



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

烟草调制学

宫长荣 主编



中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

烟草调制学/宫长荣主编. —北京: 中国农业出版社, 2003.7

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-08199-0

I. 烟... II. 宫... III. 烟草调制—高等学校—教材 IV. TS44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 048701 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 郑剑玲

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 17.25

字数: 303 千字

定价: 23.20 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

烟草专业“面向 21 世纪课程教材”编委会

主 任 韩锦峰

副主任 王彦亭 陈海如

委 员 (以姓氏笔画为序)

于建军 马继盛 王彦亭 王瑞新

刘国顺 孙新雷 闫克玉 李正跃

吴元华 陈海如 杨铁钊 宫长荣

赵献章 谈 文 韩锦峰

主 编 官长荣 (河南农业大学)

副 主 编 杨焕文 (云南农业大学)
王能如 (中国科学技术大学)
艾福清 (贵州大学)

编写人员 (以姓氏笔画为序)
王能如 (中国科学技术大学)
艾福清 (贵州大学)
刘彦中 (云南农业大学)
李章海 (中国科学技术大学)
杨焕文 (云南农业大学)
官长荣 (河南农业大学)
符云鹏 (河南农业大学)

总 序

“烟草”在我国是一个大行业。我国烤烟种植面积和总产量都居世界首位，发展优质烟叶不管是对烟农还是对卷烟工业都是十分重要的。

但是，烟草又是一种备受争议的作物，吸烟对人体健康未必有什么好处。因此，生产出优质低害的烟叶尤其重要，培养解决这些问题的人才自然是迫切的任务了。长期以来国内还没有全国性的烟草类规划教材，在国家烟草专卖局科技司与中国农业出版社教材中心的大力支持下，全国 11 所高等院校的 60 多位专家教授，在原有自编教材的基础上，进行整合与创新，合作编写了这套烟草专业“面向 21 世纪课程教材”。

该套教材共 10 册，包括河南农业大学韩锦峰主编的《烟草栽培生理》，河南农业大学刘国顺主编的《烟草栽培学》，河南农业大学杨铁钊主编的《烟草育种学》，河南农业大学谈文、沈阳农业大学吴元华主编的《烟草病理学》，河南农业大学马继盛、云南农业大学李正跃主编的《烟草昆虫学》，河南农业大学宫长荣主编的《烟草调制学》，郑州轻工业学院闫克玉、河南农业大学赵献章主编的《烟叶分级》，河南农业大学于建军主编的《卷烟工艺学》，河南农业大学王瑞新主编的《烟草化学》、郑州大学孙新雷主编的《烟草商品学》，内容基本涵盖了烟草行业的方方面面。

书中的很多数据与理论既是我国广大师生、科技人员的研究成果，同时也是当今国内外烟草领域最新的科技成果与现代技术。该系列教材不但科学地界定了单本教材的内容，又注重单本教材之间的承启关系。所以，该系列教材不但可以作为普通高等院校本科教材，也可作为烟草行业的技术培训教材，既可以整套选用，也可根据需要选择单本或其中几本使用。

韩锦峰

2003 年 4 月

前 言

烟草调制是烟草学的重要组成部分，也是烟草生产的关键技术环节。根据天时地利条件选择适宜的品种，并配合以施肥和包括烟田管理在内的全部农艺过程，形成具有一定质量潜势的鲜烟叶之后，还必须通过适宜的采摘和特定的调制设备，在适宜的环境条件下进行干燥，才能显露和发挥其应有的质量特色。因此，烟草调制学是烟草专业的核心课程之一。

20世纪80年代中期以来，随着不断完善和全面推行品种优良化、种植区域化和加强中外技术合作，我国烟叶质量水平已经有了明显提高，在一些主要烟区的部分烟田，烟草田间长势长相已具有优质烟的态势，被国内外专家公认达到或接近国际先进水平。但是调制后的烟叶在外观质量和香吃味等可用性特征方面，与进口烟叶却有不同程度的差距，表明提高烟草调制技术是提高我国烟叶质量的关键问题。

烟草调制学的核心是研究烟叶在成熟和调制过程中质量形成的本质及其与环境条件的关系，确立和提供最适宜的调制工艺技术；根据调制工艺需要设计和建造科学实用的调制设备。在调制过程中，还要根据实际的烟叶素质及其变化动态灵活运用工艺条件，使之最终能够满足人们对烟叶原料质量的要求。

