

基于包装纸荧光亮度的真假卷烟鉴别

李海燕, 杨兵, 马慧宇, 肖燕, 张珂, 李郢*, 蔡洁云, 陈丹 (云南省烟草质量监督检测站, 云南昆明 650106)

摘要 [目的]探讨一种科学的鉴别卷烟真假的方法。[方法]采用蓝光漫反射因数 D65 亮度测定法对其 CIE 白度(D65/10°)和 D65 荧光亮度进行测定,利用 K-means 算法对样本进行聚类。[结果]红塔山(软经典)、玉溪(软)、云烟(软珍品)真假鉴别准确率分别为 100%、89.47%、88.24%,假负率(FNR)为 0,出具假烟结论误判风险为 0。[结论]该方法可以科学快速准确地鉴别出包装纸原纸不符合产品标准的假烟样品,为烟草专卖打假提供另一种科学客观的方法。

关键词 卷烟;真假鉴别;包装纸;白度;荧光亮度;聚类分析

中图分类号 TS452 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)18-0180-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.044

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Identification of Genuine and Fake Cigarettes Based on the Fluorescence Brightness of Packaging Paper

LI Hai-yan, YANG Bing, MA Hui-yu et al (Yunnan Province Supervision and Inspection Station of Tobacco Quality, Kunming, Yunnan 650106)

Abstract [Objective] To explore a scientific method to identify the cigarette authenticity. [Method] The CIE whiteness (D65/10°) and D65 fluorescence brightness were measured by the blue diffuse reflectance factor D65 brightness measurement method, and the K-means algorithm was used to cluster the samples. [Result] The accuracy of brand “HTS”, “YUXI” and “YUNYAN” reached 100%, 89.47% and 88.24% respectively, false negative rate(FNR) was 0. [Conclusion] This method can scientifically, quickly and accurately identify fake cigarette samples whose packaging paper base paper does not meet the product standard, and provides another scientific and objective method for tobacco monopoly anti-counterfeiting.

Key words Cigarette; Authenticity identification; Packaging paper; Whiteness; Fluorescence brightness; Cluster analysis

卷烟真假鉴别主要通过感官^[1-2],对鉴别样品外观特征逐一对比分析,得出真假结论,因此具有很强的主观性。仪器鉴别法主要包括气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)^[3]、电子鼻^[4]和近红外光谱法^[5]等对卷烟烟丝和烟支^[6]鉴别,随着假烟仿真度提高,研究者也在探索鉴别卷烟包装材料真伪方法,通过红外光谱检测烟用材料特征部位真假差异^[7];利用计算机视觉对烟标扫描图像建模分类并判定真假^[8]。

包装纸在造纸过程中加入一种近乎无色的荧光化合物,被荧光增白剂处理过的纸纤维在光照射下,将不可见的紫外光转变为可见光,抵消纸纤维中的黄色或灰白色,显著提高纸张白度^[9]。自荧光增白剂投入市场以来,许多研究显示荧光增白剂对人体有害^[10-12],因此欧盟在 2002 年对所有纸制品要求不得检出荧光增白剂^[13],我国 2016 年国标也要求食品接触用纸荧光性物质检测为阴性^[14],近些年,监督检测机构均会对食品用纸制品中荧光增白剂进行监控^[15-17]。烟草包装材料的荧光成分分析研究鲜有报道,因此,笔者研究真假卷烟包装纸荧光检测结果,采用聚类算法建立一种卷烟真假鉴别方法,旨在为卷烟真假鉴别提供另一种科学准确的方法。

1 材料与方法

1.1 供试材料 分别采集全国 2018—2020 年红塔山(软经典)、玉溪(软)、云烟(软珍品)真假卷烟样品,真品根据印刷厂家不同分批,假烟包装纸按照查获源头及包装纸印刷特征分批。红塔山(软经典)、玉溪(软)、云烟(软珍品)依次分为

