



引用格式:周维,杜红毅,孙兰茜,等.重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分分析[J].轻工学报,2020,35(3):60-71.

中图分类号:TS422 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.03.008

文章编号:2096-1553(2020)03-0060-12

重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分分析

Analysis of flavor components in flue-cured tobacco leaves of suitable storage period in Chongqing tobacco-growing areas

周维¹,杜红毅¹,孙兰茜¹,戴亚¹,张燕²,汪长国¹,吴德军³,黎洪利¹

ZHOU Wei¹, DU Hongyi¹, SUN Lanxi¹, DAI Ya¹, ZHANG Yan², WANG Changguo¹, WU Dejun³, LI Hongli¹

1. 重庆中烟工业有限责任公司技术中心,重庆 400060;

2. 云南省烟草质量监督检测站,云南 昆明 650106;

3. 烟台中海钧台生物技术开发有限公司,山东 烟台 264003

1. Technology Center, China Tobacco Chongqing Industrial Co., Ltd., Chongqing 400060, China;

2. Tobacco Quality Supervision and Inspection Station in Yunnan Province, Kunming 650106, China;

3. Yantai Zhonghai Diaotai Biotechnology Development Co., Ltd., Yantai 264003, China

关键词:

重庆烟区;适宜贮存期;主成分分析;聚类分析;烟叶致香成分

Key words:

Chongqing tobacco-growing area; suitable storage period; principle component analysis; cluster analysis; flavor component in flue-cured tobacco leave

摘要:采用 SDE-GC-MS 对重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分含量进行测定,对测定的致香成分进行描述性统计分析;利用主成分分析法筛选致香成分特征指标,并对其进行差异显著性分析、多重比较和聚类分析.结果表明:烟叶中检出的 63 种致香成分含量差异较大,上部烟叶和中部烟叶致香成分变异系数的范围分别为 12.12%~59.97% 和 10.41%~73.25%;烟叶产地、年份、品种、等级四因素对致香成分的影响差异较大,不同因素对致香成分的影响程度依次为产地>年份>品种>等级,而相同部位不同等级的烟叶致香成分几乎无显著性差异;上部烟叶致香成分特征指标含量丰都较高,涪陵其次,武隆最低,中部烟叶致香成分特征指标含量黔江较高,南川其次,武隆最低;上部烟叶和中部烟叶均划分为 3 类,上部烟叶第一类包含丰都、南川,第二类包含武隆、彭水、黔江,第三类为涪陵,中部烟叶第一类包括丰都、南川、黔江,第二类为武隆、涪陵,第三类为彭水,类别间差异显著性高.

收稿日期:2019-12-16

基金项目:重庆中烟工业有限责任公司科技项目(HX2017004)

作者简介:周维(1974—),女,重庆市人,重庆中烟工业有限责任公司助理工程师,主要研究方向为烟草检验.

通信作者:汪长国(1977—),男,安徽省安庆市人,重庆中烟工业有限责任公司研究员,主要研究方向为烟草、烟气化学及生物技术应用.

Abstract: SDE-GC-MS was used to determine the content of flavor components in flue-cured tobacco leaves of suitable storage period in Chongqing tobacco-growing areas, and descriptive statistical analysis was carried out for the determined flavor components. Principal component analysis was used to screen the characteristic indexes of flavor components, and the difference significance analysis, multiple comparison and cluster analysis were carried out for the selected characteristic indexes. The results showed that there were significant differences in the content of 63 flavor components in tobacco leaves, and the variation coefficients of flavor components in upper and middle tobacco leaves were 12.12% ~ 59.97% and 10.41% ~ 73.25% respectively. There were significant differences in the region, aged time, cultivar, and grade of tobacco leaves, and the influence degree of different factors were region > aged time > cultivar > grade, but there was almost no significant difference among the grades within the position. Characteristic index content of flavor components in upper tobacco leaves of Fengdu was higher, Fuling was the second, Wulong was the lowest. Characteristic index content of flavor components in middle tobacco leaves of Qianjiang was higher, Nanchuan was the second, Wulong was the lowest. The upper and middle tobacco leaves were divided into three categories. The first category of upper tobacco leaves includes Fengdu and Nanchuan, the second category includes Wulong, Pengshui and Qianjiang, the third category is Fuling. The first category of middle tobacco leaves includes Fengdu, Nanchuan and Qianjiang, the second category includes Wulong and Fuling, and the third category includes Pengshui, with high significant differences between categories.

0 引言

醇化是烟叶从农产品到卷烟工业原料之间的一个重要环节,也是提高烟叶品质的重要步骤^[1-2]。在烟叶醇化过程中,经过调制、复烤的烟叶在外部环境的影响下,其内部物质发生了一系列生理生化变化,大分子化合物分解为小分子物质,降低了刺激性、青杂气,增添了香气,改善了口感,从而提高了卷烟的品质。随着卷烟工业对烟叶醇化过程的日趋重视,关于烟叶醇化的研究逐渐增多,烟叶醇化的理论、技术成果促进了卷烟原料品质的提升,为卷烟品质的提高作出了积极贡献^[3-15]。卷烟工业生产所用烟叶为醇化后烟叶,即适宜贮存期烟叶,烟叶的醇化品质与烟叶产区、部位、醇化环境密切相关^[14-16]。烟叶致香成分作为烟草化学成分的重要组成部分,对烟叶品质有重要影响^[17-24],醇化后的烟叶致香成分变化较大,而有关适宜贮存期烟叶致香成分的分析鲜有报道。

烟叶致香成分种类繁多,利用全部的指标进行分析评价,任务繁琐、工作量大,因此,如

何筛选出适宜贮存期烟叶致香成分的特征指标,既能保留大部分原始信息,同时又能快速利用少量指标对适宜贮存期烟叶品质及时进行分析评价,非常重要。常见的指标筛选方法主要有变异系数法、相关分析法、指标聚类法等客观统计方法,以及德尔菲法等主观方法^[25],而主成分分析是理论上较为成熟的一种多元统计方法,通过降维和主成分函数表达式来实现评价指标间冗余信息的去除、综合评价及指标筛选^[26-27],将主成分分析法与聚类分析法相结合可以更好地对烟叶化学成分进行评价^[28-30]。

目前,有关重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分差异分析的研究未见报道,鉴于此,本研究采用 SDE-GC-MS 对重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分含量进行测定,在描述性统计分析的基础上,采用主成分分析法筛选出重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分特征指标,据此对烟叶致香成分进行不同差异性分析、多重比较和聚类分析,以实现适宜贮存期烟叶致香成分特征分析、多指标综合评价与分类,为提高重庆烟区

烟叶品质、促进卷烟工业的发展提供参考与借鉴.