在此之前，国内开办有烟草专业的高校都以《烟叶烘烤原理》（科学出版社，1994年）和《晒晾烟栽培与调制》（上海科学技术出版社，1988年）作为教材蓝本，为了迎接21世纪知识经济的挑战，注重培养学生的原始创新能力，本教材在编写过程中，以高度的责任感，将长期从事烟草教学、科研和生产实践所积累的大量资料与国内外的最新研究成果融为一体，同时根据我国烟草生产的发展自然经济状况，系统总结了烟草调制中影响质量形成的理论与技术，全书力求概念准确、层次清晰、理论先进、实用性强。

本书共分六章，主要内容包括烟叶调制的物理学基础、烟叶调制设备、烟叶成熟采收和调制前整理、烟叶调制的生理生化基础、烤烟调制技术、主要晒晾烟调制技术。其中绪论、第一章和第二章由官长荣编写；第三章由杨焕文和刘彦中编写；第四章由艾复清编写；第五章由王能如和李章海编写；第六章和其他章节中有关晒晾烟的内容由符云鹏编写。主编官长荣统揽全书进行定稿。书中除注明出处的引文外，还引用了其他大量的文献资料，未能一一列出，在

此谨对作者表示深深的谢意。河南农业大学教务处和农学院、云南农业大学、中国科学技术大学、贵州大学的有关领导，为本教材的顺利编写给予了大力支持，这里一并表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，加之编写人员水平有限，本书一定还有许多疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2003年5月于郑州



总序

前言

绪论	1
一、烟叶调制的意义、类型与实质	1
二、烟叶调制的科学性	3
三、烟叶烘烤调制的研究与技术进步	5
第一章 烟叶调制的物理学基础	8
第一节 烟叶干燥的基础理论	8
一、湿烟叶的物理学特性	8
二、烟叶的干燥过程	10
三、烤烟在烘烤调制过程中的干燥指标	15
四、湿空气性质图在烟叶调制中的应用	18
五、调制环境温湿度与烟叶质量	23
第二节 烟叶烘烤供热的基础理论	25
一、烟叶调制的热量来源	25
二、固体燃料的供热特性	27
三、固体燃料燃烧过程与计算	30
四、烟叶烘烤过程的热量传递	34
第三节 烤烟调制的热量衡算与节能	36
一、烟叶烘烤的热理论衡算	36
二、烤房的热量平衡测算	43
三、烟叶烘烤节能	49
第二章 烟叶调制设备	53
第一节 烟叶烘烤设备的基本类型	53
一、自然通风气流上升式烤房	53
二、气流下降式烤房	54
三、密集烤房	56

四、连续化烤房·····	57
第二节 普通烤房的设计与建造·····	59
一、普通烤房的质量要求和规格·····	59
二、烤房整体设计与建造·····	61
三、普通烤房的加热设备·····	63
四、普通烤房的排湿设备·····	70
第三节 密集烘烤设备设计与建造·····	75
一、基本结构·····	75
二、土木结构密集烤房的建造·····	77
第四节 白肋烟调制设备·····	81
一、白肋烟调制设备的基本要求·····	81
二、晾房的建筑结构与规格·····	83
三、晾棚的建造·····	85
四、晾房内部的温湿度变化规律·····	85
第五节 香料烟调制设备·····	87
一、塑料晒棚·····	87
二、晒烟架·····	88
三、晾房·····	89
第三章 烟叶成熟采收与调制前整理·····	91
第一节 烟叶成熟的生物学基础·····	91
一、叶片发育的一般过程·····	91
二、叶片的部位特点·····	92
三、烟叶在成熟过程中组织结构的变化·····	95
四、烟叶成熟过程的主要生理生化变化·····	98
五、烟叶成熟过程的化学变化·····	109
第二节 烤烟成熟采收与装烟·····	117
一、烟叶成熟度与质量的关系·····	117
二、烟叶成熟的一般特征·····	125
三、影响烟叶成熟的因素·····	125
四、烟叶采收的原则与方法·····	129
五、普通烤房编烟与装烟·····	134
第三节 白肋烟采收与挂置·····	137
一、白肋烟的成熟特征·····	137
二、采收方法和采收时期·····	138
三、上绳与挂置·····	142