12、9、7 个批次真品,11、10、10 个批次假包装纸。

1.2 仪器及方法 Elrepho SF 450 白度仪。具体分析按照 GB/T 7974—2013^[18]的方法进行,分析位置为包装纸未印刷面、避开水印、尘埃和明显纸病部位,分析条件为 CIE 标准照明体 D65/10°(室外光),紫外截止滤光镜主波长为(457.0±0.5)nm、半波宽 44 nm。分析项目包括 CIE 白度(W₁₀)和 D65 荧光亮度(F)。

1.3 数据分析 对数据进行归一化处理,使结果值映射到 0~1,转换函数如公式(1);采用 SPSS 25.0 软件对试验数据进行统计分析。

$$x^* = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 红塔山(软经典)真假包装纸白度、荧光亮度分析

2.1.1 CIE 白度(W₁₀)。从表 1 可以看出,红塔山(软经典)真品采集印刷厂家编号为 1#、2#、4#、8#、21#、24#、28#、31#、33#、44#、70#、73#共 12 个批次样品,包装纸白度在 78.32%~80.65%,归一化值在 0~0.253 5%;假烟 11 个批次,除 6#批次包装纸白度为 80.16%、归一化值为 0.200 2%外,其他批次包装纸白度在 81.61%~87.51%,归一化值为 0.358 0%~1.000 0%。

2.1.2 D65 荧光亮度(F)。从表 1 可以看出,红塔山(软经典)12 个批次真品包装纸荧光亮度在 0.07%~0.19%,归一化值在 0~0.012 6%;假烟 11 个批次,包装纸荧光亮度在 6.92%~9.63%,归一化值为 0.716 5%~1.000 0%。

2.1.3 红塔山(软经典)白度-荧光亮度聚类分析。对红塔山(软经典)12 个批次真品及 11 个批次假烟包装纸白度归一化值和荧光亮度归一化值绘制散点图及欧氏距离聚类分析

基金项目 中国烟草总公司云南省公司重点项目(2019530000241026)。

作者简介 李海燕(1975—),女,云南昆明人,高级工程师,硕士,从事烟草检测技术研究。*通信作者,工程师,硕士,从事烟草检测技术研究。

收稿日期 2021-01-09

图,结果见图 1 和图 2。从图 1~2 可以看出,红塔山(软经典)真假可以 100%准确分类,真品卷烟包装纸荧光亮度明显低于假烟,由于假烟包装纸中加入了荧光增白成分,因此假烟包装纸的白度高于真品卷烟,因此消费者眼中纸张明显偏白的卷烟包装纸包装的卷烟反而是假烟。

表 1 红塔山(软经典)真假包装纸白度、荧光亮度
Table 1 Results of CIE whiteness and fluorescence in HTS

样品编号 Samples No.	分类 Classification	批次 Batch	白度 Whiteness (W_{10})//%	荧光亮度 Fluorescence brightness (F)//%	白度归一化值 Whiteness normalized value	荧光亮度归一化值 Fluorescence brightness normalized value
Z1-1	真	8#	78.63	0.11	0.033 7	0.004 2
Z1-2	真	73#	80.27	0.17	0.212 2	0.010 5
Z1-3	真	70#	80.56	0.19	0.243 7	0.012 6
Z1-4	真	44#	79.93	0.09	0.175 2	0.002 1
Z1-5	真	33#	79.18	0.09	0.093 6	0.002 1
Z1-6	真	31#	78.32	0.11	0.000 0	0.004 2
Z1-7	真	28#	78.50	0.07	0.019 6	0.000 0
Z1-8	真	24#	79.43	0.12	0.120 8	0.005 2
Z1-9	真	21#	78.78	0.16	0.050 1	0.009 4
Z1-10	真	1#	80.49	0.15	0.236 1	0.008 4
Z1-11	真	2#	80.44	0.11	0.230 7	0.004 2
Z1-12	真	4#	80.65	0.14	0.253 5	0.007 3
J1-1	假	1#	83.20	7.02	0.531 0	0.727 0
J1-2	假	2#	86.56	8.28	0.896 6	0.858 8
J1-3	假	3#	84.34	8.25	0.655 1	0.855 6
J1-4	假	4#	87.51	8.15	1.000 0	0.845 2
J1-5	假	5#	84.33	7.53	0.654 0	0.780 3
J1-6	假	6#	80.16	6.92	0.200 2	0.716 5
J1-7	假	7#	86.42	8.32	0.881 4	0.863 0
J1-8	假	8#	81.61	7.74	0.358 0	0.802 3
J1-9	假	9#	84.60	7.85	0.683 4	0.813 8
J1-10	假	10#	82.48	6.99	0.452 7	0.723 8
J1-11	假	11#	86.84	9.63	0.927 1	1.000 0