1 材料与amp;方法

1.1 材料和仪器

适宜贮存期烟叶:选取重庆烟区乌江流域和武陵山区6个代表性产地的适宜贮存期^[1,16]的48个烤烟复烤片烟(重庆中烟工业有限责任公司提供)为研究材料,其中,上部烟叶24个、中部烟叶24个,均采用同一醇化条件,且存放于同一仓库.适宜贮存期烟叶样品信息如表1所示.

试剂:NaCl,无水Na₂SO₄,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司产;二氯甲烷,色谱

表1 适宜贮存期烟叶样品信息

Table 1 Information of flue-cured tobacco leaves samples in suitable storage period

产地	年份	品种	等级	产地	年份	品种	等级
丰都	2014	云烟87	B3F	彭水	2013	云烟97	B2F
	2015	云烟87	B2F		2013	云烟97	B3F
	2015	云烟87	B4F		2015	云烟97	B4F
	2015	云烟87	B3F		2015	云烟97	B2F
	2014	云烟87	C3F		2013	云烟97	C4F
	2015	云烟87	C3F		2014	云烟97	C4F
	2015	云烟87	C4F		2015	云烟97	C2F
	2015	云烟87	C2F		2013	云烟97	C3F
涪陵	2015	云烟87	B2F	黔江	2014	云烟85	B4F
	2015	云烟87	B4F		2015	云烟85	B3F
	2014	云烟87	B3F		2014	云烟85	B3F
	2015	云烟87	B3F		2015	云烟85	B2F
	2013	云烟87	C2F		2015	云烟85	C4F
	2015	云烟87	C4F		2015	云烟85	C3F
	2014	云烟87	C3F		2014	云烟85	C4F
2015	云烟87	C3F	2014	云烟85	C3F		
南川	2014	云烟97	B3F	武隆	2013	云烟97	B2F
	2015	云烟97	B3F		2014	云烟97	B4F
	2015	云烟97	B4F		2013	云烟97	B3F
	2015	云烟97	B2F		2015	云烟87	B3F
	2014	云烟97	C3F		2013	云烟97	C2F
	2015	云烟97	C2F		2014	云烟97	C2F
	2015	云烟97	C4F		2014	云烟97	C3F
	2015	云烟97	C3F		2015	云烟87	C2F

纯,美国TEDIA公司产;乙酸苯乙酯,色谱纯,德国Sigma-Aldrich公司产.

仪器:FD115烘箱,德国BINDER公司产;Perten3100粉碎机,瑞典Perten仪器公司产;AX504电子分析天平(感量0.0001g),瑞士梅特勒公司产;同时蒸馏萃取仪,安徽省天长市金桥分析仪器厂产;R-205旋转蒸发器,瑞士Buchi公司产;SSY-H恒温水浴,上海三申医疗器械有限公司产;SXKW-1000电热套,北京中兴伟业仪器有限公司产;Agilent7890B/5977BMSD气质联用(GC-MS)分析仪,美国安捷伦科技公司产.

1.2 样品处理

烟叶切丝后,取适量烟丝样品置于40℃烘箱中干燥处理2h,粉碎,过40目筛,准确称取25.0g烟末样品,放入同时蒸馏萃取(SDE)装置一端的1000mL圆底烧瓶中,加入350mL饱和NaCl溶液和一定量的内标化合物(乙酸苯乙酯),用电热套加热;装置的另一端为盛有40mL二氯甲烷的100mL圆底烧瓶,在60℃条件下水浴加热,同时蒸馏萃取3h;蒸馏萃取完成后,向萃取液中加入适量无水Na₂SO₄,干燥过夜;在40℃条件下减压浓缩至1mL,即得样品浓缩液.

1.3 致香成分检测

取适量浓缩液,采用气质联用分析仪进行分析,所得图谱经计算机谱库(NIST14)检索定性,并用内标法计算适宜贮存期烟叶致香成分的相对含量.

GC-MS分析条件:色谱柱为HP-5MS(30m×0.25mm×0.25μm)毛细管色谱柱;载气He;流速1.0mL/min;进样口温度250℃;升温程序为50℃,保持2min,以3℃/min的速度升至200℃,保持2min,再以6℃/min的速度升至260℃,保持5min;进样体积1.0μL;分流比10:1;接口温度280℃;溶剂延迟时间

为 2 min;质谱数据采集速度为 5 Hz;离子源为 EI 源;电子能量 70 eV;离子源温度 230 ℃;质量数范围 35 ~ 450 amu.

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 和 DPS17. 10^[31] 软件进行数据处理与统计分析,并对测定的致香成分进行描述性统计分析;采用主成分分析法进行致香成分特征指标筛选,利用广义线性模型对筛选出的特征指标进行差异显著性分析,通过类平均数法对致香成分进行聚类分析^[26,32].

