

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

茶叶生物化学

第三版

宛晓春 主编

茶学专业用

中国农业出版社

第三版编写者

主 编 宛晓春
副 主 编 黄继轸 沈生荣
编写人员 宛晓春（安徽农业大学）
 黄继轸（安徽农业大学）
 张正竹（安徽农业大学）
 沈生荣（浙江大学）
 周才琼（西南农业大学）
 邵宛芳（云南农业大学）
 黄建安（湖南农业大学）
 刘乾刚（福建农林大学）
主 审 萧伟祥（安徽农业大学）

第三版前言

茶叶生物化学是茶学专业的专业基础课，也是茶学科中发展很快的一个领域，新的研究方法和成果不断涌现，新编的茶叶生物化学教材必须充分反映学科新的发展趋势。

《茶叶生物化学》1980年第一版发行后，1984年第二版发行。为了加强基本概念、基本理论和基本技能教学，根据学科发展趋势和21世纪人才培养的要求，此次对教材的编写体系做了较大的修改，强调与普通生物化学、有机化学等基础课和茶学专业课之间的分工与衔接；注重教材的系统性和内容的新颖性。突出介绍茶树次级代谢的特色，产物性质以及在不同的环境、加工条件下的转化规律及对产量和品质的影响等。专设一章茶叶中的化学成分及性质，把茶树中生物碱、茶氨酸、多酚类物质和芳香物质代谢集中列为一章以突出茶树次级代谢的特点；新增绿茶贮藏过程中的物质变化，茶叶中的糖类、皂甙，其他茶类及深加工化学，茶叶功能成分化学和茶叶生物化学研究法等内容。全书除绪论外共分八章。绪论，第一章第7节，第二章第4节，第七章第1、2、3、5节由宛晓春编写；第二章1~2节、第八章2~5节由黄继轸编写；第一章第6节、第五章第3节、第七章第4节由张正竹编写；第二章第3节由张正竹和黄继轸合编；第二章第5节、第三章、第五章第2节由沈生荣编写；第四章由周才琼编写，李立祥同志修改；第一章1~5节由邵宛芳编写；第六章2~5节由黄建安编写；第五章第1节、第六章第1节、第八章第1节由刘乾刚编写。考虑到本书可作为相关人员和研究生的参考书，篇幅较大，各校可根据教学时数适当删减。

全书由安徽农业大学宛晓春教授主编，由安徽农业大学萧伟祥教授主审，第七章由中国预防医学科学院营养与食品安全研究所韩驰教授审阅。



在编写过程中，得到中国农业出版社、有关高校和个人的大力支持；安徽农业大学茶学博士生张玉琼、刘莉华、李大祥、硕士生王发左、侯如燕、徐燕、王海燕、杨昌军等同学协助查阅整理资料，打印修改和绘图，在此一并深表谢意。

编者

2003年5月

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，避免水溶色素与多酚类内容的重复，照顾到脂溶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轸、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的成分的形成与转化，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”合作，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，提出了极其重要的意见。

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

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

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	

绪论	1
一、茶叶生物化学的研究内容及其在茶学科中的作用和地位	1
二、茶叶生物化学学科的形成和《茶叶生物化学》教材的编写	1
三、茶叶生物化学研究历史和现状	2
四、茶叶生物化学的发展趋势	5
第一章 茶叶中的化学成分及其性质	8
第一节 茶叶中的多酚类物质	9
一、儿茶素类	9
二、黄酮及黄酮苷类	15
三、花青素和花白素类	18
四、酚酸和缩酚酸类	20
第二节 茶叶中的色素	21
一、茶叶中的天然色素	22
二、茶叶加工过程中形成的色素	30
第三节 茶叶中的氨基酸	32
一、茶叶氨基酸种类及结构	32
二、茶叶中的茶氨酸	34
第四节 茶叶中的嘌呤碱	35
一、茶叶中嘌呤碱的组成与结构	35
二、茶叶嘌呤碱的性质	36
第五节 茶叶中的芳香物质	39
一、茶叶芳香物质的种类	40
二、性质及特点	49
第六节 茶叶中的糖类	49
一、糖的分类与糖的结构	50



