

**Quality and Safety  
Detection and Analysis Method**

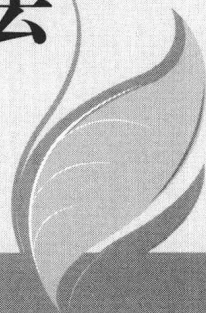
# 茶叶质量与安全 检测技术及分析方法


赵杰文 陈全胜 编著

 中国轻工业出版社

# 茶叶质量与安全检测技术及分析方法

赵本文 陈全胜 编著



 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

茶叶质量与安全检测技术及分析方法/赵杰文, 陈全胜编著. —北京:  
中国轻工业出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5019-7971-4

I. ①茶… II. ①赵…②陈… III. ①茶叶—质量管理②茶叶—食品检  
验 IV. ①TS272.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 241309 号

责任编辑: 涂润林

策划编辑: 涂润林 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男 责任校对: 燕杰 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京京都六环印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 16.5

字数: 340 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7971-4 定价: 40.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

090882K1X101ZBW

# 前 言

茶作为一种天然健康饮料越来越受到人们重视，已成为世界上消费人数最多的饮料。中国是世界上茶叶的主要生产国、消费国和出口国。当前，茶叶行业既面临机遇也蕴涵着挑战。长期以来，质量问题一直困扰着我国的流通领域。在国内名优茶市场，以次充好、以假乱真的现象比较严重，损害了生产者和消费者的利益。近年来，茶叶的安全问题也越来越引起人们的关注，生产及加工过程中的物理、化学、微生物危害直接威胁到消费者的健康和安危，同时也导致茶叶出口屡屡受挫于其他国家的“技术壁垒”和“绿色壁垒”。被拒绝、扣留、退货、索赔和终止合同的事件时有发生，直接影响到国际市场的占有率甚至是国家的信誉。改变这种状况，除了加强管理控制外，加大检测力度，提高茶叶检测技术水平，是当前亟待解决的问题。

现代高技术的发展突飞猛进、日新月异，学科间合纵连横、综合交错。有关茶叶质量与安全的检测技术及分析方法也在不断更新，研究成果涉及茶叶质量与安全检测的方方面面，反映了学科间的渗透及多种技术的融合，但目前还没有一本相关的论著对其进行系统的归纳。本书作者多年来一直致力于食品、农产品检测方法的研究，在该领域，主持了两个国家“863”课题及4项国家自然科学基金，其中，在利用新传感器技术进行茶叶质量检测方面先后得到了2个国家自然科学基金项目的资助（编号为30800666和30971685）；另外，作者在国内率先提出了基于多传感器信息融合的茶叶质量智能化评审的学术思想。相关研究成果申请2项发明专利；发表相关论文30余篇，大都被SCI或EI收录，论文被国外SCI期刊引用100余次，研究成果被国内外专家所认可。

本书围绕茶叶质量与安全检测技术手段展开，既包括传统的检测技术，也包括新的传感器检测技术，同时在各个章节中穿插了一些新的数据挖掘方法，每章的最后都有相应的应用实例介绍。全书共分10章：第一章，绪论；第二章，茶叶质量及感官审评方法；第三章，色谱检测技术及方法；第四章，色谱-质谱联用检测技术及方法；第五章，紫外-可见光和原子吸收光谱检测技术及方法；第六章，近红外光谱检测技术及方法；第七章，计算机视觉检测技术及方法；第八章，电子鼻和电子舌检测技术及方法；第九章，电化学传感器检测技术及方法；第十章，多传感器信息融合检测技术及方法。精华内容大多来自作者长期研究成果，所列的检测技术是一种平台技术，不仅可用于茶叶质量与安全检测方面，也为其他食品、农产品检测提供借鉴，具有鲜明的特征和实用性。本书为从事食品检测方面的教学、科研工作者以及从事茶叶生产、销售、检测的人员提供参考。