2 结果与分析

2.1 重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分的描述性统计分析

烟叶品质的优劣在很大程度上取决于烟叶中的致香成分^[33],遗传和生态因素是影响烟叶

致香成分的主要因素.其中,遗传因素影响香气物质的性质和种类,生态因素则影响香气物质的含量和组分比例^[34].采用 GC-MS 方法对重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分进行描述性统计分析,结果见表 2.由表 2 可知,上部和中部烟叶均检出 63 种致香成分,其含量差异较大,其中新植二烯的含量均最高,分别为 2 742.99 μg/g 和 3 413.02 μg/g,异丁酸含量均最低,分别为 0.27 μg/g 和 0.61 μg/g;63 种致香成分变异系数的范围分别为 12.12% ~ 59.97% 和 10.41% ~ 73.25%,其中 6-甲基-5-(1-甲基亚乙基)-6,8-壬二烯-2-醛变异系数均最小,上部烟叶以螺岩兰草酮变异系数最大,而中部烟叶以(+)-香柏酮变异系数最大.总体上,不同产地、不同年份、不同品种、不同部位的

表 2 适宜贮存期烟叶致香成分描述性统计结果

Table 2 Descriptive statistical results of flavor components of flue-cured tobacco leaves in suitable storage period

因子	致香成分	上部烟叶				中部烟叶			
		平均值 /(μg·g ⁻¹)	最小值 /(μg·g ⁻¹)	最大值 /(μg·g ⁻¹)	变异 系数/%	平均值 /(μg·g ⁻¹)	最小值 /(μg·g ⁻¹)	最大值 /(μg·g ⁻¹)	变异 系数/%
x ₁	异戊醇	3.44	1.64	6.68	38.21	1.97	1.07	3.10	25.04
x ₂	异丁酸	1.42	0.27	2.73	39.82	1.02	0.61	1.55	27.51
x ₃	己醛	4.37	2.96	5.73	16.31	4.02	3.10	4.96	14.13
x ₄	面包酮	11.90	6.95	18.07	21.51	16.09	8.48	24.54	26.90
x ₅	3-呋喃甲醇	3.49	2.21	5.15	21.00	3.38	1.94	4.74	20.23
x ₆	糠醛	212.66	130.38	285.33	21.32	217.73	135.07	274.88	23.35
x ₇	糠醇	139.90	93.15	182.89	15.64	121.40	91.12	169.81	14.77
x ₈	4-环戊烯-1,3-二酮	61.01	43.90	77.79	16.77	63.03	47.92	81.84	15.10
x ₉	2(5H)-呋喃酮	49.69	33.26	73.90	19.78	37.78	22.61	49.35	17.38
x ₁₀	5-甲糠醇	11.14	7.63	15.60	19.50	11.22	7.70	15.47	21.88
x ₁₁	苯甲醛	3.47	2.12	5.45	27.29	3.11	0.66	5.91	41.12
x ₁₂	5-甲基糠醛	27.77	13.94	40.36	19.54	17.96	13.38	24.22	12.48
x ₁₃	甲基庚烯酮	10.59	5.10	19.90	37.80	13.88	7.74	22.80	30.84
x ₁₄	3-吡啶甲醛	8.75	5.99	11.74	21.34	8.52	5.48	12.53	22.04
x ₁₅	2-吡咯甲醛	15.05	8.21	20.79	24.11	12.66	5.52	17.29	25.50
x ₁₆	甲基环戊烯醇酮	5.88	3.78	7.92	19.13	6.50	3.57	10.62	25.98
x ₁₇	苯甲醇	165.87	105.23	226.29	20.00	129.37	64.34	170.97	21.77
x ₁₈	苯乙醛	106.60	68.14	136.34	19.75	86.40	48.89	121.68	19.39
x ₁₉	2-乙酰吡咯	97.81	75.39	118.78	13.30	92.42	53.87	145.00	21.62
x ₂₀	2-甲基-1,4-苯二酚	57.06	31.09	79.37	29.29	60.68	35.13	78.25	25.21
x ₂₁	愈创木酚	7.48	5.51	10.17	17.80	6.30	4.88	10.27	20.54
x ₂₂	芳樟醇	18.18	9.73	26.98	24.08	17.60	8.99	25.62	21.53
x ₂₃	3-乙酰基吡啶	18.16	9.83	26.28	20.25	14.97	10.91	18.57	15.32
x ₂₄	苯乙醇	144.51	93.56	206.27	19.93	102.96	61.40	141.08	19.72

表2(续)

因子	致香成分	上部烟叶				中部烟叶			
		平均值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	最小值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	最大值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	变异 系数/%	平均值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	最小值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	最大值 $/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	变异 系数/%
x_{25}	N-甲基-2-吡咯甲醛	9.21	6.33	14.29	20.65	8.14	5.95	16.39	28.95
x_{26}	茶香酮	6.53	4.13	7.83	15.69	5.46	3.66	7.40	14.53
x_{27}	alpha-松油醇	6.44	3.67	9.62	26.75	5.50	2.44	7.86	29.84
x_{28}	2,3-二氢苯并呋喃	33.40	16.13	53.03	30.28	30.97	14.00	43.08	30.59
x_{29}	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	30.07	23.92	40.22	14.97	27.59	20.15	34.32	14.31
x_{30}	吡啶	31.94	19.59	48.99	24.76	24.14	13.24	32.99	20.83
x_{31}	对乙炔基愈创木酚	120.62	62.25	191.35	34.25	112.28	40.08	170.83	33.13
x_{32}	烟碱	6.87	3.06	11.40	29.42	6.07	3.44	8.65	27.54
x_{33}	茄酮	506.04	186.15	669.98	22.72	363.47	204.54	521.19	21.22
x_{34}	突厥酮	216.62	155.84	269.27	14.22	256.32	125.93	337.44	22.31
x_{35}	6-甲基-5-(1-甲基亚乙基)-6,8-壬二烯-2-醛	201.41	158.95	239.18	12.12	191.91	144.57	230.03	10.41
x_{36}	香叶基丙酮	62.29	42.21	91.77	21.10	58.57	43.07	79.72	16.64
x_{37}	β -紫罗兰酮	24.62	15.54	36.08	23.19	20.65	11.32	27.72	24.75
x_{38}	2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮	82.46	23.36	134.46	31.10	68.34	23.80	105.91	26.81
x_{39}	5-羟基-3-甲基-2,3-二氢-1-茛酮	76.34	45.60	103.59	25.59	74.52	27.90	108.38	34.25
x_{40}	二氢猕猴桃内酯	243.25	171.36	356.56	20.01	216.87	154.15	276.44	18.07
x_{41}	巨豆三烯酮 A	104.58	81.88	129.83	14.65	85.12	66.66	106.25	14.48
x_{42}	3-叔丁基-4-羟基苯甲醚	128.90	96.64	157.92	12.57	132.07	99.50	171.78	16.48
x_{43}	巨豆三烯酮 B	471.44	312.23	653.84	20.04	364.53	255.62	538.12	20.38
x_{44}	巨豆三烯酮 C	69.22	50.52	91.74	18.04	53.35	39.09	75.23	16.70
x_{45}	4-羟基- β -二氢大马酮	211.85	167.22	294.41	17.93	239.36	171.32	333.09	18.82
x_{46}	巨豆三烯酮 D	373.23	244.74	499.77	19.53	292.63	199.18	423.01	18.50
x_{47}	9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮	133.47	83.57	246.07	27.98	141.42	91.19	196.01	16.40
x_{48}	(+)-香柏酮	35.87	7.37	91.89	54.78	13.90	1.88	50.47	73.25
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	231.92	99.41	350.86	29.00	141.72	60.25	211.69	33.08
x_{50}	螺岩兰草酮	36.27	10.79	109.67	59.97	18.87	6.16	42.28	46.23
x_{51}	甲基丙烯酸2-乙基己酯	161.46	82.96	287.39	28.80	87.00	41.67	122.63	24.60
x_{52}	木香烯内酯	463.74	235.82	753.87	28.61	238.35	101.44	386.39	29.73
x_{53}	新植二烯	1 998.03	1 528.74	2 742.99	16.69	2 394.29	1 839.91	3 413.02	17.16
x_{54}	植酮	33.05	16.76	49.05	21.81	24.61	13.22	33.29	25.11
x_{55}	法尼基丙酮	59.08	38.01	75.33	18.04	72.16	60.33	87.82	11.04
x_{56}	棕榈酸甲酯	143.40	69.41	227.15	26.16	180.50	119.33	286.77	24.93
x_{57}	棕榈酸	597.87	374.61	811.19	19.79	761.01	529.34	1 036.72	19.09
x_{58}	1,5,9-三甲基-12-(1-甲乙基)-4,8,13-环十四烷三烯-1,3-二醇	817.91	403.91	1 233.47	28.08	792.31	441.46	991.66	14.82
x_{59}	正三十七醇	210.28	118.30	327.51	26.62	236.40	122.92	333.14	19.52
x_{60}	亚油酸甲酯	180.83	94.62	255.16	26.01	216.73	143.06	369.05	28.94
x_{61}	亚麻酸甲酯	529.40	230.52	824.82	33.65	569.61	185.32	758.48	23.12
x_{62}	香叶基香叶醇	393.58	168.64	704.49	35.95	412.57	200.32	566.61	21.29
x_{63}	别香树烯	646.38	365.71	1216.58	38.61	662.53	345.92	962.63	21.34