第四节 香料烟的成熟采收穿叶上架	143
一、香料烟的成熟特征	143
二、采收	145
三、穿叶上架	146
第四章 烟叶调制的生理生化基础	149
第一节 烟叶在调制过程中的主要代谢活动	149
一、烟叶在调制过程中的代谢活动特点	149
二、烟叶在调制过程中的主要代谢活动及与环境条件的关系	150
第二节 烤烟调制与内在质量的关系	154
一、调制条件与主要化学组成的变化	155
二、矿物质的变化	170
三、香气成分与质量的关系	171
四、烘烤调制条件与烟叶香吃味	175
第三节 烘烤调制过程中烟叶变黄规律	181
一、烟叶变黄的本质	181
二、烟叶变黄的一般规律	183
三、烟叶变黄的调控	187
第四节 调制过程中烟叶褐变机理与调控	188
一、棕色化反应的概念与实质	189
二、棕色化反应发生的条件	191
三、棕色化反应的调控	194
第五节 白肋烟晾制过程中生理生化变化	195
一、变色过程	195
二、干燥过程	203
三、干物质的变化	205
第五章 烤烟调制技术	206
第一节 烟叶烘烤特性的判断	206
一、烟叶烘烤特性的概念	206
二、影响烟叶烘烤特性的主要因素	207
三、烟叶烘烤特性的判断	209
第二节 烤烟三段式烘烤工艺	210
一、我国传统烘烤工艺	210
二、国外烤烟主要烘烤技术指标	216
三、烤烟三段式烘烤工艺	217

四、三段式烘烤工艺的应用	220
第三节 几种非正常烟叶的烘烤	223
一、水分大的烟叶烘烤	223
二、水分小的烟叶烘烤	227
三、其他特殊烟	228
第四节 烘烤操作技术	230
一、烟叶变化的判断技术	230
二、烧火加热技术	231
三、通风排湿技术	234
四、烧火加热与通风排湿的相互配合	236
五、干湿球温度计的使用	237
六、烘烤记录与评价	237
第五节 烘烤中常见故障与异常现象	239
一、烤房设备常见故障与排除	239
二、烟叶在烘烤过程中的异常现象	241
三、烤坏烟现象分析	243
第六节 烟叶回潮与堆放	244
一、回潮标准	244
二、回潮方法	245
三、烟叶烤后堆放	246
第六章 主要晒晾烟调制技术	248
第一节 白肋烟晾制技术	248
一、白肋烟晾制技术	248
二、特殊情况的处理	251
三、晾制后处理	252
第二节 香料烟调制与加工技术	253
一、香料烟调制技术	253
二、堆积醇化	253
三、加工技术	254
附表 1 烤房内空气相对湿度对照表	257
附表 2 饱和水蒸气压 P_b 与其温度 t 之间的关系	258
附表 3 水的汽化潜热 γ 和饱和水蒸气热焓 H_b 与温度 t 的关系	259
附图 湿空气性质 ($i-d$) 图	260
主要参考文献	261

绪 论

一、烟叶调制的意义、类型与实质

1. 烟叶调制的类型 烟草的基本类型有晒烟、晾烟、熏烟、烤烟等四种。事实上，这些类型就是根据其调制方法命名的。每个类型的烟草，都有其特殊的品质风格特点，包括烟叶的物理特性、化学组成、颜色、燃吸时的香味及加工特性等。因此它们在用于加工制作烟制品时，也各有各的可用性特点。

人们最早认识烟草并开始有目的地种植时，可能就是简单地利用太阳暴晒干制的，被以后人们称之为晒烟。而后将挂置在无阳光直射的环境中实现干制的烟叶称为晾烟。也有些烟叶采用半晒半晾实现干制。在哥伦布发现美洲新大陆以前，当地的土著印第安人就使用明火进行烤烟，现在称之为明火烤烟或暗色烟熏烟，也简称为熏烟。明火烤烟的技术关键是烟熏，这种方法除了有浓烈的烟气熏蒸外，与晾制并无多大差异。但是熏制的烟叶有浓郁的杂酚油香味，与晾制烟叶风格显著不相同，也不同于现代性质烤制的烟叶。