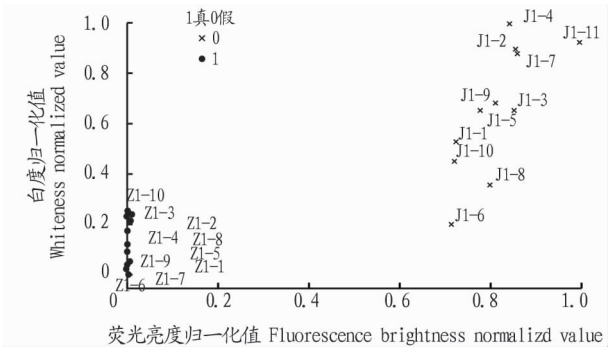


图 1 红塔山(软经典)白度-荧光亮度散点图

Fig.1 Scatter plots of whiteness and fluorescence in HTS

2.2 玉溪(软)真假包装纸白度、荧光亮度分析

2.2.1 CIE 白度(W_{10})。从表 2 可以看出,玉溪(软)真品采集印刷厂家编号为 1#、2#、4#、8#、21#、24#、28#、33#、44#共 9 个批次,包装纸白度在 76.54%~79.89%,归一化值在 0.143 5%~0.447 8%;假烟 10 个批次,包装纸白度在 74.96%~85.97%,归一化值为 0~1.000 0%。

2.2.2 D65 荧光亮度(F)。从表 2 可以看出,玉溪(软)9 个批次真品包装纸荧光亮度在 0.05%~0.19%,归一化值在 0~0.017 8%;假烟 10 个批次,包装纸荧光亮度在 0.09%~

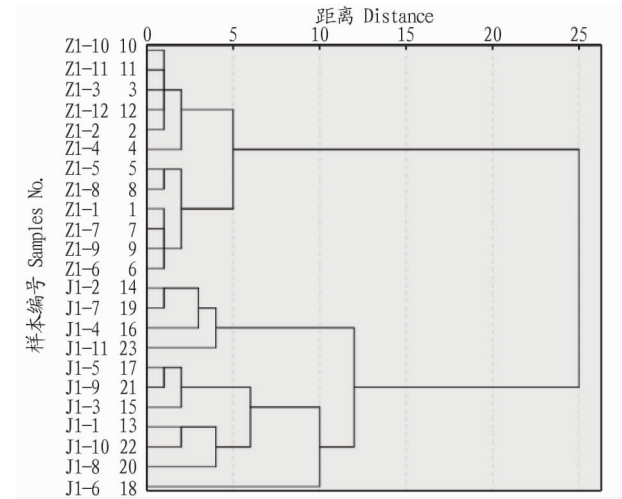


图 2 红塔山(软经典)白度-荧光亮度聚类谱系图

Fig.2 Clustering genealogy of whiteness-fluorescence brightness in HTS

7.93%,归一化值为 0.005 1%~1.000 0%。J2-1、J2-2、J2-3、J2-4、J2-5、J2-8 这 6 个批次的假烟样品,包装纸荧光亮度在 0.09%~0.15%,归一化值为 0.005 1%~0.012 7%,不能从荧光亮度直接分辨真假。

