的品质, 在感观审评上的表现是形、色、香、味; 在生态上的表现是持嫩度; 在生物化学上的表现是物质成分的配比适宜度。这三者互为因果关系。成分配比适宜

表 0—1 茶树嫩梢各部位叶片化学成分 (二)

化 学 成 分	芽	第 1 叶	第 2 叶	第 3 叶	第 4 叶	第 5 叶	茎 梗	资 料 来 源
淀 粉 %	0.11	0.19	0.30	—	—	—	—	C. R. Harler
还 原 糖 %	0.99	1.15	1.40	—	—	—	—	Г. И. Харебава
蔗 糖 %	0.64	0.85	1.66	—	—	—	—	Г. И. Харебава
全 果 胶 %	2.45	3.31	3.80	4.31	4.51	—	2.11	中林敏郎等
可溶性果胶 %	0.98	0.59	0.71	0.79	0.27	—	—	中林敏郎等
叶 绿 素 mg/g	—	0.998	1.230	1.300	1.45	1.80	3.81	庄雪岚
胡 萝 卜 素 μg/g	0.142 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Н. И. 阿捷衣山维利
叶 黄 素 μg/g	0.539 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Н. И. 阿捷衣山维利
有 机 酸 %	1.05 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	安徽农学院
苹 果 酸 %	0.312 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Г. И. Харебава
琥 珀 酸 %	0.006 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Г. И. Харебава
柠 檬 酸 %	0.103 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Г. И. Харебава
维 生 素 C mg/g	3.58	3.98	5.15	5.15	5.19	—	2.05	С. М. Манская
维 生 素 A 原 mg/500g	27.30 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	中央卫生研究院
维 生 素 B <sub>1</sub> mg/500g	0.35 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	中央卫生研究院
维 生 素 B <sub>2</sub> mg/500g	6.10 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	中央卫生研究院
维 生 素 PP mg/500g	23.50 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	中央卫生研究院
泛 酸 mg/100g	4.00 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	И. А. Егоров
维 生 素 P %	30.00 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	А. П. Курсанов等
维 生 素 K I. U./g	500 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	Рихилалзе等
肌 醇 mg/g	7.82 <sup>⊕</sup>	—	—	—	—	—	—	А. П. Курсанов等
多酚氧化酶活性*	0.2943	0.2830	0.2596	0.2441	0.2212	0.2413	0.2711	В. Е. Воронцов
过氧化物酶活性*	0.4556	0.5528	0.3560	0.2441	0.2007	0.2776	0.2802	В. Е. Воронцов
总 灰 分 %	5.38	5.59	5.46	5.48	5.44	—	6.02	卢世昌
水 溶 性 灰 分 %	3.50	3.36	3.33	3.32	3.03	—	3.74	卢世昌
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	2.13 <sup>⊕</sup>	—	—	—	7.6	—	—	Лаусock
K <sub>2</sub> O %	2.60	—	—	—	2.0	—	—	Лаусock
CaO %	0.80	—	—	—	1.3	—	—	Лаусock
Fe ppm	8.3	—	—	—	128	—	—	Лаусock
Mn ppm	50	—	—	—	1246	—	—	Лаусock
Ni ppm	5	—	—	—	5	—	—	Лаусock
Zn ppm	34	—	—	—	45	—	—	Лаусock
Cu <sup>⊕</sup> ppm	12.0	—	—	—	10.0	—	—	Лаусock
Mo ppm	<0.1	—	—	—	<0.2	—	—	Лаусock

\* 为芽及第1叶、第2叶分析数据。

⊕ 实验区曾喷射波尔多液，含Cu量可能比正常高。

⊕ 为嫩梢芽叶分析数据。

\* 为比色数值。多酚氧化酶为40mg丙酮制备酶，12ml水，1ml1%单宁制备液，12小时后的光电比色计比色值。过氧化物酶为40mg丙酮制备酶，10ml水，2mlH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和1ml1%的邻苯二酚溶液，30分钟后的光电比色计比色值。

度高的茶叶，就是持嫩度高的茶叶，也就是形、色、香、味具优的茶叶。一般而论，三大自然物质中糖类含量高的，实际上是纤维素等细胞壁构造物质高，因而持嫩度低，制成的茶叶粗松、扁瘪、轻飘、粗硬。蛋白质含量高的，制成的茶叶细嫩、柔软、肥厚。此外，水花果胶含量高的，制成的茶叶条索细紧、秀丽、圆浑、圆紧。其它二级代谢产物含量的

高低,也反映茶叶持嫩度的高低。即持嫩度高的茶叶具有多酚类特别是L-EGCG的高含量,氨基酸总量和绝大部分氨基酸的高含量,含氮化合物特别是咖啡碱的高含量,香气组分与其中水杨酸甲酯,顺-3-己烯醇和反-2-己烯醛,正己醇的高含量,黄酮苷的高含量和氧化酶类的高活性。相反,持嫩度低的茶叶就具有叶绿素、维生素C,某些香气组分如正己酸、苯乙醛、苯乙醇较高的含量。