二、茶叶中的糖类物质	52
第七节 茶叶中的皂甙	58
一、化学结构和组成	58
二、理化性质	63
第二章 茶树次级代谢	68
第一节 茶树次级代谢的特点、主要途径及调节	68
一、次级代谢特点	68
二、初级代谢和次级代谢的关系及代谢的主要途径	68
三、次级代谢的调节	72
第二节 茶树中的嘌呤碱代谢	76
一、茶树体内咖啡碱的分布	76
二、茶树体内咖啡碱的生物合成	77
三、茶树体内咖啡碱的分解	89
第三节 茶树中的茶氨酸代谢	91
一、氨基酸在茶树中的分布	91
二、茶氨酸的生物合成	95
三、茶氨酸的分解代谢	104
四、茶氨酸的规模化发酵生产	105
第四节 茶树中多酚类物质代谢	107
一、多酚类物质在茶树体内的分布	107
二、茶树体内多酚物质的形成与转化	110
三、茶树中多酚类物质的分解代谢	116
第五节 茶树中芳香物质代谢	119
一、不饱和脂肪族醇的生物合成与转化	119
二、芳香族醇及其衍生物的生物合成与转化	120
三、萜烯类化合物的生物合成与转化	120
四、茶树芳香物质与生态	126
第三章 环境对茶树物质代谢的作用	132
第一节 光照与茶树的物质代谢	132
一、光照在茶树物质代谢中的作用	132
二、光照对茶树碳素代谢的作用	133
三、光照对茶树氮素代谢的影响	135
四、光照对茶树碳氮代谢平衡的影响	138
第二节 温度与茶树的物质代谢	140



一、温度对茶树碳素代谢的影响	140
二、温度对茶树氮素代谢的影响	142
三、温度与茶树氮素代谢对碳素代谢影响的关系	143
第三节 水、肥与茶树物质代谢	144
一、水分对茶树碳素代谢的影响	144
二、水分对氮素代谢的影响	147
三、氮肥与茶树物质代谢	148
四、磷钾肥与茶树物质代谢	151
五、矿质元素与茶树物质代谢	151
第四节 地理状况与茶树物质代谢	157
一、土壤条件与茶树物质代谢	157
二、纬度与茶树物质代谢	160
三、海拔与茶树物质代谢	162
第五节 茶树物质代谢的调控	164
一、覆盖技术对茶树物质代谢的影响	164
二、生长调节剂与茶树物质代谢	166
第四章 红茶制造化学	173
第一节 红茶制造中主要酶类活性变化及作用	173
一、酶在红茶制造过程中的变化	173
二、红茶制造过程中重要的酶	178
第二节 多酚类物质与红茶品质形成	180
一、多酚类物质在红茶制造中的变化	180
二、多酚类物质的变化与红茶品质的关系	191
三、影响茶色素形成的因素	195
第三节 芳香物质在红茶制造过程中的转化	200
一、红茶香气特征	200
二、红茶香气的形成	203
第四节 红茶制造中糖类物质和含氮化合物的变化	210
一、糖类物质在红茶制造中的变化	211
二、蛋白质、氨基酸在红茶制造中的变化	213
三、叶绿素在红茶制造中的变化	215
第五章 绿茶制造化学	219
第一节 绿茶制造中酶的热变性	219
一、酶的热变性	219



二、酶的热变性与绿茶品质的关系	222
第二节 绿茶制造中主要化学成分的变化	224
一、多酚类的变化	225
二、氨基酸的变化	228
三、芳香物质的变化	232
四、色素的变化	234
五、其他物质的变化	238
第三节 绿茶贮藏过程中的物质变化	240
一、含水率的变化	240
二、色素的变化	240
三、香气物质的变化	241
四、滋味物质的变化	242
五、影响绿茶品质的贮藏环境因素及贮藏措施	244
第六章 其他茶类及深加工化学	248
第一节 乌龙茶的制造化学	248
一、制茶原料的理化性状	248
二、制造过程的化学变化	250
三、成茶品质的化学基础	252
第二节 黑茶制造化学	254
一、黑毛茶制造化学	255
二、茯砖茶制造化学	268
三、普洱茶制造化学	275
第三节 黄茶、白茶制造化学	278
一、黄茶制造化学	278
二、白茶制造化学	283
第四节、花茶制造化学	287
一、茶叶的吸香特性	288
二、茉莉花中的主要香气成分及释香特性	292
三、茉莉花茶香气的组成	294
四、茉莉花茶窈制中主要内含成分的变化	295
第五节 茶饮料加工化学	297
一、茶饮料的化学组成	298
二、茶饮料在加工及贮藏期间的化学变化	301
三、茶饮料加工中茶乳酪的形成及其化学本质	309