适宜贮存期烟叶样品中致香成分种类基本相同,但含量和比例却不尽一致,这也是形成不同产地烟叶独特风格的重要因素^[35-37].该结论与周坤等^[33-37]的研究结果相同.

2.2 重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分特征指标筛选与分析

2.2.1 致香成分特征指标筛选结果

采用主成分分析法对适宜贮存期烟叶样品进行致香成分特征指标筛选,即把贡献最小的特征向量中的最大分量所对应的评价指标剔除,一次剔除一个变量,然后利用剩余变量再进行主成分分析,经过逐次剔除,最终保留 10 个指标^[25-26],即为致香成分特征指标:上部烟叶分别为糠醛、4-环戊烯-1,3-二酮、甲基庚烯酮、2-吡咯甲醛、苯乙醛、3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮、茄酮、突厥酮、9,10-脱氢-异长叶烯、亚油酸甲酯;中部烟叶分别为 3-呋喃甲醇、糠醛、甲基环戊烯醇酮、芳樟醇、3-乙酰基吡啶、茄酮、2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮、巨豆三烯酮 B、9,10-脱氢-异长叶烯、棕榈酸甲酯.其中,除 2-吡咯甲醛外,其余

特征指标均与刘建利等^[35]的研究结果不同,究其原因,本研究分析的是醇化后烟叶,同时是分部位进行的分析,而刘建利等^[35]的研究对象为初烤烟叶,分析时未分部位.这表明:一方面,醇化后可能会弱化相关成分的差异;另一方面,烟叶部位间差异明显也会导致指标间差异显著,而且,卷烟配方中用的是醇化后烟叶.因此,本文的研究方法与结果,对生产实践更具有针对性和实效性.

2.2.2 致香成分特征指标差异显著性分析

为明确重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分特征指标的差异,对不同产地、年份、品种和等级的烟叶样品进行了致香成分差异显著性分析,结果见表 3.

由表 3 可知,对于上部烟叶,不同产地间所有成分均达到显著性差异,其中苯乙醛、茄酮的差异可达到显著性水平,其他 8 种成分均达到极显著性水平;不同年份间所有成分也均达到显著性差异,其中苯乙醛、3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮、茄酮和突厥酮的差异达到显著性水平,其他 6 种成分的差异

表 3 不同产地、年份、品种和等级烟叶样品致香成分特征指标差异显著性分析

Table 3 The significance analysis of characteristic indexes of flavor components in tobacco samples from different regions, aged time and cultivars

因子	致香成分	上部烟叶				因子	致香成分	中部烟叶			
		产地	年份	品种	等级			产地	年份	品种	等级
x_6	糠醛	<0.001**	0.002**	0.003**	0.851	x_5	3-呋喃甲醇	0.036*	<0.001**	0.122	0.241
x_8	4-环戊烯-1,3-二酮	<0.001**	0.009**	<0.001**	0.882	x_6	糠醛	<0.001**	<0.001**	0.018*	0.275
x_{13}	甲基庚烯酮	<0.001**	0.006**	0.003**	0.949	x_{16}	甲基环戊烯醇酮	0.002**	0.085	0.059	0.975
x_{15}	2-吡咯甲醛	<0.001**	<0.001**	0.005**	0.799	x_{22}	芳樟醇	0.059	0.012*	0.015*	0.039*
x_{18}	苯乙醛	0.014*	0.012*	0.164	0.334	x_{23}	3-乙酰基吡啶	0.008**	0.007**	0.476	0.367
x_{29}	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	<0.001**	0.027*	0.005**	0.729	x_{33}	茄酮	<0.001**	0.995	0.005**	0.073
x_{33}	茄酮	0.020*	0.034*	0.002**	0.803	x_{38}	2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮	<0.001**	0.395	0.023*	0.120
x_{34}	突厥酮	0.003**	0.015*	0.031*	0.349	x_{43}	巨豆三烯酮 B	0.031*	0.044*	0.020*	0.469
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	<0.001**	0.005**	0.001**	0.835	x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	0.001**	<0.001**	0.567	0.377
x_{60}	亚油酸甲酯	0.001**	0.001**	0.009**	0.673	x_{56}	棕榈酸甲酯	0.011*	0.337	0.096	0.450

注:*和**分别表示 0.05 和 0.01 水平差异显著.下同.