表 2 玉溪(软)真假包装纸白度、荧光亮度

Table 2 Results of CIE whiteness and fluorescence in YUXI

样品编号 Samples No.	分类 Classification	批次 Batch	白度 Whiteness (W_{10})//%	荧光亮度 Fluorescence brightness (F)//%	白度归一化值 Whiteness normalized value	荧光亮度归一化值 Fluorescence brightness normalized value
Z2-1	真	1#	76.54	0.05	0.143 5	0.000 0
Z2-2	真	4#	77.19	0.10	0.202 5	0.006 3
Z2-3	真	2#	79.89	0.13	0.447 8	0.010 2
Z2-4	真	44#	78.01	0.10	0.277 0	0.006 3
Z2-5	真	8#	78.56	0.13	0.327 0	0.010 2
Z2-6	真	21#	78.51	0.14	0.322 4	0.011 4
Z2-7	真	24#	78.40	0.19	0.312 4	0.017 8
Z2-8	真	28#	78.71	0.05	0.340 6	0.000 0
Z2-9	真	33#	77.69	0.10	0.248 0	0.006 3
J2-1	假	1#	74.96	0.14	0.000 0	0.011 4
J2-2	假	2#	75.24	0.11	0.025 4	0.007 6
J2-3	假	3#	76.73	0.15	0.160 8	0.012 7
J2-4	假	4#	75.25	0.10	0.026 3	0.006 3
J2-5	假	5#	75.77	0.11	0.073 6	0.007 6
J2-6	假	6#	83.57	7.51	0.782 0	0.946 7
J2-7	假	7#	83.67	7.05	0.791 1	0.888 3
J2-8	假	8#	77.43	0.09	0.224 3	0.005 1
J2-9	假	9#	85.17	7.93	0.927 3	1.000 0
J2-10	假	10#	85.97	7.77	1.000 0	0.979 7

2.2.3 玉溪(软)白度-荧光亮度聚类分析。对玉溪(软)9个批次真品及10个批次假烟包装纸白度归一化值和荧光亮度归一化值绘制散点图及欧氏距离聚类分析图,结果见图3和图4。从图3~4可以看出,玉溪(软)真假不可以按照荧光亮度100%准确分类。玉溪(软)划分为3个类群:I类包括所有真品包装纸及J2-3、J2-8;II类包括J2-1、J2-2、J2-4、J2-5这4个假烟,包装纸荧光亮度与真品一致,但白度明显低于真品;III类包括J2-6、J2-7、J2-9、J2-10这4个假烟,包装纸荧光亮度明显高于真品卷烟,该类假烟包装纸中加入了荧光增白成分,因此该白度值明显高于真品卷烟,外观可看出明显偏白。玉溪(软)19个批次,出现2个假包装纸误判为真,准确率为89.47%,假正率(FPR=被预测为真的假样本结果数/假样本实际数)为22.22%,假负率(FNR=被预测为假的真样本结果数/真样本实际数)为0。可见该方法出具真品结论存在22.22%的误判风险,出具假烟结论误判风险为0。