在科技与文化同步高速发展的21世纪，人类将培育出新的文明，即人与自然和谐共济、和生共荣的绿色文明。如何贯穿这一概念，如何在体现多种学科知识交叉渗透的同时



突出前沿性、实践性和创新性，这些都是编著者一直在思考的问题。但限于个人知识的局限性，常有力不从心之感。书中难免存在错误，若蒙赐教，不胜感激。

编著者

2010年11月于江苏大学

# 目 录

CONTENRS

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 茶叶质量与安全现状</b> .....	1
一、茶叶质量现状 .....	1
二、茶叶安全现状 .....	3
<b>第二节 茶叶质量与安全检测新技术</b> .....	4
一、茶叶质量检测新技术及其展望 .....	4
二、茶叶安全检测新技术及其趋势 .....	4
<b>第二章 茶叶质量和感官审评方法</b> .....	6
<b>第一节 茶叶质量及其影响因子</b> .....	6
一、茶叶质量的内容 .....	6
二、茶叶质量影响因子 .....	14
<b>第二节 茶叶质量感官审评</b> .....	19
一、感官审评的内容 .....	19
二、感官审评条件及方法 .....	21
<b>第三节 感官审评在茶叶质量审评中的应用</b> .....	27
一、神经网络在茶叶质量感官审评中的应用 .....	27
二、模糊数学在茶叶质量感官审评中的应用 .....	28
<b>第三章 色谱检测技术及方法</b> .....	31
<b>第一节 高效液相色谱分析技术</b> .....	31
一、高效液相色谱分析技术原理 .....	32
二、高效液相色谱仪 .....	38
三、定性和定量分析 .....	40
<b>第二节 气相色谱分析技术</b> .....	42
一、气相色谱分析技术原理 .....	43
二、气相色谱仪 .....	46
三、气相色谱定性和定量分析 .....	47



第三节 色谱分析技术在茶叶质量和安全检测中的应用 .....	48
一、高效液相色谱分析技术在茶叶质量和安全检测中的应用 .....	48
二、气相色谱分析技术在茶叶质量和安全检测中的应用 .....	53
<b>第四章 色谱-质谱联用检测技术及方法 .....</b>	<b>57</b>
第一节 气相色谱-质谱(GC-MS)分析技术 .....	57
一、GC-MS分析技术原理及分析仪器 .....	57
二、定性和定量分析 .....	62
第二节 液相色谱-质谱(LC-MS)分析技术 .....	65
一、LC-MS分析技术原理及分析仪器 .....	66
二、定性和定量分析 .....	67
第三节 色谱-质谱分析技术在茶叶质量和安全检测中的应用 .....	68
一、GC-MS分析技术在茶叶品质与质量安全检测中的应用 .....	68
二、LC-MS分析技术在茶叶品质与质量安全检测中的应用 .....	71
<b>第五章 紫外-可见光和原子吸收光谱检测技术及方法 .....</b>	<b>76</b>
第一节 紫外-可见光光谱仪器及分析方法 .....	76
一、紫外-可见分光光度计分析仪器的基本构造 .....	76
二、定性和定量分析方法 .....	78
第二节 原子吸收光谱仪器及分析方法 .....	84
一、原子吸收分析仪器 .....	84
二、分析方法 .....	86
第三节 紫外、可见光和原子吸收光谱检测技术在茶叶质量与安全检测中的应用 ..	87
一、紫外、可见光光谱在茶叶质量与安全检测中的应用 .....	87
二、原子吸收光谱在茶叶质量与安全检测中的应用 .....	90
<b>第六章 近红外光谱检测技术及方法 .....</b>	<b>94</b>
第一节 近红外光谱分析技术简介 .....	94
一、近红外光谱分析技术的发展 .....	94
二、近红外光谱产生及分析技术原理 .....	95
三、近红外光谱分析技术的特点 .....	97
第二节 近红外光谱仪器 .....	98
一、近红外光谱仪的基本结构 .....	98
二、近红外光谱仪的分类 .....	99
三、近红外光谱仪的主要性能指标 .....	100
第三节 近红外光谱数据分析 .....	101
一、近红外光谱数据预处理 .....	101
二、近红外光谱定量分析 .....	105
三、近红外光谱定性分析 .....	108

四、近红外光谱波长筛选处理·····	108
五、近红外光谱分析中的非线性方法·····	112
第四节 近红外光谱技术在茶叶质量检测中的应用·····	115
一、近红外光谱分析技术在茶叶分类中的应用·····	115
二、近红外光谱分析技术在茶叶真伪鉴别中的应用·····	119
三、近红外光谱分析技术在茶叶内部成分检测中的应用·····	122
四、特征谱区筛选法在近红外光谱检测茶叶有效成分中的应用·····	126
五、非线性方法在近红外光谱检测茶叶有效成分中的应用·····	139
六、茶叶有效成分近红外光谱分析模型的简化·····	144
第七章 计算机视觉检测技术及方法·····	150
第一节 计算机视觉技术概况·····	150
第二节 计算机视觉中的图像处理技术·····	152
一、数字图像化·····	152
二、数字图像的文件格式·····	154
三、彩色图像处理·····	156
四、图像分割方法·····	160
五、形状特征分析方法·····	165
六、纹理特征分析方法·····	166
第三节 计算机视觉系统与设备·····	170
一、常规计算机视觉系统与设备·····	170
二、高光谱成像系统与设备·····	171
三、X射线成像系统与设备·····	175
第四节 计算机视觉技术在茶叶质量检测中的应用·····	180
一、常规计算机视觉技术在茶叶分类识别中的应用·····	180
二、高光谱图像技术在识别不同等级绿茶中的应用·····	186
三、X射线成像技术在检测茶叶产品中异物的应用·····	190
第八章 电子鼻、电子舌检测技术及方法·····	194
第一节 电子鼻、电子舌检测技术概述·····	194
一、生物嗅觉与生物味觉·····	195
二、电子鼻与电子舌·····	197
第二节 电子鼻与电子舌传感器阵列及模式识别·····	200
一、电子鼻、电子舌传感器及传感器阵列·····	200
二、电子鼻、电子舌的模式识别方法·····	204
第三节 电子鼻与电子舌技术在茶叶质量检测中的应用·····	208
一、电子鼻技术在茶叶质量检测中的应用·····	208
二、电子舌技术在茶叶质量检测中的应用·····	210