烤烟最早称为火管烤烟，是在暗色烟熏烟基础上形成的一个类型。起始于19世纪前半叶，其方法是用木炭烧小火代替硬质湿木块与湿松枝或灌木丛枝条燃烧的烟熏，以后又有采用暖气管供热烤烟，烤制后的烟叶色泽黄亮，而且香气更好。现代烤烟的调制加热方式均使用热交换器，烟叶以无燃烧物烟气成分的热空气为介质实现干制，和明火烤制的烟熏烟有着本质的差异。

2. 烟叶调制的意义 从人们最初认识的烟草，到目前栽培种植的各种类型的烟草，调制就是将田间生长达到一定程度的鲜烟叶收获后，放置在特定的设备内，施以必要的温湿度条件，保持一定的时间，使烟叶的变化达到人们所要求的程度，包括外观上最直观的颜色等质量指标和内在吸味特征。比如烤烟，必须颜色黄亮，光泽鲜明，燃吸时香气浓郁，吃味醇和，劲头适中。

从整体上讲，烟叶原料质量和可用性形成经历了三个过程：烟叶种植的全部农艺过程，形成和积累了烟叶的物质基础；烟叶调制过程，显露和发挥烟叶的质量品质；发酵和陈化过程，是对烟叶的品质的改善和提高。就烟叶的农艺过程而言，烟叶质量和可用性也取决于四个方面：一是选择适宜的环境条件，

包括土壤类型和理化特性、气候状况；二是选择适宜的烟草类型、品种；三是根据自然环境条件和烟草类型、品种要求，进行以平衡施肥协调烟株营养为中心的栽培管理；四是根据烟叶在大田生长过程形成的实际素质和特点，进行合理有效的调制加工。左天觉博士指出，环境条件、品种、调制方法是烟叶质量形成的基础，三者改变其一，或者是一种新的产品，或者就是一种废弃物。

烘烤调制是决定烟叶最终质量和可用性的一个重要环节，从更深一个层次讲，反映烟叶最终质量的外观商品等级指标，如成熟度、叶组织结构、颜色、光泽、油分、身份等，以及内在化学成分和烟叶的香吃味指标，只有通过烘烤调制后才能表现出来。一方面，具有潜在质量的鲜烟叶必须经过烘烤过程的转化，其优良品质才能表现出来，才具有商品的质量要素，才具有使用价值和经济效益；另一方面，相同质量潜势的鲜烟叶以不同的工艺条件烘烤，将得到具有不同外观和内在质量的干烟叶。正因为如此，不同生态环境条件下形成的质量潜势不同的鲜烟叶，必须采用与其相适应的烘烤工艺措施，才能使其质量潜势最大限度地表现出来，显现应有的使用价值和经济价值，这就是烘烤对烟叶质量的主动作用。

烤烟调制的核心是烘烤工艺技术的实施，这个过程称为烟叶烘烤，其根本目的就是要最大限度地显露和发挥烟叶在农艺过程中形成和积累起来的质量潜势，达到烤熟、烤黄、烤香。烤后烟叶黄色鲜亮而且香气浓郁才意味真正烤熟烤好。烤黄的标志是多出上等烟，少出或不出各种含青烟、杂色烟、挂灰烟。从理论上讲，生长发育良好的烟株和烟田，所产上等烟比例应达到80%，而生产中大面积烟田上等烟达到80%的却为数不多，其原因很大程度上在于某些烘烤环节不当而导致烟叶质量下降。烤香的标志是烟叶的香气质好，香气量足，有成熟所特有的香气。因此，烤黄是烟叶烘烤的低标准，烤香是高标准，而且人们也越来越重视烟叶的香气质量。当然，由于气候或农艺过程的原因，导致生产的鲜烟叶基本素质低劣，缺乏必要的物质基础，试图通过烘烤使烟叶质量得到彻底改善也是不现实的。烘烤工作者的任务，是要根据鲜叶的素质特点和在烘烤中外观变化与内在变化的一致性的普遍规律，结合具体烘烤对象的特殊性，采取适宜的烘烤措施，弥补烟叶农艺性状的不足，实现既烤黄，又烤香。

3. 烟叶调制的实质 烟叶调制的实质是烟叶脱水干燥的物理过程和生物化学变化过程的统一。核心是碳素和氮素代谢的程度及其与水分动态的协调性，必须向着有利于烟叶品质的方向发展。