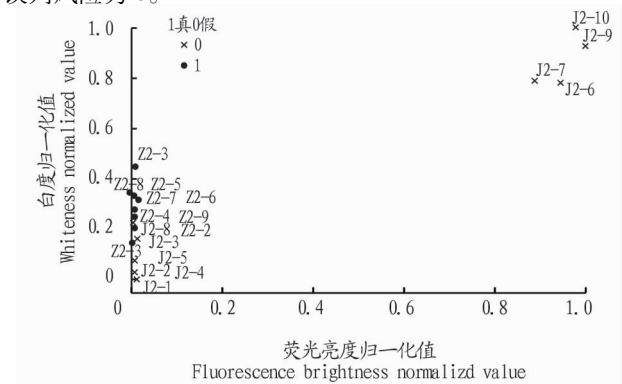


图3 玉溪(软)白度-荧光亮度散点图

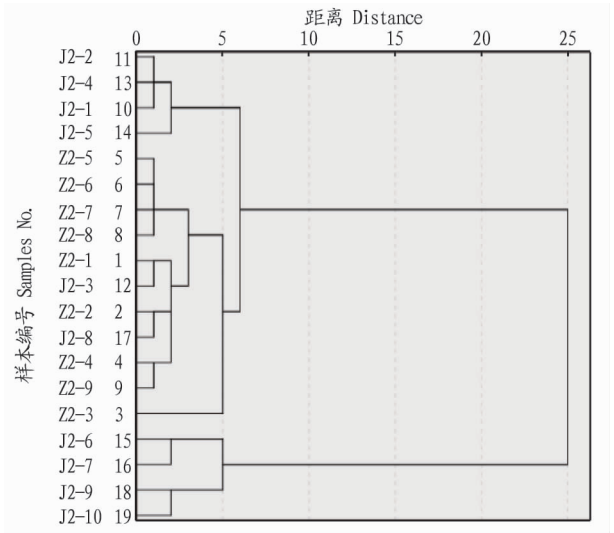


图4 玉溪(软)白度-荧光亮度聚类谱系图

Fig.4 Clustering genealogy of whiteness-fluorescence in YUXI

2.3 云烟(软珍品)真假包装纸白度、荧光亮度分析

2.3.1 CIE 白度(W_{10})。从表3可以看出,云烟(软珍品)真品采集印刷厂家编号为YNQT、HBJSX、JJCY、SCJS、KMCY、YXCY、WJCY共7个批次,包装纸白度值在76.52%~79.18%,归一化值在0.277 2%~0.437 2%;假烟10个批次,包装纸白度在71.91%~88.54%,归一化值为0~1.000 0%。

2.3.2 D65 荧光亮度(F)。从表3可以看出,云烟(软珍品)7个批次真品包装纸荧光亮度在0.11%~0.27%,归一化值在0.001 2%~0.019 6%;假烟10个批次,包装纸荧光亮度在0.10%~8.78%,归一化值为0~1.000 0%。J3-1、J3-2、J3-6、J3-8这4个批次的假烟样品,包装纸荧光亮度在0.10%~0.20%,归一化值为0~0.011 5%,不能从荧光亮度直接分辨真假。

Fig.3 Scatter plots of whiteness and fluorescence in YUXI

表 3 云烟(软珍品)真假包装纸白度、荧光亮度
Table 3 Results of CIE whiteness and fluorescence in YUNYAN

样品编号 Samples No.	分类 Classification	批次 Batch	白度 Whiteness (W_{10})//%	荧光亮度 Fluorescence brightness (F)//%	白度归一化值 Whiteness normalized value	荧光亮度归一化值 Fluorescence brightness normalized value
Z3-1	真	YNQT	79.18	0.27	0.437 2	0.019 6
Z3-2	真	HBJSX	77.85	0.11	0.357 2	0.001 2
Z3-3	真	JJCY	76.52	0.12	0.277 2	0.002 3
Z3-4	真	SCJS	78.19	0.15	0.377 6	0.005 8
Z3-5	真	KMCY	77.45	0.15	0.333 1	0.005 8
Z3-6	真	YXCY	77.74	0.17	0.350 6	0.008 1
Z3-7	真	WJCY	76.99	0.11	0.305 5	0.001 2
J3-1	假	1#	74.76	0.15	0.171 4	0.005 8
J3-2	假	2#	79.09	0.11	0.431 7	0.001 2
J3-3	假	3#	87.30	7.67	0.925 4	0.872 1
J3-4	假	4#	88.54	8.78	1.000 0	1.000 0
J3-5	假	5#	85.31	7.67	0.805 8	0.872 1
J3-6	假	6#	76.22	0.20	0.259 2	0.011 5
J3-7	假	7#	86.36	7.51	0.868 9	0.853 7
J3-8	假	8#	71.91	0.10	0.000 0	0.000 0
J3-9	假	9#	83.04	7.74	0.669 3	0.880 2
J3-10	假	10#	83.96	7.41	0.724 6	0.842 2