<b>第九章 电化学传感器检测技术及方法</b> .....	214
<b>第一节 电分析化学导论</b> .....	214
一、化学电池 .....	214
二、电极电位 .....	215
三、电极的极化 .....	216
四、电极的种类 .....	217
<b>第二节 伏安分析法</b> .....	218
<b>第三节 电化学分析技术在茶叶质量检测中的应用</b> .....	221
一、电化学方法检测茶叶中铅的含量 .....	221
二、电化学方法检测茶叶中咖啡因的含量 .....	222
三、电化学方法检测茶叶中儿茶酚的含量 .....	222
<b>第十章 多传感器信息融合检测技术及方法</b> .....	226
<b>第一节 多传感器信息融合技术检测原理</b> .....	226
一、多传感器信息融合技术一般概念 .....	226
二、多传感器信息融合技术结构 .....	227
三、多传感器信息融合技术不同层次 .....	228
四、多传感器信息融合技术发展方向 .....	230
<b>第二节 多传感器信息融合技术的数据处理</b> .....	231
一、贝叶斯方法 .....	232
二、D-S 证据理论 .....	233
三、模糊集理论 .....	234
四、神经网络理论 .....	235
<b>第三节 多传感器信息融合技术在茶叶质量检测中的应用</b> .....	236
<b>参考文献</b> .....	242

# 第一章

## 绪论



茶作为一种天然健康饮料越来越受到人们重视，已成为世界上消费人数最多的饮料。目前全世界有 54 个国家和地区种植茶叶，160 多个国家消费茶叶。中国是世界上茶叶的主要生产国、消费国和出口国；随着中国加入 WTO 后，中国的茶叶行业既面临空前的机遇也蕴含着巨大的挑战。长期以来，质量与安全问题一直困扰着我国的流通领域。目前国内名优茶市场相对混乱，由于价格高，产品利润空间大，一定程度上导致了我国的名优茶市场存在以次充好、以假乱真的现象。这不仅损害了消费者利益，也不利于名优茶品牌的保护，最终导致中国茶叶产业长期处于一种不健康的发展环境。要克服当前所面临的不良状况，必须加大茶叶质量检测和监控力度，才能确保执行好茶好价、次茶次价的价格策略。同样，茶叶加工过程中的物理、化学、微生物因素造成的食品安全问题也越来越引起人们的关注。我国茶叶出口近年来遭遇到严重的“绿色壁垒”，尤其是欧美和日本等国家不断地制定更加严格的标准，导致我国茶叶出口明显下降。改变这种状况，除了加强管理控制外，加大检测力度，提高茶叶检测技术水平，是当前亟待解决的问题。

### 第一节 茶叶质量与安全现状

#### 一、茶叶质量现状

茶叶质量一般是指茶叶的色、香、味、形与叶底。茶是一种饮料，就饮用需要而言，茶汤的香气和滋味应是品质的核心。但茶叶的商品性强，美观的外形与光润的色泽也是不能忽视的。目前茶叶质量主要通过感官审评和理化分析两种方法来确定。

感官审评就是用人的感觉器官对茶叶的各个感官质量指标进行逐一评判，然后进行加权平均对茶叶总体质量指标进行审评。目前感官审评仍是茶叶质量评判中的最有效和最简单的手段之一。茶叶的感官质量指标归结起来主要是色、香、味、形四个方面。色是指茶叶的色泽，包括干茶色泽和汤色；香是指茶叶的香气；味是指茶汤的滋味；形主要是指茶叶的外形，包括茶叶的形状、嫩度、整碎和净度等。不同的茶叶有其各自的色、香、味、形特点，如西湖龙井、碧螺春、信阳毛尖、君山银针、六安瓜片、黄山毛峰、祁门红茶、都匀毛尖、铁观音、武夷岩茶十大名茶，均有各自的感官特点，细细分辨是可以将这些茶

区分开来的，但这种鉴别方法需要有足够的茶类特征知识和足够的茶叶审评经验，还要有一定的茶样作比对，才能较准确地将茶叶的质量审评出来。感官审评时，需从茶叶的色、香、味、形四个方面进行全面考察，遗漏了某一方面就有可能造成评判错误。通常情况下，这对于普通的消费者来说是比较困难的，因为感官审评毕竟是一种专家行为，专家的培养需要一个长期的训练和经验获取的过程，普通消费者不具备这种能力。另外，感官审评受主客观因素影响干扰大，即使训练有素的茶叶审评专家，他们感觉器官的灵敏度也会受到经验、性别、精神状态、身体状况甚至地域环境等因素的干扰，从而影响鉴别结果的准确性。