作为烤烟，烤干是烟叶组织内的水分不断地转移、蒸发和排出的物理过程，而且在此过程中烟叶的变黄和黄色的固定、变香和香气的显露，则又是叶

组织内进行复杂的化学和生物化学变化的结果。其中水分是各种生理生化变化不可缺少的因素。烟叶变黄必须在烟叶停止生命活动之前通过各种酶促反应实现，黄色固定则必须是以变黄为基础通过失水干燥实现。但若在此期间对烟叶水分控制不得当，又会因酶促作用导致烟叶向变褐发展。烟叶烤熟变香既有酶促作用，又有非酶作用，贯穿于烟叶烘烤过程的始终。因此，烟叶烘烤调制过程并不是简单的失水干燥过程，而是其与生物化学变化过程的统一，和干燥有着本质不同的含义。

但是，排除水分也是烟叶烘烤的目的之一。由于烟叶组织中的水分状况直接影响着各种生理生化转化过程，因此可以说恰当地控制烘烤中烟叶变化各阶段的水分动态是至关重要的，甚至对烟叶失水速度的控制得当与否就是烘烤成败的关键。

二、烟叶调制的科学性

1. 烟叶调制研究的内容 烟叶调制是研究烟叶的成熟规律及其采摘后置于特定设备内人为控制温湿度条件下变黄、干燥成为人们所需产品的理论与技术的科学。烟叶调制研究的基本内容包括三个方面：一是各种环境条件下烟叶的发育成熟规律和采收技术；二是揭示烟叶在调制过程中变黄、变香、变干的内部转化规律，以及创造和提供调制环境条件（如温度、湿度、供热、通风等）与烟叶变化的协调性的技术原理与方法；三是调制设备的设计原理与建造技术。涉及生物学、植物生理与生物化学、物理学等诸多种学科的交叉和综合应用，是一门综合性应用科学。

2. 烟叶调制的科学性 烟叶调制是一门科学，又是一门艺术。其中有两个方面的含义，一是烟叶调制本身有许多共性及规律性的东西，调制过程的各项操作都有规可循，要以本质上共同的规律为指导；二是烘烤调制的对象复杂多变，有许多特殊的个性的东西，需要在遵循基本规律的前提下灵活运用技术原理。譬如不同品种、土壤、气候、生态环境、栽培管理尤其是营养条件下形成的烟叶，甚至同一株烟叶的不同部位间，差异都是肯定的。因此，深入研究和全面了解掌握烟叶调制相关因素和过程的基本技术原理和规律，不仅对于增强调制管理中的主动性，克服其盲目性有积极作用，而且对于研究和改进调制设备也是必须的。

烟叶烘烤调制工艺具有普遍性，要反映烟叶烘烤过程的本质。但是科学先进的烘烤调制工艺必须是建立在对烘烤调制过程中烟叶外观变化与内在变化规律、两个变化的关联性、调制环境条件中可控因素（如温度、湿度、通风、维

持时间等)与烟叶变化关系的基础上的,而且不同素质类型的烟叶也会有各自的特殊规律性。所以,因地、因时、因烟的具体实际,运用烘烤工艺实施各项技术操作,才是烘烤调制烟叶的灵魂所在。

烤烟的烘烤调制设备要服务和服从烘烤工艺要求,要科学实用。烘烤技术、烘烤设备的改进,又是以物理学、化学、传热学、干燥理论和电子学为指导,都随着科学技术的进步不断发展。譬如烘烤过程中温湿度及气流速度的控制,已从原来的仅靠天窗排气,烧火加温等粗放调节,发展为现代的自控技术,操作起来更为简便准确。

3. 烟叶调制的实践性 烟叶调制是一门与实践紧密联系在一起的科学,具有很强的实践性。譬如关于对烟叶成熟度的认识,已经确认它是一个质量概念。既是重要的理论问题,又有很强的实践性。从理论上讲,烟叶成熟度是物质转化程度达到最终烟叶质量所要求程度的概念。从实践上讲,田间烟叶生长发育外观上达到什么程度、什么样状态算真正生长成熟;烘烤调制过程烟叶达到什么程度、什么样状态算真正烘烤成熟,两者怎么配合起来等等,实践性特别强,必须通过大量的实践才能很好掌握。