第七章 茶叶功能成分化学	319
第一节 多酚类及其氧化产物的功能	319
一、抗氧化作用	319
二、对心血管疾病的影响	321
三、抗变态反应和调节免疫功能作用	322
四、防癌抗癌及抗突变作用	323
五、抗菌、抗病毒及杀菌作用	328
六、消炎、解毒及抗过敏作用	329
七、抗辐射作用	330
八、多酚类的毒理作用	330
第二节 茶皂甙的功能	331
一、溶血和鱼毒作用	332
二、抗菌活性	332
三、抗炎与抗氧化作用	333
四、抗高血压作用	333
五、抑制酒精吸收和保护肠胃作用	334
六、生物激素样作用	334
七、杀虫、驱虫作用	335
八、其他作用	335
第三节 茶叶生物碱的功能	335
一、咖啡碱的功能	336
二、茶叶碱与可可碱的功能	339
第四节 茶叶多糖的功能	340
一、茶多糖的药用功能	340
二、多糖的构效关系	344
第五节 其他成分的功能	345
一、蛋白质与氨基酸的功能	345
二、芳香物质的功能	346
三、维生素的功能	347
四、矿质元素的功能	349
第八章 茶叶生物化学研究法	359
第一节 酶的研究方法	359
一、茶叶中酶研究基本方法	359
二、酶的获取、加工和利用	366



第二节 次级代谢研究方法	367
一、研究系统的选择	368
二、研究方法的种类	371
第三节 次级代谢的研究	379
一、利用示踪法的次级代谢研究	379
二、借助培养细胞系的次级代谢研究	386
三、利用细胞器官的次级代谢研究	394
第四节 茶叶香气化合物的制备与分析方法	401
一、茶叶香精油的提取制备方法	401
二、茶叶香气的分离方法	405
三、茶叶香气的定性分析	406
四、茶叶香气的定量	407
五、测试效果	408
第五节 茶叶中功能成分的研究方法	409
一、茶叶中咖啡碱的研究方法	409
二、茶叶中氨基酸的研究方法	411
三、多酚类的研究方法	413
四、茶黄素的研究方法	418
五、茶多糖的研究方法	419
六、茶皂素的研究方法	421
附表 茶叶香气成分表	427

绪 论

一、茶叶生物化学的研究内容及其在茶学科中的作用和地位

茶叶生物化学是茶学专业一门重要的专业基础课，是植物化学、生物化学、食品化学渗透到制茶学、茶树栽培育种学、茶叶审评与检验、茶叶深加工及综合利用等领域后，形成的一门交叉学科，是提供茶叶生产、加工、利用、贸易等有关化学及生物化学的理论依据。蛋白质、糖、脂质、核酸等是植物生命活动不可缺少的物质，其代谢称之为初级代谢；植物经过长期进化，在特定条件下，以一些重要的初级代谢产物为前体，经过一些不同的代谢过程，产生一些对维持植物生长发育不起重要作用的化合物，如生物碱、黄酮、挥发性气味物质等，合成这些化合物的过程称为次级代谢，这些产物称为次级代谢产物。

茶叶生物化学的主要研究内容如下：

- (1) 阐明茶树各器官尤其是新梢中化学成分特别是次级代谢产物的种类、结构、性质及其生物合成。
- (2) 阐明各化学成分在不同环境下的代谢变化及积累情况，为茶树高产优质提供理论指导。
- (3) 阐明各化学成分在加工贮藏中的变化规律及其对茶叶品质的影响，为加工工艺的制定及机械的设计提供理论参考。
- (4) 介绍茶叶中一些重要的生物活性物质的药理作用。

通过本课程的教学，要求学生掌握茶叶中主要特征成分的结构、性质、不同加工及栽培条件下物质转化的规律，各化学成分对茶叶品质的影响，为进一步学好茶学各门专业课奠定扎实的理论基础。

二、茶叶生物化学学科的形成和《茶叶生物化学》教材的编写

茶叶生物化学的研究工作可以说是从 1827 年发现茶叶内含有嘌呤碱化合物时开始的，当时称之为茶素，即咖啡碱；1947 年发现茶叶中存在 7 种儿茶素，构成了茶叶化学或者说茶叶成分化学的雏形；1957 年，英国人 Roberts 等