均达到极显著性水平;不同品种间除了苯乙醛的差异未达到显著性水平,突厥酮的差异达到显著性水平,其他8种成分的差异均达到极显著性水平;不同等级间10种成分差异均无显著性差异.对中部烟叶而言,不同产地间除了芳樟醇的差异未达到显著性水平外,3-呋喃甲醇、巨豆三烯酮B和棕榈酸甲酯的差异均达到显著性水平,其他6种成分差异均达到极显著性水平;不同年份间除甲基环戊烯醇酮、茄酮、2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮、棕榈酸甲酯的差异未达到显著性水平外,芳樟醇、巨豆三烯酮B均达到显著性水平,其他4种成分均达到极显著性水平;不同品种间仅茄酮的差异达到极显著性水平,糠醛、芳樟醇、2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮和巨豆三烯酮B的差异达到显著性水平,其他5种成分均无显著性差异;不同等级间除芳樟醇的差异达到显著性水平外,其他9种成分均无显著性差异.

综上可知,上部烟叶和中部烟叶醇化后,产地、年份与品种间的差异均大于相同部位不同等级的差异,产地、年份和品种对烟叶致香成分

的含量有重要影响,且影响程度依次为产地>年份>品种>等级,相同部位不同等级对致香成分的影响不显著,这一结论未见相关报道.其中,产地间的差异程度大于品种间的差异程度,这与李玲燕等^[38-39]的研究结果一致,虽然他们的研究对象是初烤烟叶,但是结论具有一致性.

2.2.3 致香成分特征指标多重比较结果 为比较重庆烟区适宜贮存期各产地间烟叶样品致香成分含量,对不同产地醇化后的上部和中部烟叶的致香成分特征指标含量进行了多重比较,结果见表4和表5.

由表4可知,糠醛含量丰都最高,丰都、涪陵与南川间无显著性差异,且显著高于其他产地,武隆最低,武隆、彭水与黔江间无显著性差异;4-环戊烯-1,3-二酮含量涪陵最高,且显著高于其他产地,丰都、南川、彭水与黔江间无显著性差异,武隆最低,且武隆、彭水与黔江间无显著性差异;甲基庚烯酮含量涪陵最高,且显著高于其他产地,丰都、南川间无显著性差异,丰都、彭水与黔江间无显著性差异,武隆最低,且武隆、彭水与黔江间无显著性差异;2-吡咯甲醛含量南川最高,南川、涪陵与丰都间无显著

表4 不同产地烟叶致香成分特征指标含量多重比较结果

Table 4 Multiple comparison results of characteristic index contents of flavor components in upper tobacco leaves from different regions $\mu\text{g/g}$

因子	致香成分	产地					
		丰都	武隆	涪陵	南川	彭水	黔江
x_6	糠醛	255.956 ^a	169.166 ^b	239.467 ^a	248.648 ^a	185.424 ^b	177.295 ^b
x_8	4-环戊烯-1,3-二酮	65.207 ^b	50.865 ^c	75.741 ^a	64.148 ^b	56.434 ^{bc}	53.649 ^{bc}
x_{13}	甲基庚烯酮	10.874 ^{bc}	7.318 ^d	17.152 ^a	12.530 ^b	8.023 ^{cd}	7.671 ^{ed}
x_{15}	2-吡咯甲醛	17.178 ^a	11.938 ^b	18.351 ^a	18.411 ^a	12.292 ^b	12.115 ^b
x_{18}	苯乙醛	117.345 ^{ab}	95.329 ^{bc}	114.765 ^{ab}	129.844 ^a	89.762 ^c	92.545 ^c
x_{29}	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	29.055 ^{bc}	26.880 ^c	38.414 ^a	31.229 ^b	27.606 ^c	27.243 ^c
x_{33}	茄酮	626.811 ^a	387.776 ^c	571.612 ^{ab}	523.059 ^{ab}	488.741 ^{bc}	438.258 ^{bc}
x_{34}	突厥酮	226.863 ^{ab}	195.176 ^{bc}	244.472 ^a	246.476 ^a	192.747 ^c	193.961 ^c
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	286.563 ^a	159.030 ^b	303.311 ^a	281.172 ^a	187.942 ^b	173.486 ^b
x_{60}	亚油酸甲酯	222.479 ^a	136.460 ^b	207.980 ^a	221.016 ^a	152.557 ^b	144.509 ^b

注:表中同一行内凡标有相同字母者,表示差异不显著($P > 0.05$);无相同字母而有相邻字母者,表示差异显著($P < 0.05$);字母既不相同也不相邻者,表示差异极显著($P < 0.01$).下同.

表5 不同产地中部烟叶致香成分特征指标含量多重比较结果

Table 5 Multiple comparison results of characteristic index contents of flavor components in middle tobacco leaves from different regions

因子	致香成分	产地					
		丰都	武隆	涪陵	南川	彭水	黔江
x_5	3-呋喃甲醇	3.778 ^a	3.139 ^{ab}	3.418 ^a	3.685 ^a	2.505 ^b	3.782 ^a
x_6	糠醛	257.607 ^a	180.832 ^{cd}	210.863 ^{bc}	251.222 ^{ab}	144.041 ^d	261.795 ^a
x_{16}	甲基环戊烯醇酮	7.135 ^a	7.358 ^a	7.280 ^a	6.167 ^a	3.736 ^b	7.313 ^a
x_{22}	芳樟醇	19.430 ^{ab}	15.531 ^b	16.644 ^b	16.426 ^b	15.454 ^b	22.108 ^a
x_{23}	3-乙酰基吡啶	15.522 ^{abc}	13.324 ^c	13.950 ^{bc}	17.690 ^a	13.060 ^c	16.276 ^{ab}
x_{33}	茄酮	383.972 ^{bc}	277.536 ^d	314.107 ^{cd}	338.944 ^{bcd}	396.911 ^{ab}	469.354 ^a
x_{38}	2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮	83.541 ^{ab}	42.390 ^d	59.100 ^c	70.502 ^{bc}	65.312 ^c	89.169 ^a
x_{43}	巨豆三烯酮B	277.481 ^c	440.249 ^a	364.139 ^{abc}	365.284 ^{abc}	397.789 ^{ab}	342.249 ^{bc}
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	163.773 ^{ab}	112.100 ^{cd}	134.956 ^{bc}	197.950 ^a	83.751 ^d	157.764 ^{abc}
x_{56}	棕榈酸甲酯	213.971 ^a	146.449 ^b	173.055 ^{ab}	200.585 ^a	133.074 ^b	215.856 ^a