又如烟叶烘烤技术的应用实施,目前,在我国生产条件下主要集中体现在两个方面,一是人工烧火供热;二是根据烟叶的变化动态需要调控烤房内温湿度环境。烟叶烘烤要求恰当的烧火供热,确保烤房内温湿度环境与烟叶的变化动态巧妙而完美的结合,这是烘烤成败的关键。所以,要说明什么是烟叶烘烤技术,就可以简单回答:一是会看烟,正确判断烟叶的变化程度和发展动态;二是会烧火,恰当供热;三是会通风排湿。这三者的结合甚至其中之一都有很强的实践性,而且仅烧火本身就堪称烤好烟叶的一项基本功。

传统的烘烤技术没有定量的、规定性的、有把握切实烤好烟叶的技术指标,只能是凭经验烧火,凭感觉烤烟,技术很难掌握。而且往往是以基本不变的经验技术,去对付素质有差异的各种各样的烟叶,使得烟叶烘烤质量没有可靠的保证。20世纪80年代以来,由于烤烟“三化”生产措施的不断完善和落实,鲜烟叶素质显著改善和提高,宫长荣等以对烟叶烘烤理论研究为基础,创立的烤烟三段式烘烤工艺,已经在生产中全面应用推广,它是反映和代表当今最先进、最典型、最能体现烟叶内在品质和外观质量一致性的烘烤工艺,具有广泛的适用性和指导意义。但是,一方面烟叶生产水平不断提高,另一方面生产发展具有不平衡性,而且烟草规范化生产也毕竟是一个相对的和动态的概念,地域间的差异、时空差异、气候条件造成的差异等几乎是不可避免的,烟叶在烟株上着生部位的差异也是无法消除的,它们无疑会影响烟叶的营养状况和素质特点。因此,不管烟叶生产规范化程度如何高,也必然存在着烟叶素质和烘烤特性的差异性,在实施

三段式烘烤工艺的实践中,势必需要遵循烟叶变化的实质和规律,对某些技术指标作必要和适当的调整,才能确保烤出高质量的烟叶。

4. 烟叶烘烤调制是一个完整的技术体系 烟叶烘烤调制是多项相关技术的优化组合和集成。从烤房设备建设,到准确判断烟叶成熟度、适时采收、鲜烟叶整理、编竿装炕,再到根据鲜烟叶素质判断烘烤特性、确定烘烤工艺、烘烤中烟叶变化特点的观察、温湿度和通风排湿系统的调控、烤后烟叶回潮等,相互连贯形成了烟叶烘烤技术体系。其中掌握烟叶适时成熟采收甚至包括合理装烟是烤好烟的基础,应用科学先进的烘烤工艺是烤好烟的关键,建造合理实用的烤房设备,满足烟叶烘烤工艺要求,是烤好烟的保障。这三个方面的任一环节处理不当,都会影响到烟叶的烘烤效果。所以,包括目前烤烟生产中推广的三段式烘烤技术,绝不能简单地理解为仅仅是烘烤技术操作,还必须与相关的技术配套,使各项技术发挥最大的优势,产生综合集成效应。

三、烟叶烘烤调制的研究与技术进步

1. 烟叶烘烤质量形成本质的研究 事实上,人们很早就重视烘烤过程中的生理变化研究。20世纪50年代就有人对烟叶在烘烤过程中发生褐变的棕色化反应进行研究,提出了棕色化反应与高温的正相关关系。并有不少学者对烟叶在烘烤过程中碳水化合物消长和蛋白质的降解进行了系统的研究,发现烘烤过程中淀粉和蛋白质等大分子物质减少,糖分和游离氨基酸含量增加。70年代后期到80年代,人们逐步弄清了烟叶烘烤过程中色素变化规律及其与烟叶颜色变化的关系,并探讨了各种生理变化的酶促反应机制,发现烟叶变黄阶段是叶内主要化学成分转化的关键时期,给予充分的时间,控制适宜的温湿度条件和烟叶的变黄程度对改善烟叶质量非常重要。