2.3.3 云烟(软珍品)白度-荧光亮度聚类分析。对云烟(软珍品)7个批次真品及10个批次假烟包装纸白度归一化值和荧光亮度归一化值绘制散点图及欧氏距离聚类分析图,结果见图5和图6。从图5~6可以看出,云烟(软珍品)真假不可以按照荧光亮度100%准确分类。云烟(软珍品)划分为3个类群:I类包括所有真品包装纸及J3-2、J3-6;II类包括J3-1、J3-8这2个假烟,包装纸荧光亮度与真品一致,但白度明显低于真品;III类包括J3-3、J3-4、J3-5、J3-7、J3-9、J3-10这6个假烟,包装纸荧光亮度明显高于真品,该类假烟包装纸中加入了荧光增白成分,白度明显高于真品,这类样品外观可看出明显偏白。云烟(软珍品)17个批次,出现2个误判,准确率为88.24%,FPR为28.57%,FNR为0。可见该方法出具真品结论存在28.57%的误判风险,出具假烟结论误判风险为0。

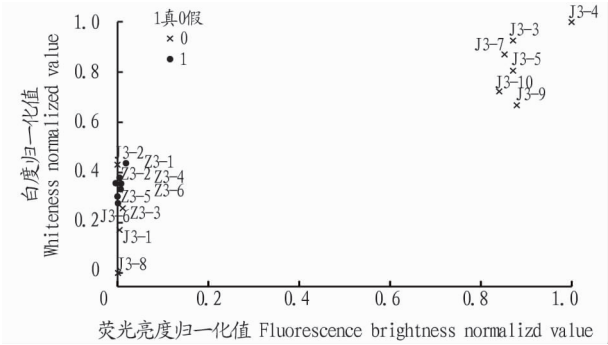


图 5 云烟(软珍品)白度-荧光亮度散点图

Fig.5 Scatter plots of whiteness-fluorescence in YUNYAN

3 结论与讨论

该研究结果表明,通过对 CIE 白度(W_{10})、D65 荧光亮度(F)欧氏距离聚类分析,红塔山(软经典)、玉溪(软)、云烟(软珍品)真假鉴别准确率分别为100%、89.47%、88.24%。

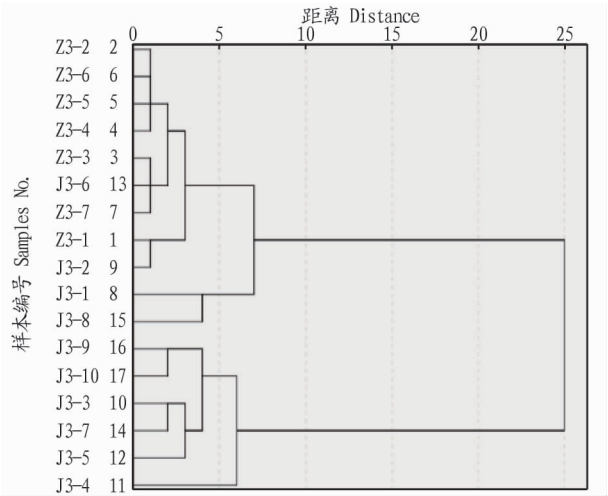


图 6 玉溪(软)白度-荧光亮度聚类谱系图

Fig.6 Clustering genealogy of whiteness-fluorescence in YUXI

且玉溪(软)、云烟(软珍品)假负率(FNR)为0,即预测为假错判风险为0,因此该方法可以作为判假的有效方法。

由于卷烟包装纸作为食品接触材料,真品卷烟纸均不添加荧光增白剂,假烟包装纸即为迎合人们对纸质材料外观白度需求,又追求低成本,因此多采用双三嗪基二苯乙烯型荧光增白剂显著提高纸张白度。目前不使用荧光增白剂的国内造纸厂家采用的漂白方法主要是含氯漂白剂漂白,许多纤维等有机成分被降解、溶出,致使纸浆的得率和强度会不同程度降低,且漂白过程复杂,造成漂白提升白度的造纸成本大大提高^[19]。因此未添加荧光增白剂的假烟包装纸中多数样品白度低于真品。

卷烟烟标属于注册商标,印刷企业未经允许私自印刷注册商标属于违法行为,非法小印刷厂不了解国家标准,以节

(下转第194页)