性差异,且显著高于其他产地,武隆最低,且武隆、彭水与黔江间无显著性差异;苯乙醛含量南川最高,南川、丰都与涪陵间无显著性差异,且显著高于彭水和黔江,彭水最低,彭水与黔江间无显著性差异;3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮含量涪陵最高,且显著高于其他产地,武隆最低,丰都、武隆、彭水与黔江间无显著性差异;茄酮含量丰都最高,丰都、涪陵与南川间无显著性差异,且显著高于武隆、彭水和黔江,武隆最低,武隆、彭水与黔江间无显著性差异;突厥酮含量南川最高,丰都、涪陵与南川间无显著性差异,且显著高于武隆、彭水和黔江,彭水最低,武隆、彭水与黔江间无显著性差异;9,10-脱氢-异长叶烯含量涪陵最高,涪陵、丰都与南川间无显著性差异,且显著高于武隆、彭水和黔江,武隆最低,武隆、彭水与黔江间无显著性差异;亚油酸甲酯含量丰都最高,丰都、南川与涪陵间无显著性差异,且显著高于武隆、彭水和黔江,武隆最低,武隆、彭水与黔江间无显著性差异。从以上分析可知,致香成分特征指标含量丰都较高,其次是涪陵,而武隆最低。

由表5可知,3-呋喃甲醇含量丰都最高,丰都、武隆、涪陵、南川与黔江间无显著性差异,且丰都、涪陵、南川和黔江显著高于彭水,彭水

最低,武隆与彭水间无显著性差异;糠醛含量黔江最高,黔江、丰都与南川间无显著性差异,且显著高于武隆、涪陵和彭水,武隆、涪陵间无显著性差异,彭水最低,彭水、武隆间无显著性差异;甲基环戊烯醇酮含量彭水最低,且显著低于其他5个产地,其他5个产地间无显著性差异,武隆最高;芳樟醇含量黔江最高,丰都、黔江间无显著性差异,且显著高于武隆、涪陵、南川和彭水,彭水最低,丰都、武隆、涪陵、南川与彭水间无显著性差异;3-乙酰基吡啶含量南川最高,丰都、南川与黔江间无显著性差异,且显著高于武隆、涪陵和彭水,彭水最低,丰都、武隆、涪陵与彭水间无显著性差异;茄酮含量黔江最高,彭水、黔江间无显著性差异,且显著高于丰都、武隆、涪陵和南川,丰都、南川与彭水间无显著性差异,武隆最低,武隆、涪陵与南川间无显著性差异;2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮含量黔江最高,丰都与黔江间、丰都与南川间均无显著性差异,且显著高于武隆、涪陵、南川和彭水,涪陵、南川与彭水间无显著性差异,武隆最低,且显著低于其他产地;巨豆三烯酮B含量武隆最高,武隆、涪陵、南川与彭水间无显著性差异,且显著高于丰都和黔江,以丰都最低,丰都、黔江间无显著性差异;9,10-脱氢-

异长叶烯含量南川最高,丰都、南川与黔江间无显著性差异,且显著高于武隆、涪陵和彭水,彭水最低,武隆、彭水间无显著性差异;棕榈酸甲酯含量黔江最高,丰都、涪陵、南川与黔江间无显著性差异,且显著高于武隆和彭水,彭水最低,武隆、涪陵与彭水间无显著性差异.从以上分析可知,致香成分特征指标含量黔江较高,其次是南川,而武隆最低.

2.3 重庆烟区适宜贮存期烟叶致香成分的聚类分析

为明确重庆烟区不同产地间适宜贮存期烟叶致香成分含量的相似性和差异性,利用筛选后的致香成分特征指标,采用类平均数法分别对上部和中部烟叶致香成分进行聚类分析,分析结果如图1和图2所示.上部烟叶和中部烟叶均划分为3类.上部烟叶第一类包含丰都、南川,第二类包含武隆、彭水、黔江,第三类为涪陵;中部烟叶第一类包括丰都、南川、黔江,第二类为武隆、涪陵,第三类为彭水.从分类结果来看,上部烟叶和中部烟叶有较大差异,说明不同产地对不同部位烟叶的致香成分影响较大,因此,在研究产地对烟叶品质的影响时应分部位进行分析.

为明确上部烟叶和中部烟叶3个类别间致香成分的差异,对不同类别间烟叶致香成分含量进行差异显著性分析,结果见表6和表7.

由表6可知,类别间所有致香成分均达到极显著性差异,以第三类含量最高,其次是第一类,第二类最低.第二类中所有致香成分含量均

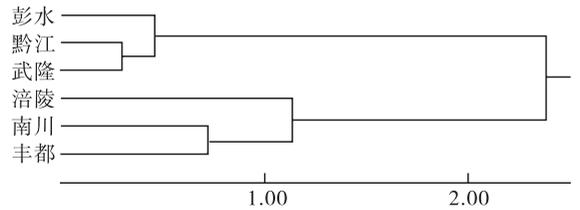


图1 适宜贮存期上部烟叶致香成分聚类分析

Fig.1 Clustering analysis results of flavor components in upper tobacco leaves of suitable storage period