可见，茶叶的感官审评技术虽然较完善，但它毕竟是一种主观的模糊的评判行为，人们还是希望有更加可靠的评判方法。由于茶叶质量与茶叶商品规格、商品信誉及经济效益有着极其紧密的联系，而茶叶质量评定方法本身的先进程度对评定结果有着直接的影响。因此，研究和开发既准确、稳定，又简便、快速，能适应生产、加工、检验各环节的茶叶质量审评方法显得尤为重要。从20世纪50年代起，在完善感官审评方法的同时，各国广泛开展了茶叶理化审评的研究，探讨茶叶的物理性状和分析茶叶各种有效化学成分的含量，从计量的数据来鉴定茶叶质量优劣以取代感官审评。相关高等院校、科研单位以及进出口商品检验机构等先后分别对茶汤电导度、比色、水浸出物、咖啡碱、粗纤维含量、茶多酚类总量、儿茶素总量、茶黄素和茶红素含量、氨基酸总量、茶氨酸含量等的检测作了大量的分析研究工作，取得了初步成果。日本、斯里兰卡等国分别对绿茶的叶绿素和去镁叶绿素含量的比率和茶叶质量的关系进行了研究。英国通过分光光度计测定红茶茶汤中的茶黄素和茶红素来分析红茶的质量。法国对茶叶香气成分与价格的相关性作了比较与分析。日本、前苏联、斯里兰卡等国应用层析法、红外光谱法、质谱法等新技术，分析茶叶香气成分等。但茶叶色、香、味的形成是复杂的，茶叶质量的优劣和等级的高低并不和内含成分数量的多少简单地成正相关或负相关，而往往是许多成分相互配合，彼此协调地综合作用的结果。其组合的比例关系有些尚未被人们所认识。因此，各国和国际贸易中对于茶叶质量优劣和等级鉴定，仍都采用感官审评法为主，再辅助测定某些理化指标和项目。

回顾这么多年的茶叶质量理化检测方法研究发展历程，根据研究方法的简易程度以及所采用数据处理方法的先进性可将这段发展历程划分为三个阶段，即第一阶段奠基期，第二阶段线性期，第三阶段非线性期。

**第一阶段：奠基期（从20世纪50年代起到70年代末80年代初）。**其主要特点是通过茶叶物理、化学因素的测定，对所获得的测定数据采用较简易的数据处理方法来寻求内在规律，并以此来评定茶叶的质量。在这一阶段中，以安徽农业大学茶业系王泽农教授为主的课题组提出了测定外形的一比三选，即比容、色选、筛选、风选和测定内质的两比，即比色、比沉法作为初步测定茶叶质量的方法。随后，中国农科院茶叶研究所又提出了“红、绿茶质量化学鉴定法”等。这些方法中用到的数据处理手段比较简单、直观。

**第二阶段：线性期（从20世纪70年代末到80年代末90年代初）。**其主要特点是在茶叶物理、化学因素测定数据的基础上，运用较复杂的线性数据处理方法探求茶叶质量与茶叶物理、化学因子间的对应关系，以建立科学、简洁评定茶叶质量的数学模型。80年代中后期，由安徽农业大学茶业系承担的由国家计委、财政部下达任务，商业部具体组织实施的“茶叶质量多变量分析方法的研究”子课题的研究将这一阶段推向了高潮。这项研

究从我国大宗茶类炒青绿茶入手,应用理化分析方法和逐步多元回归数学分析方法,建立数学模型。该模型从理论上已达到一定的判别精度,误差不大于半个等级,但因多元数学模型容错性较差,个别质量因子检测数据的误差会对评定结果产生较大的影响,因而影响了它向实用化过渡。

第三阶段:非线性期(从20世纪80年代中后期至今)。其主要特点是在测定茶叶物理、化学因素数据的基础上,运用非线性数据处理方法如模糊数学、神经网络技术寻求茶叶质量与质量因子间错综复杂的非线性对应关系,以建立相应的茶叶质量评定模型。从检索的资料看,这方面的研究还处于起步阶段。1992年,国内非茶叶界的科技人员将神经网络技术应用于茶叶分类判别及茶叶质量等级判别中,引用的数据资料来源于早期期刊所提供的数据,质量因子的选择受文献数据的限制,因而未能全面反映茶叶科学最新研究成果,所得结果比较粗糙,距实用化尚有较大的距离,但该结果初步显示了神经网络技术的极大优势和潜力,它较其他数据处理方法具有更好的性能,即具有较好的容错性、抗干扰性及自组织能力。1995年,日本茶叶界也开始有人着手研究绿茶质量评定的人工神经网络模型,并发表了中间研究结果,证明了这种方法的可行性。