表 3 10 种杀虫剂的添加回收率和 RSD (n=5)

Table 3 The added recovery rates and RSD of 10 insecticides

序号 No.	杀虫剂 Insecticides	1.0 mg/kg		2.0 mg/kg		5.0 mg/kg	
		回收率 Recovery rate	RSD	回收率 Recovery rate	RSD	回收率 Recovery rate	RSD
1	吡虫啉	87.9	0.74	89.3	0.46	90.1	0.53
2	啶虫脒	91.6	0.59	93.1	0.87	94.2	0.48
3	噻虫啉	83.4	1.74	84.2	1.56	85.7	1.22
4	噻唑磷	78.9	2.56	80.1	2.19	82.3	2.33
5	异丙威	76.5	2.31	78.3	2.46	80.5	2.16
6	辛硫磷	91.8	0.61	92.4	0.73	94.6	0.44
7	乙螨唑	91.6	0.49	93.8	0.33	95.2	0.43
8	毒死蜱	83.3	2.01	85.7	1.49	87.6	1.53
9	丁硫克百威	82.5	1.68	84.9	1.46	85.3	1.02
10	联苯菊酯	96.0	0.43	97.3	0.43	99.4	0.38

参考文献

[1] 王婷,李建兵,翟钰,等.GC-MS 法快速筛查可湿性粉剂农药中 34 种非法添加杀虫剂[J].化学工程师,2020,34(12):28-32.

[2] 雷涛,郭子源,黎少财,等.水中农药残留的二维相关荧光光谱检测[J].光谱学与光谱分析,2020,40(S1):217-218.

[3] 赵生寿.气相色谱-串联质谱法检测土壤中的三唑类杀虫剂残留[J].中国测试,2020,46(9):69-73.

[4] 张琳,骆姍,侯言东,等.QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定苦水玫瑰中 6 种氨基甲酸酯类及 3 种烟碱类杀虫剂[J].中国食品卫生杂志,2020,32(5):514-518.

[5] 范思艺,王金花,许信.固相萃取-气相色谱-SPD 法检测生活饮用水中的氧乐果、甲拌磷和二嗪磷残留量[J].环境与发展,2020,32(1):144-145.

[6] 贾叶青,念琪循,张磊,等.磁固相萃取结合高效液相色谱检测农田灌溉水中 4 种苯甲酰胺类农药[J].分析测试学报,2019,38(1):46-51.

[7] 吴俐,曹赵云,陈铭学,等.气相色谱-串联质谱法测定水稻中 10 种拟除虫菊酯类杀虫剂农药残留[J].安徽农业科学,2017,45(6):147-150.

[8] 温韬,宁方尧,段玉林,等.快速溶剂萃取-GC-MS/MS 法检测可食淡水螺中 5 种常用杀虫剂残留量分析方法的建立[J].分析仪器,2020(6):32-36.

[9] 李清芳,邓茂,姚靖,等.加压流体萃取-液相色谱法测定土壤中 4 种新烟碱类杀虫剂[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2020,38(6):28-32.

[10] 沈霞.分散固相萃取/超高效液相色谱-串联质谱法测定食用菌中 19 种杀虫剂、杀菌剂及其代谢物[J].分析测试学报,2020,39(9):1105-1111.

[11] 崔丽丽,朴向民,冯志伟,等.多壁碳纳米管 QuEChERS/气相色谱-质谱联用法快速检测黄芪中 16 种农药[J].分析测试学报,2020,39(8):1034-1039.

[12] 后小龙,张文锦.加速溶剂萃取-气相色谱-串联质谱法测定叶菜类蔬菜种植土壤中 5 种杀虫剂的残留量[J].理化检验(化学分册),2020,56(7):822-826.

[13] 张艳,陈国,吴银良.固相萃取-液相色谱串联质谱法测定鸡蛋中 16 种氨基甲酸酯类杀虫剂残留量[J].食品安全质量检测学报,2020,11(6):1728-1735.