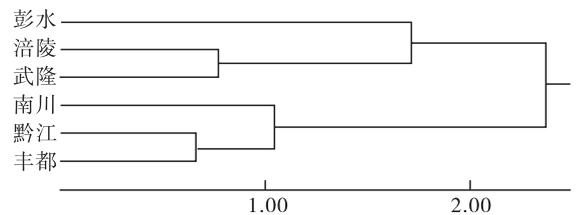


图2 适宜贮存期中部烟叶致香成分聚类分析

Fig.2 Clustering analysis results of flavor components in middle tobacco leaves of suitable storage period

表6 适宜贮存期上部烟叶类别间致香成分含量差异显著性分析

Table 6 The significance analysis on the content of flavor components among categories of upper tobacco leaves in suitable storage period

因子	致香成分	P 值	第一类	第二类	第三类
x_6	糠醛	<0.001**	252.30 ^a	177.29 ^b	239.47 ^a
x_8	4-环戊烯-1,3-二酮	<0.001**	64.68 ^b	53.65 ^c	75.74 ^a
x_{13}	甲基庚烯酮	<0.001**	11.70 ^b	7.67 ^c	17.15 ^a
x_{15}	2-吡咯甲醛	<0.001**	17.79 ^a	12.11 ^b	18.35 ^a
x_{18}	苯乙醛	<0.001**	123.59 ^a	92.55 ^b	114.77 ^a
x_{29}	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	<0.001**	30.14 ^b	27.24 ^c	38.41 ^a
x_{33}	茄酮	0.009**	574.93 ^a	438.26 ^b	571.61 ^a
x_{34}	突厥酮	<0.001**	236.67 ^a	193.96 ^b	244.47 ^a
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	<0.001**	283.87 ^a	173.49 ^b	303.31 ^a
x_{60}	亚油酸甲酯	<0.001**	221.75 ^a	144.51 ^b	207.98 ^a

μg/g

表7 适宜贮存期中部烟叶类别间致香成分含量差异显著性分析

因子	致香成分	P 值	第一类	第二类	第三类	μg/g
x_5	3-呋喃甲醇	<0.001**	3.75 ^a	3.28 ^a	2.51 ^b	
x_6	糠醛	<0.001**	256.87 ^a	195.85 ^b	144.04 ^c	
x_{16}	甲基环戊烯醇酮	<0.001**	6.87 ^a	7.32 ^a	3.74 ^b	
x_{22}	芳樟醇	0.075	19.32 ^a	16.09 ^{ab}	15.45 ^b	
x_{23}	3-乙酰基吡啶	<0.001**	16.50 ^a	13.64 ^b	13.06 ^b	
x_{33}	茄酮	<0.001**	397.42 ^a	295.82 ^b	396.91 ^a	
x_{38}	2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮	<0.001**	81.07 ^a	50.75 ^b	65.31 ^b	
x_{43}	巨豆三烯酮 B	0.050	328.34 ^a	402.19 ^a	397.79 ^a	
x_{49}	9,10-脱氢-异长叶烯	<0.001**	173.16 ^a	123.53 ^b	83.75 ^c	
x_{56}	棕榈酸甲酯	<0.001**	210.14 ^a	159.75 ^b	133.07 ^b	

显著低于第一类和第三类;第一类中除4-环戊烯-1,3-二酮、甲基庚烯酮、3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮与第三类有显著性差异外,其他均无显著性差异。

由表7可知,除芳樟醇和巨豆三烯酮B外,类别间所有致香成分均达到极显著性差异,以第一类含量最高,其次是第二类,第三类最低。第三类中3-呋喃甲醇、糠醛、甲基环戊烯醇酮和9,10-脱氢-异长叶烯均显著低于第一类和第二类,而第一类和第二类中3-呋喃甲醇、甲基环戊烯醇酮无显著性差异,第一类中糠醛和9,10-脱氢-异长叶烯均显著高于第二类。第一类中芳樟醇显著高于第三类,与第二类间无显著性差异,第二类和第三类中芳樟醇无显著性差异。第一类中3-乙酰基吡啶、棕榈酸甲酯和2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮均显著高于第二类和第三类,而第二类和第三类中这3种物质无显著性差异。第二类中茄酮显著低于第一类和第三类,第一类和第三类中茄酮无显著性差异。巨豆三烯酮B在三个类别间无显著性差异。

3 结论

本文采用SDE-GC-MS对重庆烟区适宜贮

存期烟叶致香成分含量进行测定,并对测定的致香成分进行描述性统计分析;采用主成分分析法筛选特征致香成分指标,对筛选出的特征指标进行差异显著性分析和多重比较,并通过类平均数法对致香成分进行聚类分析,得到如下结论。

1)重庆烟区适宜贮存期烟叶所测定的致香成分种类相同,但含量和比例不尽一致,上部烟叶和中部烟叶所测定的63种致香成分含量差异较大,变异系数的范围分别为12.12%~59.97%,10.41%~73.25%,均以6-甲基-5-(1-甲基亚乙基)-6,8-壬二烯-2-醛变异系数最小,上部烟叶以螺岩兰草酮变异系数最大,而中部烟叶以(+)-香柏酮变异系数最大。

2)筛选出致香成分特征指标,上部烟叶为糠醛、4-环戊烯-1,3-二酮、甲基庚烯酮、2-吡咯甲醛、苯乙醛、3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮、茄酮、突厥酮、9,10-脱氢-异长叶烯、亚油酸甲酯;中部烟叶为3-呋喃甲醇、糠醛、甲基环戊烯醇酮、芳樟醇、3-乙酰基吡啶、茄酮、2,3-二甲基-(3-氧代丁基)-环己酮、巨豆三烯酮B、9,10-脱氢-异长叶烯、棕榈酸甲酯;不同产地、年份、品种、等级间

差异较大,不同因素的影响程度依次为产地 > 年份 > 品种 > 等级,而相同部位内不同等级间几乎无显著性差异。

3) 上部烟叶致香成分特征指标含量丰都较高,涪陵其次,武隆最低;中部烟叶致香成分特征指标含量黔江较高,南川其次,武隆最低。

4) 重庆烟区适宜贮存期上部烟叶和中部烟叶均划分为3类,其中,上部烟叶第一类包含丰都、南川,第二类包含武隆、彭水、黔江,第三类为涪陵,中部烟叶第一类包括丰都、南川、黔江,第二类为武隆、涪陵,第三类为彭水,类别间差异显著性较高。