## 二、茶叶安全现状

由国家商务部提供的调查数据显示,2004年以来我国农产品、轻工、机电、纺织服装、五矿化工和医疗保健六大行业的出口均受到“技术壁垒”的限制,其中农产品受挫最为严重。近年来,我国茶叶出口遭遇到严重的“绿色壁垒”,尤其是欧、美、日等国家不断地制定更加严格和更广泛的标准,导致我国茶叶出口明显下降。茶叶安全问题包括茶叶中农药残留超标、重金属超标、有害微生物污染。

首先,农药残留超标是涉及中国茶叶安全的一个重要问题。我国政府采取多种措施(包括禁止和限制某些农药,如氰戊菊酯、三氯杀螨醇在茶叶生产中的使用;更换使用农药品种;根据出口国别建立生产基地;严格进行茶叶中的农药残留检测),使得出口茶叶的农药超标率持续下降,如茶叶中 DDT 的残留问题,我国政府从 20 世纪 70 年代末起就停止生产、使用和销售 DDT,但在停止使用后仍然发现茶叶中有少量 DDT 的残留。根据对农药污染物来源的研究证明,茶叶中的微量 DDT 残留来自三氯杀螨醇。三氯杀螨醇和 DDT 在化学结构上只相差 1 个 H、1 个 Cl,在三氯杀螨醇的生产过程中只要工艺条件有细微差异,便会在三氯杀螨醇的产品中出现 DDT 成分。为此,曾对我国生产的所有三氯杀螨醇产品进行检测,证明有些厂的产品中含有较高数量的 DDT。1999 年,农业部专门为此颁发了在茶叶生产中禁止使用三氯杀螨醇的通知。20 世纪 90 年代在对农药的风险性评估中发现有些农药虽然毒性不高,但从风险性评估角度分析,对饮用者是不安全的,如乐果、乙硫磷等一些水溶性强的农药在茶叶中的残留物在泡茶过程中可以有 80%~90% 的数量进入茶汤,并在饮用过程中进入人体。因此,在茶叶生产中应停止使用这些水溶性强的农药,以保证饮用者的安全。我国政府在茶园的有害生物防治中大力提倡农业防治、物理防治、生物防治、化学生态防治,以减少化学农药的使用量。

其次,金属残留是影响茶叶安全的又一个重要因素。前几年我国茶叶中铅含量超标成为报道的热点。根据中国农业科学院茶叶研究所对我国 20 多个省市的 566 个茶样进行检测,结果表明,乌龙茶和绿茶的铅含量相对较低,红茶及紧压茶的铅含量相对较高。除重



金属铅和铜外，其他有害重金属也应逐渐引起重视，2004年4月农业部已颁布《茶叶中铬、镉、砷、汞及氟化物限量》的行业标准。我国有些地区的茶叶产品中出现铅含量较高的现象。通过铅污染源的研究表明，茶叶中的铅污染主要来自汽车排出的废气、尘土、土壤和肥料。汽车排出的废气会吸附在空气中的颗粒上而随气流飘移，然后降落在茶园中，构成茶叶产品的污染。将茶树叶片上的尘土洗脱下来，可以明显降低茶叶中的铅含量。将茶叶产品过筛，把尘土和细末筛去后也可以减少茶叶产品的铅含量。

另外，有害微生物也是影响茶叶安全的因素之一。欧盟、美国、加拿大已将有害微生物限量标准作为检测项目，俄罗斯更是提出要对中国茶叶进行黄曲霉毒素和霉菌专项检测。我国茶叶中有害微生物主要表现为大肠杆菌、沙门氏杆菌等肠道感染细菌，出口茶叶中大肠杆菌、黄曲霉毒素均时有检出。

最后，茶叶中的非茶异物（包括磁性物等）也是茶叶物理危害的主要来源。我国紧压茶、茯砖茶中非茶异物的标准是 $<1\%$ ，而对其他茶叶中非茶异物（包括磁性物等）未作任何规定。近年来，一些国家已作出规定，如日本要求茶叶中不得检出任何非茶异物，俄罗斯要求检测茶叶中金属磁性物质，限量指标为 $5\text{mg/kg}$ 。据报道，2001年我国一内地公司销往德国的绿茶，因检出金属磁性物含量高达 $2.00\%$ 而被退回。此外，从国内茶叶加工厂特别是精制茶厂的调查结果来看，粉尘污染也相当严重。

## 第二节 茶叶质量与安全检测新技术

### 一、茶叶质量检测新技术及其展望

现代检测技术特别是近红外、计算机视觉、电子鼻和电子舌等无损检测技术的发展，为我们进行茶叶质量检测提供了广阔的前景。然而，这些新技术的应用范围与人们的期望还存在距离，这主要是由于分析仪器的灵敏度和选择性还达不到要求，合适的数据分析方法的挖掘以及如何建立起完整的检测数据库等一系列问题还没有完全解决。