围绕增进烟叶香味和防止烟叶变褐,对烟叶成熟和烘烤过程中的生理生化变化曾经进行了大量研究。韩锦峰等研究指出,随着烟叶成熟度的增加,叶内各种代谢活动加快,化学成分的积累和转化向着有利于香气提高的方向发展。库依韦等研究发现萜烯类及其降解产物是对烟叶香气和吃味具有重要作用的成分,它们随烟叶成熟度的发展和烘烤方法不同有所变化。罗伯兹研究指出,烟叶香气与类胡萝卜素降解有关,在它降解时,因双键断裂位置不同,产生不同碳原子数的酮类化合物,烘烤中又进一步转化为具有香气的二氢大马酮。莱芬韦尔(Leffingwell)研究认为,在烘烤过程中,糖和氨基酸的非酶棕色化反应,形成香气物质 Amadori 化合物。韩锦峰等研究了改变烘烤环境中气相组成对烟叶的烘烤效应,发现提高烘烤环境 CO_2 浓度可加速叶片脱水,提高

淀粉酶活性，促进叶绿素降解，而多酚氧化酶活性受到抑制。宫长荣等的研究揭示了烟叶在烘烤过程中物质转化、质量形成与烟叶水分及膜脂过氧化作用的关系；脂氧合酶活性与膜脂过氧化作用、叶绿素、类胡萝卜素、脱落酸的相关性；烟叶香气物质的形成和积累规律。宫长荣等对烟叶烘烤过程的膜脂过氧化作用，淀粉酶、蛋白酶、脂氧合酶活性，以及含氮化合物、碳水化合物、脂肪酸的转化进行了系统研究，确认烟叶在相对较低的温度结合较高的相对湿度下变黄，有利于含氮化合物和碳水化合物的分解，对烟叶香气有贡献的物质含量高，烟叶的香气质量会得到提高。希恩则认为，绿原酸氧化是棕色化反应的主导因素。宫长荣等研究认为，烟叶在 35~38℃ 期间实现变黄，在 40~42℃ 延长达到充分凋萎，能够有效地抑制棕色化反应，并使叶碳、氮转化更完善，有利于烟叶品质的固定和发挥。对烟叶烘烤质量影响较大的环境条件首先是变黄温度的高低，其次是定色升温速度的快慢，干筋阶段控制相对较低的温度，既能使烟叶香气得到净化，又能减少有益香气的挥发。随着人们对烟草研究的深化，烟草的有害性不断被揭示。David M·Peeie 等研究指出，烟叶调制设备和调制技术都影响烟叶中烟草特有亚硝胺（TSNA）的形成和积累，当然也造成最终烟叶和卷烟中特有亚硝胺含量差异。

2. 烟叶烘烤技术和设备的研究

(1) 烘烤调制技术研究。过去曾经有过烟叶冷冻干燥、去主脉烘烤和均质烟草调制与综合利用技术的研究，但是与生产实际差距较远，至今尚未在生产上应用。而随着对烟叶烤熟、烤黄、烤香的生理生化机制的大量和系统研究，和对烟叶烘烤过程中各种代谢规律的揭示，使传统的、无确切规定指标的烘烤方法，不断向着科学先进、可靠明确、简化实用方向发展，不断实现规范化、标准化的烘烤工艺，更能够反映或接近烟叶内生理生化变化与烟叶质量形成的真实。由此相关理论研究为基础提出和确立的烤烟三段式烘烤工艺使得我国烟叶烘烤工艺能够在烤烟生产中不断完善和提高。

(2) 烟叶烘烤调制设备的技术进步和创新。自 20 世纪 50 年代中后期美国、日本成功地研制了烤烟密集烘烤设备，包括大箱式烘烤、散叶烘烤等，在生产中应用表明有确保烟叶烘烤质量和节省用工的极大优势。之后日本又以现代灵敏度很高的自动控温控湿系统应用于烟叶烘烤调制，实现了烟叶烘烤过程的自动控制。到目前为止，不管燃油供热的密集烘烤设备，还是烧煤供热（锅炉供热或热烟气进行热交换供热），都逐步发展为温湿度自动控制。

最近几年，我国普遍使用的土烤房或称为普通烤房的标准化技术改造，有明显的技术进步和创新。一是加热设备将传统的卧式火炉改为立式火炉或蜂窝煤火炉，烧火供热变得容易调控；二是以普通烤房为基础，借鉴密集烤房热风