参考文献:

- [1] 范坚强,宋纪真,陈万年,等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J]. 烟草科技,2003(8):19.
- [2] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 郭俊成,程晓蕾. 烤烟陈化期间理化变化对品质影响的初探[J]. 安徽烟草科技,1993(2):29.
- [4] 朱大恒,韩锦峰,张爱萍,等. 自然醇化与人工发酵对烤烟化学成分变化的影响比较研究[J]. 烟草科技,1999(1):3.
- [5] 陈万年,宋纪真,范坚强,等. 福建和云南烤烟烟片的最佳醇化期及适宜贮存时间[J]. 烟草科技,2003(7):9.
- [6] 宋纪真,张增基,陈永龙,等. 贮存条件对烤烟片烟醇化质量的影响[J]. 烟草科技,2003(9):6.
- [7] 胡有持,牟定容,李炎强,等. 云南和河南陈化的复烤片烟质量的差异[J]. 烟草科技,2004(9):33.
- [8] 于建军,李琳,庞天河,等. 烟叶发酵研究进展[J]. 河南农业大学学报,2006,40(1):108.
- [9] 赵铭钦,王豹祥,邱立友,等. 不同陈化时期烤烟叶片中酶活性及其相关化学成分分析[J]. 中国农业大学学报,2006,11(4):7.
- [10] 卓思楚,郑湖南,齐凌峰,等. 国内烤烟烟叶醇化机理及技术研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(10):91.
- [11] 汪长国,李宁,寇明钰,等. 复烤烟叶异地醇化过程中生物活性的变化[J]. 中国农业大学学报,2013,18(2):105.
- [12] 王鹏,戴亚,唐杰,等. 重庆地产烟叶最佳醇化期的常规化学成分分析[J]. 贵州农业科学,2018,46(10):37.
- [13] 张允政. 烤烟片烟醇化过程中化学成分变化及与醇化质量的关系研究[D]. 武汉:华中农业大学,2008.
- [14] 刘登乾,李章海,毛化贤,等. 陈化对不同产地烤烟品质和香气质量的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(22):9585.
- [15] 司辉,闫铁军,张环宇,等. 不同生态产区烤烟片烟化学成分在醇化中的变化规律研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(22):13328.
- [16] 刘磊,王涛,史绍新,等. 复烤片烟自然醇化过程中品质变化研究进展[J]. 河南农业科学,2015,44(8):7.
- [17] 赵铭钦,赵辉,王文基,等. 不同基因型烤烟化学成分和致香物质间的相关和通径分析[J]. 中国烟草科学,2009,30(3):7.
- [18] 于建军,杨寒文,毕庆文,等. 烤烟中性致香成分与香气质量的典型相关分析[J]. 甘肃农业大学学报,2009,44(2):72.
- [19] 王能如,李章海,王东胜,等. 烤烟香气成分与其评吸总分和香味特征的相关性[J]. 安徽农业科学,2009,37(6):2567.
- [20] 胡建军,周冀衡,李文伟,等. 烤烟香味成分与其感官质量的典型相关分析[J]. 烟草科技,2007(3):9.
- [21] 于建军,庞天河,章新军,等. 鄂西南烤烟吸食质量与致香物质的关系[J]. 华中农业大学学报,2006,25(4):355.

- [22] 于建军,庞天河,任晓红,等. 烤烟中性致香物质与评吸结果关系研究[J]. 河南农业大学学报,2006,40(4):346.
- [23] 黄静文,段焰青,杨金奎,等. 烟叶主要致香成分和烟叶等级以及醇化时间的对比分析[J]. 江西农业大学学报,2010,32(3):440.
- [24] 杨宗灿,王鹏飞,许衡,等. 陈化对烟叶常规化学成分、中性致香物质含量和评吸质量的影响[J]. 河南农业大学学报,2017,51(5):615.
- [25] 张辉,赵秋红. 基于主成分分析基本原理的经济指标的筛选方法[J]. 山东财政学院学报,2013,124(2):52.
- [26] 赵丽萍,许维军. 综合评价指标的选择方法及实证分析[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2002,23(2):144.
- [27] 王晓鹏,曾永年,曹广超,等. 基于多元统计和AHP的青藏高原牧区可持续发展评价模型与应用[J]. 系统工程理论与实践,2005(6):139.
- [28] 李国栋,胡建军,周冀衡,等. 基于主成分和聚类分析的烤烟化学品质综合评价[J]. 烟草科技,2008(12):5.
- [29] 肖雅,马继良,曹凡宝,等. 云南烤烟品种 K326 化学成分分析及聚类评价[J]. 西南农业学报,2012,25(1):44.
- [30] 马京民,刘国顺,时向东,等. 主成分分析和聚类分析在烟叶质量评价中的应用[J]. 烟草科技,2009(7):57.
- [31] TANG Q Y,ZHANG C X. Data processing system (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research[J]. Insect Science,2013,20(2):254.
- [32] 李玲燕,徐宜民,王程栋,等. 贵州烟区烤烟烟叶香气物质分析[J]. 中国烟草科学,2016,37(1):37.
- [33] 周坤,周清明,胡晓兰,等. 烤烟香气物质研究进展[J]. 中国烟草科学,2008,29(2):56.
- [34] 张强,董高峰,和智君,等. 云南主产烟区烤烟中性致香物质含量的差异分析[J]. 江苏农业科学,2012,24(7):80.
- [35] 刘建利,陈涛,朱晓伟,等. 基于致香成分的重庆主要烟草种植区溯源特征研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(8):93.
- [36] 汪耀富,高华军,刘国顺,等. 不同基因型烤烟叶片致香物质含量的对比分析[J]. 中国农学通报,2005,21(5):117.
- [37] 刘培玉,王新发,汪健,等. 不同生态地区烤烟主要致香物质含量的变化[J]. 浙江农业学报,2010,22(2):239.
- [38] 李玲燕,徐宜民,王程栋,等. 贵州烟区烤烟烟叶香气物质分析[J]. 中国烟草科学,2016,37(1):37.
- [39] 左天觉,朱尊权. 烟草的生产,生理和生物化学[M]. 上海:上海远东出版社,1993.