复杂数据的处理是21世纪分析仪器的主导方向。随着化学计量学、计算机技术的发展，和数据处理速度的加快，茶叶的快速、无损检测变为可能。因此，近红外光谱技术、计算机视觉技术、电子鼻技术和电子舌技术也将逐步从实验室走向实际应用。

茶叶是由多种复杂成分组成，品质好坏体现在色、香、味等诸多方面，仅用某个单一指标来评价，不能很好地表述茶叶的总体质量。因此在茶叶质量检测中，采用多个仪器同时检测，对各种仪器检测的数据进行融合分析，能更好地评价茶叶的质量。电子鼻与电子舌的集成可应用传感器阵列并根据模式识别的数字信号处理方法，对茶叶香气和滋味联合检测识别，再结合近红外光谱技术和计算机视觉技术检测茶叶的内质和外质。采用多种手段检测，充分发挥各自优势，再对获取的所有数据进行融合处理，以综合评价茶叶的质量，这是今后茶叶质量检测的发展方向。

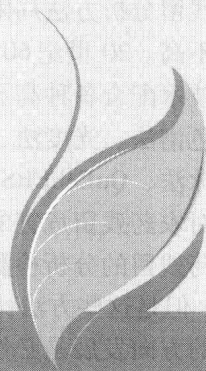
### 二、茶叶安全检测新技术及其趋势

农药残留分析是复杂基质中痕量组分的分析技术。由于残留量检测是微量或超微量，分析必须采用适宜的样品处理方法和高灵敏度的检测仪器才能实现。20世纪50年代，农

药残留分析方法局限于化学法、比色法和生物测定法，这些检测方法缺乏专一性，灵敏度也不高。20 世纪 60 年代以来，农药残留的分析检测方法经历了许多演变，由填充柱气相色谱技术配合各种高灵敏度的检测器，到 20 世纪 70、80 年代的高效液相色谱，现在已有薄层色谱法、光度法、气相色谱 - 质谱联用法、液相色谱 - 质谱联用法。近几年来，毛细管电泳法、QuEchERS 方法、免疫分析法等新方法相继起步，生物传感技术也发展很快。随着对农药残留危害的日益重视，食品中农药残留的分析检测越来越显得重要，因此，也对农药残留的分析检测提出了更高的要求。目前，农药残留的分析检测虽然有比较成熟的方法，但是这些方法比较费时，方法本身也有诸多缺陷。农药残留检测向着快速、简单、准确的方向发展是必然的趋势。活体检测法、化学速测法是目前正在研究中的热点方法；农药残留快速检测的仪器也在积极地研发和探索中。以提高检测灵敏度和精确度为目标的新检测器开发也是研究的重点。相信在不久的将来，农药残留的分析检测技术将日益成熟。

## 第二章

# 茶叶质量和感官审评方法



### 第一节 茶叶质量及其影响因子

本章对茶叶质量形成的内因与外因，按茶叶色泽、香气、滋味、形状及其对茶叶质量的影响分别进行论述，使茶叶审评从感性认识上升到理性认识，对茶叶质量有一个较完整更深刻的理解。

#### 一、茶叶质量的内容

##### (一) 茶叶色泽

茶叶色泽包括干茶色泽、汤色和叶底色泽三个方面。色泽是鲜叶内含物质经制茶发生不同程度降解、氧化聚合变化后的总反映。茶叶色泽是茶叶命名和分类的重要依据，是评价质量优次的重要因子，是茶叶主要质量特征之一。茶叶的色泽与香、味有内在联系，色泽的微小变化易被人的视觉感知，审评时抓住色泽因子，可从不同的色泽大致推知香气、滋味的大概。茶叶色泽因鲜叶和制茶过程不同有明显的差别。

##### 1. 茶叶色泽与鲜叶

鲜叶是形成茶叶色泽的先决条件，鲜叶质量好，制茶技术合理，茶叶色泽才能符合要求。鲜叶质量不好，再好的制茶技术也难以发挥作用，茶叶色泽必差。鲜叶质量包括鲜叶中的有色物质、鲜叶色度、鲜叶嫩度、匀净度和新鲜度等内容，它们与茶叶色泽关系密切。