[14] 乐渊,邓正敏,刘春华,等.多壁碳纳米管净化-超高效液相色谱串联质谱法测定香蕉中 8 种新烟碱类杀虫剂[J].江苏农业科学,2020,48(4):181-186.

[15] 杨松,王瑶,禾丽菲,等.QuEChERS-气相色谱-串联质谱法分析鲜茶叶中 6 种杀虫剂的残留及消解动态[J].分析试验室,2019,38(12):1459-1464.

[16] 刘培勇,张惠,张光仁,等.微波辅助提取-分散固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法测定果蔬中 20 种农药的残留[J].食品安全质量检测学报,2019,10(21):7379-7386.

(上接第 183 页)

约成本、利益最大化为主要目的,因此假烟包装纸大量使用含有荧光增白剂的包装纸,或使用漂白效果不佳偏低纸纤维黄色的包装纸。

参考文献

[1] 吉绍长,李元崇,刘红,等.卷烟真伪鉴别的相关技术研究[J].中国科技信息,2013(10):154-155.

[2] 朱梅华,潘海波,梁洪波,等.卷烟真伪鉴别技术研究[J].中国科技信息,2016(5):50-51.

[3] 聂磊,张福民,朱友,等.顶空-气相色谱-质谱技术应用于卷烟真伪鉴别[J].中国烟草学报,2012,18(3):16-20.

[4] 田耀伟,杨雷玉,朱先约,等.电子鼻在卷烟真伪鉴别中的应用[J].食品工业科技,2011,32(4):376-378,382.

[5] 唐雪梅,张薇,李慧.卷烟真伪鉴别的近红外定性分析方法[J].烟草科技,2008,41(11):5-8.

[6] 魏中华.基于 t 假设检验及 SVM 神经网络的卷烟真伪判定[J].烟草科技,2015,48(2):75-78.

[7] 聂磊,别振英,朱友,等.基于烟用材料的衰减全反射红外光谱无损鉴别真假卷烟[J].烟草科技,2019,52(5):31-39.

[8] 钟宇,徐燕,刘德祥,等.基于计算机视觉和机器学习的真伪卷烟包装鉴别[J].烟草科技,2020,53(5):83-92.

[9] 吴葆敦,李蔚.造纸用荧光增白剂[J].造纸化学品,1995,7(3):9-12.

[10] FORBES P D,URBACH F.Photocarcinogenesis:Lack of enhancement by fluorescent white agents[J].Environ Qual Saf Suppl,1975,4:212-222.

[11] GILLBERG B O,AMAN J.Petite mutants induced in yeast by optical brighteners[J].Mutat Res,1971,13(2):149-154.

[12] GLOXKUBER C.Zur toxikologie der grundstoffe in wasch-und reinigungsmitteln[J].Fette Seifen Anstrichmittel,1972,74(1):49-57.

[13] Council of Europe Committee of Ministers Resolution AP.1 on paper and board materials and articles intended to come into contact with foodstuffs[S].Council of Europe Committee of Ministers Resolution AP,2002.

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品接触用纸质和纸板材料及制品:GB 4806.8—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.

[15] 姜楠,刘思洁,李青,等.2014 年吉林省市售纸质食品包装材料中 11 种荧光增白剂含量分析[J].中国卫生工程学,2016,15(3):253-255.

[16] 王海云,李倩,赵冬丽,等.2016 年北京市食品用纸制品中荧光增白剂检测结果分析[J].中国卫生检验杂志,2017,27(22):3310-3311.

[17] 程龙凤,童磊,幸艺芳,等.渝东北地区纸质食品包装材料中荧光增白剂含量调查[J].现代预防医学,2019,46(10):1769-1771.

[18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.中国国家标准化管理委员会.纸、纸板和纸浆 蓝光漫反射因数 D65 亮度的测定(漫射/垂直法,室外日光条件):GB/T 7974—2013[S].北京:中国标准出版社,2014.

[19] 李健,孙庆贺,何兴波.食品用纸包装中荧光增白剂的危害和来源浅析[J].中国包装工业,2013(2):5-6.