就茶叶的色、香、味而论,二级代谢产物在茶叶中的含量,更是决定的因素。茶叶的色泽是茶叶中各种色素决定的。这些色素物质,有的是鲜叶所固有的,有的就是在茶叶制造过程中转化形成的。深绿色的叶子,蛋白质、叶绿素含量较高,多酚类含量较低,适宜于制绿茶。制出的绿茶干茶色绿,汤色叶底绿亮;但制红茶就不好,干茶青褐,叶底乌暗。黄绿色叶子,含多酚类较高,蛋白质和叶绿素含量较低,适宜于制造红茶。制出的红茶,干茶色泽乌黑油润,汤色叶底红艳;但用以制绿茶,色泽泛黄,品质较差。至于含花青素较多的叶子,做红茶,叶底乌暗花青,做绿茶汤色暗淡,发黑,叶底靛青色,夹有紫蓝色。

茶汤的滋味受茶叶中成分的影响很显著。绿茶滋味的青涩和收敛性是茶叶中多酚类的属性,鲜爽是氨基酸的属性,甜是糖类的属性,咖啡碱具有苦味,水溶果胶具有粘稠度。这些成分配比的协调,造成浓烈、甜鲜、爽口的美味。红茶滋味的形成,是以鲜叶某些成分为基础,经过制茶过程酶的作用,引起多酚类强烈变化的同时,引起一系列其它各种物质的变化。其中由儿茶素转变而来的茶黄素,具有刺激性强烈和鲜爽度。茶黄素进一步转变为茶红素,具有甜醇的特性。茶黄素和茶红素含量的比率,直接影响红茶滋味。二者具有适当比率的工夫红茶,滋味醇厚、鲜爽。红碎茶一次冲泡出的量多,如两者含量配比适当,味浓、强、鲜爽而富足;如茶黄素过少,茶红素过多,味淡薄,是发酵过度的表现。其它成分如氨基酸、咖啡碱、可溶性糖、水溶果胶,也协同构成红茶的滋味。

茶叶的香气,组分非常复杂。到目前为止,已经在鲜叶中发现并鉴定的接近90种,在绿茶中发现并鉴定的约150种左右,在红茶中发现并鉴定的约330种左右。这些香气组分显示茶类香型的特征,并决定茶的品质。如甲基醇具有苹果香、香叶醇、橙花醇、香茅醇、醋酸香叶酯、醋酸橙花酯,苯乙醇构成玫瑰香,顺-3-己烯醇、反-2-己烯醛构成清香,芳樟醇具有玉兰花香,苯甲醇具有苦杏仁香,肉桂醛具有肉桂香,香茅醛具有薄荷香,茉莉酮、醋酸苯甲酯构成茉莉花香,醋酸香草酯、醋酸芳樟酯构成柠檬油香,醋酸苯乙酯具有水果香,苯乙酸甲酯具有蜂蜜香,水杨酸甲酯具有冬青油香等等。

根据化学测定,茶叶中氨基酸含量与绿茶滋味评分之间相关系数为0.984,符合度达到0.966;各种儿茶素相应数值分别为0.983和0.965。各种氨基酸中以茶氨酸、天冬氨酸和谷氨酸影响较大;各种儿茶素中以L-EGC和L-EGCG的影响较大。茶叶氨基酸与红茶品质间的相关系数为0.864,咖啡碱为0.645,多酚类为0.920,茶黄素为0.875,茶红素为0.633。茶褐素与红茶汤色的评价之间的相关系数是-0.797。

(二) 茶叶生物化学在指导茶叶生产上的意义 茶叶中的化学成分是茶叶产量和品质

的物质反映。因此，在谋求各成分间配比适宜度的前提下，提高这些成分的含量，是茶叶生产过程中人们研究、争取的目的。茶叶生物化学的研究最重要的任务是阐明茶叶中各种物质代谢和形成的途径。关于三大自然物质的生物合成和代谢途径，在普通生物化学中已经有比较详细的说明，这里不再多讲。茶叶中特征物质，如多酚类、嘌呤碱、芳香物质、色素等的生成途径，即将在以下各章中分别加以详细说明，这里只就三大自然物质的一级代谢和特征物质形成转化的二级代谢的关系概括如图0—1所示。