(1) 鲜叶中的有色物质 鲜叶中的有色物质是构成茶叶色泽的基础物质，主要有叶绿素、胡萝卜素、叶黄素、花青素和黄酮类物质，前三种属脂溶性色素，与干茶和叶底色泽有关，后两种属水溶性色素，与汤色有关。叶绿素是鲜叶中的重要色素，含量为0.24%~0.85%，叶绿素有叶绿素a、叶绿素b两种，叶绿素a呈深绿色，叶绿素b呈黄绿色。各种叶色与叶绿素含量多少有关。浓绿色叶，叶绿素含量多；黄绿色叶，叶绿素含量少。制茶过程中，叶绿素在叶绿素酶、热和酸的作用下，发生脱植基和脱镁等变化，变化后的叶绿素显色和溶解性不同。如脱镁叶绿素a呈蓝黑色，具脂溶性；脱镁叶绿素b呈暗色，具脂溶性；脱植基叶绿素呈鲜绿色，具有脂溶性和水溶性；脱镁脱植基叶绿素呈绿褐色，具脂溶性和水溶性。胡萝卜素含量为0.02%~0.1%，呈黄色或橙色，在制茶过程中易被破

坏。叶黄素呈黄色，含量为 0.01% ~ 0.07%，在制茶过程中有微量减少。花青素呈红、紫、蓝色，对 pH 敏感，在酸性条件下呈红色，在碱性条件下呈蓝紫色。黄酮类物质（又称花黄素），含量为 1% ~ 2%，呈黄色和黄绿色，它是构成绿茶茶汤黄绿色的主要物质，其氧化聚合物影响红茶汤色。

鲜叶中的多酚类物质含量在 20% ~ 35%，其中儿茶素含量占多酚类总量的 70% 左右，占茶叶中干物质含量的 12% ~ 24%，儿茶素本身无色（未氧化），它的氧化产物呈橙黄色、红色和褐色。纤维素呈白色，能冲淡干茶和叶底的各种颜色。

(2) 鲜叶色度 鲜叶色度既能反映内含色素的不同，也能反映鲜叶的嫩度。不同色度鲜叶的成分含量是有差别的。深绿色叶的叶绿素含量特多，多酚类含量较少，如用来制绿茶，则具“三绿”色的特点，即干茶绿色，汤绿色，叶底绿色。紫色鲜叶的花青素含量较高，不论制哪类茶，茶叶色泽均差，显暗，尤其是制绿茶，黄茶色泽更差。制绿茶往往干茶暗黑，汤暗，叶底靛蓝色，味苦；若制成黄茶显暗黑色，汤暗，叶底深褐色。

(3) 鲜叶嫩度 鲜叶嫩度不同，内含成分也不同，对茶叶色泽的影响也不同。有的成分与茶叶色泽成正相关，含量越多，色泽越好；有的成分与茶叶色泽成负相关，含量少反而色泽好；有的成分与茶叶色泽关系不明显。鲜叶中影响茶叶色泽的主要成分有色素、多酚类、纤维素和果胶物质。嫩梢叶位不同，叶绿素、类胡萝卜素含量有明显差异。鲜叶嫩度不同，多酚类及儿茶素含量均有差别，以一芽一叶含量最高，随着芽叶标准与嫩度下降至逐减。嫩叶中水溶性果胶含量多，老叶中含量少。嫩叶中全果胶含量少，老叶中含量多。鲜叶中的纤维素含量一般是嫩叶少，老叶多。因此，通常嫩叶做的茶，干茶色泽深而润，汤色明亮，叶底色泽浅而亮。

(4) 鲜叶匀净度 鲜叶匀净度是指鲜叶理化性状的相对一致性，具体是指鲜叶的芽叶组成，嫩梢壮瘦，叶片大小，叶色深浅及夹杂物的多少等。在制茶技术合理的前提下，鲜叶匀净度好，理化变化一致，所制的茶叶色泽调和均匀；鲜叶匀净度差，老嫩壮瘦、叶色参差不齐，将导致茶叶色泽不匀、花杂。

(5) 鲜叶新鲜度 鲜叶新鲜，其芽梢保持刚采下时的理化状态，叶子鲜活，内含物未发生的变化与损耗少，所制茶叶通常色泽光润，叶底颜色漂亮，汤色清澈或带艳。新鲜度差的鲜叶，因其理化性状发生不正常的变化，使叶子由鲜绿色有光泽变为暗绿无光泽，或芽梢失水萎缩，叶尖、叶缘出现褐色，使用这种已失去新鲜叶特性的叶子制茶，往往使成茶色泽枯暗，香气、滋味也缺乏鲜爽感。

## 2. 茶叶色泽与制茶

鲜叶是绿色的，经不同制茶工艺，可制出绿、黄、黑、青、白、红等不同颜色的茶类，表明茶叶色泽形成与制茶关系密切。在鲜叶符合各类茶要求的前提下，制茶工艺是形成茶叶色泽的关键，现以绿茶为例加以说明。

绿茶以“清汤绿叶”为本质特征，制茶技术中必须采取保绿，防红、黄的措施。绿茶中的有色物质，有的是鲜叶中固有的；有的是在制茶过程中转化来的；有的在鲜叶中本无颜色，经制茶后成为有色物质；有的在鲜叶中属脂溶性色素，经制茶后转化为水溶性色素等。叶绿素经制茶过程，总量稍有减少，如设定鲜叶中叶绿素含量为 100%，绿茶中叶绿素保留量为 88.65%，减少了 11.34%，但叶绿素 a、叶绿素 b 和脱镁叶绿素 a、脱镁叶绿素 b，从鲜叶到制成绿茶的变化却很大。





绿茶制造中叶绿素在叶绿素酶的作用下,成为脱植基叶绿素呈鲜绿色,能溶于水,对汤色有影响,脱镁叶绿素在叶绿素酶的作用下成为脱镁脱植基叶绿素,为绿褐色,能溶于水,参与汤色组成。另外,胡萝卜素和叶黄素在绿茶制茶过程中含量逐渐降低,这些脂溶性色素是构成绿茶干茶色泽和叶底色泽的主要色素。其中少量经制茶过程转化,色泽和溶解性有变化,如脱植基叶绿素和脱镁脱植基叶绿素由脂溶性转化为水溶性,也参与汤色组成。

水溶性色素是形成汤色的主要物质,主要有黄酮醇(即花黄素)、花青素、黄烷酮、黄烷醇及其氧化物,黄酮醇含量为1.3%~2%,呈金黄色。在制茶过程中产物呈棕黄色或棕红色,是影响绿茶暗黄或泛红的原因之一。花青素含量高时干茶发暗,汤色深暗,叶底呈靛蓝色,伴有苦味,对茶叶色泽有不利影响。黄烷酮类系具高水溶性,呈深黄绿色,是构成茶汤黄绿色的主要物质。黄烷醇未氧化其水溶液为无色,在绿茶制造中发生一定量的氧化聚合变化,产物溶于茶汤呈黄色或棕红色。黄烷醇氧化产物与氨基酸作用形成有色物质影响叶底色泽。

总之,制茶工艺合理,内含物变化适度,各种有色成分比例适当,绿茶干茶色泽翠绿或绿润,汤绿亮,叶底绿色鲜亮。如制造不当,叶绿素破坏转化较多,绿色减退,其他色素显露出来,使绿茶带黄褐。绿茶制造中如酶活性未彻底破坏,多酚类氧化变红,使干茶色发褐,汤发黄,叶底出现红梗红叶等不良色泽。绿茶制造中火温高,糖类脱水聚合焦糖化,使茶叶色泽发褐,火温过高,有机物炭化,其色泽呈炭黑色,导致不能饮用。

## (二) 茶叶香气

茶叶具有正常而特有的茶香,是内含各种香气成分比例恰当的综合反映。茶叶香气及其成分的研究迄今已有近100年的历史,最早在红茶中发现水杨酸甲酯和反-2-己烯醇两种芳香物质。目前,鲜叶中发现的芳香成分近100种,绿茶中约有200种,红茶中约有300多种。各类茶叶有各自的香气特点,品种,栽培条件和鲜叶嫩度及制茶工艺的不同,形成了各种不同香气特点的茶叶。

### 1. 茶叶香气与鲜叶

(1) 鲜叶中的芳香物质 鲜叶中的芳香物质是形成茶叶香气的物质基础。鲜叶中的芳香物质含量极少,为0.03%~0.05%,它的种类很多,有醇类、醛类、酮类、酸类、酚类、萜烯类、酯类和含氮化合物等。鲜叶中芳香物质以醇类最多,约19种,其中含量最多的是青叶醇,沸点在156~157℃,青叶醇有顺、反两种构型,顺型青叶醇具有刺鼻的青草气,反型青叶醇具青香。顺型青叶醇占青叶醇总量的94%~97%,而反型青叶醇只有3%~6%。醛类约8种,含量占鲜叶中芳香油总量的20%,其中 $\alpha$ -己烯醛、 $\beta$ -己烯醛占芳香油总量的15%,有很重的青草气,沸点为140℃。青叶醇、己烯醛都属低沸点芳香成分,在正常制茶条件下,绝大部分挥发逸散,余下的微量与其他香气成分组成协调,使茶叶有清香和悦鼻的茶香。鲜叶中含有花香,果香的芳香物质,属高沸点(200℃左右)芳香物质,如苯乙醇、香叶醇、橙花醇、香茅醇等有玫瑰花香;茉莉酮和醋酸苯甲酯有茉莉花香;苯丙醇有水仙花香;沉香醇(芳樟醇)有玉兰花香;苯甲醇、苯甲醛、香叶醛、水杨酸甲酯、醋酸苯乙酯、醋酸芳樟醇、醋酸青草酯等有果香味;苯乙酸苯甲酯有类似蜂蜜的甜香;茶螺烯酮有鲜爽的甜花香。鲜叶中的氨基酸在制茶过程中与多酚类的氧化产物结合,产生醛类物质参与香气组成。有的氨基酸本身有香味,如丙氨酸、谷氨酸、己氨酸