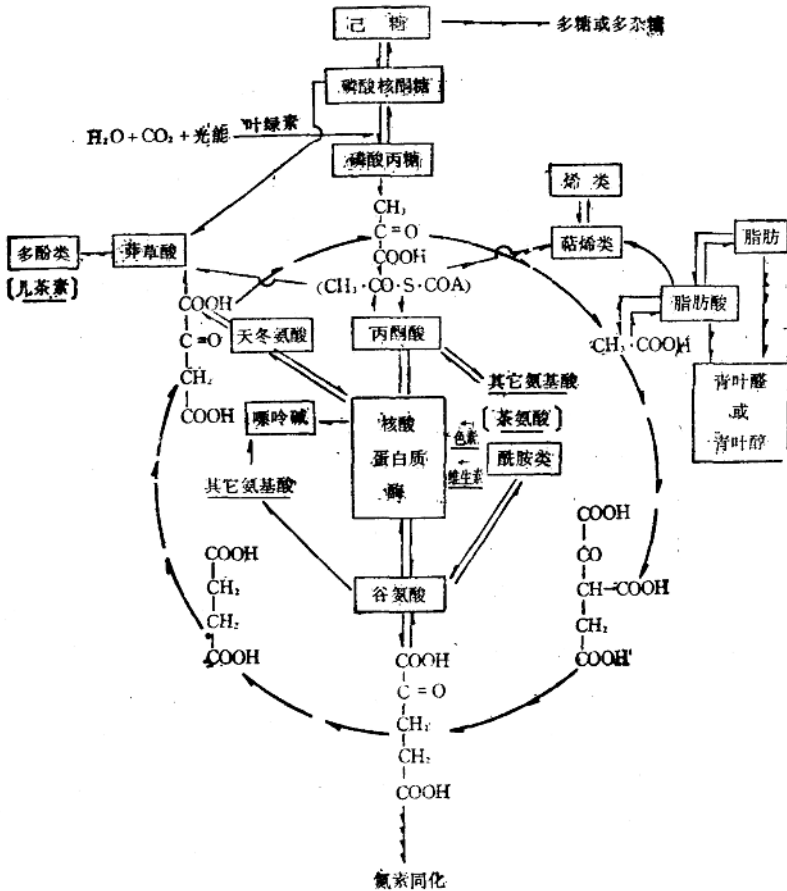


图0—1 茶树物质代谢的互相关系

如何定向地调节代谢途径，即激发或抑制那些途径的酶系，促进或控制某些成分的形成，是我们在茶叶生产过程中保证品质前提下提高产量的关键。茶叶生物化学的研究，可以为我们提供这样的理论根据，从而提高茶叶的产量和品质。

关于上述有定向调节酶系的措施，在茶叶生产的实践中，首先是在选种上下工夫，也

就是运用遗传规律,利用DNA和RNA传递信息,形成适当的酶系。其次是选择自然环境条件和运用农业技术措施、制茶工艺技术,以利用和调节阳光、水分、温度、矿物质养分和工艺操作条件,从而定向地激发和控制酶活性,达到茶叶高产和优质的目的。但是这些措施都应以茶叶生物化学理论作为指导工作的根据。

## 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. B. Мароев-ников(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)<sup>[1]</sup>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。

十九世纪八十年代以后,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)<sup>[2]</sup>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,辻村路子(1929,1934)<sup>[3][4]</sup>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)<sup>[5]</sup>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, 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)<sup>[6]</sup>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)<sup>[7]</sup>,张惠瑞和黄镛(1957)<sup>[8]</sup>对工夫红茶的成分进行了研究,顾景宜(1958)<sup>[9]</sup>对皖西绿茶灰分,府慧君(1957)<sup>[10]</sup>对茶叶水浸出物,王调馨(1951)<sup>[11]</sup>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)<sup>[12][13]</sup>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)<sup>[14][15]</sup>, M. H. Запрометов(1952, 1958)<sup>[16][17]</sup>, K. M. Джемухадзе和Г. А. Шалбнева(1954,1955)<sup>[18][19]</sup>, 滝野庆则、今川弘等(1963)<sup>[20]</sup>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



唐禧 (1958)<sup>[21]</sup>, 卢世昌和徐梅生 (1960)<sup>[22]</sup>, 卢世昌 (1964)<sup>[23]</sup>, 阮宇成和程启坤等 (1964)<sup>[24]</sup>在这方面也取得了不少成绩。萧伟祥、王惠芷和周美宇等 (1964)<sup>[25]</sup>, 程启坤 (1964)<sup>[26]</sup>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. Бокучава, B. P. Попов (1959)<sup>[27]</sup>, 前田清一和佐佐木裕等 (1962)<sup>[28]</sup>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. Запрометов (1962)<sup>[29]</sup>, Э. Н. Прохсер 和 Г. Л. Серенков (1963)<sup>[30]</sup>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)<sup>[31]</sup>、咖啡碱 (1975)<sup>[32]</sup>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<sup>[33]</sup>。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)<sup>[34]</sup>, R. L. Wiekremasinghe 和 T. Swin (1965)<sup>[35]</sup>, 山西贞等 (1970—1973)<sup>[36][37][38]</sup>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 2Å, 这就是说, 已经接近于能看到大分