

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.08.005

烙铁温度对成品烟丝致香成分的影响

Effect of the heater temperature on the aroma components of finished tobacco

李超¹ 袁湘云² 李达² 葛文² 王家寿²

LI Chao¹ YUAN Xiang-yun² LI Da² GE Wen² WANG Jia-shou²

(1. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南昆明 650024;

2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南昆明 650231)

(1. Technology Center of China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650024, China;

2. Hongyun Honghe Tobacco [Group] Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650231, China)

摘要:建立了顶空—固相微萃取/气相色谱—质谱(HS-SPME/GC-MS)联用法分析不同烙铁温度对同一规格不同批次卷烟中试样烟丝样品中致香物质的组成及含量的影响。结果表明:①两个批次的成品烟丝共检测出 35 种核心致香成分,其中批次 X 含 30 种,批次 Y 含 34 种;② 3-甲基-3-丁烯-2-酮、2-己烯-1-醇、2-(丁氧基乙氧基)乙醇、棕榈酸甲酯、3,5-二甲基苯酚为批次 X 未检测出成分,3-甲基-1,2-环戊二酮为批次 Y 未检测出成分,1,2-丙二醇为含量最高的致香物质;③ F 检验表明 X、Y 两个批次样品中致香成分含量的差异是来自于烙铁温度,将烙铁温度控制在 270 ℃ 更利于保留烟丝中的致香成分。

关键词:烙铁温度;烟丝;致香成分;顶空—固相微萃取;气相色谱—质谱

Abstract: Head space solid-phase microextraction (HS-SPME) coupled with chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method was developed to study the effects of different temperature of the heater on the composition and content of aroma components in the test samples of different batches of cigarettes. The results were as follows: ① A total of 35 core aroma components were detected in two batches of finished cut tobacco, of which batches X and Y contained 30 and 34 kinds respectively; ② 3-methyl-3-buten-2-one, 2-hexene-1-alcohol, 2-(butoxyethoxy) ethanol, Methyl palmitate and 3,5-dimethylphenol were unde-

tected components in X, while 3-methyl-1,2-cyclopentadione was undetected components in Y. 1,2-propanediol was the highest content of aroma substances; ③ F-test showed that the difference in the content of aroma components in X and Y was resulted in by the temperature of heater and the temperature set at 270 ℃ was more conducive to retain aroma components in tobacco.

Keywords: heater temperature; finished tobacco; aroma component; head space solid-phase microextraction; chromatography-mass spectrometry

烟草致香成分是卷烟感官风格特征形成的关键因素,也是评价卷烟质量的重要指标^[1-2]。卷烟作为特殊嗜好品,吸食品质的优劣,很大程度上取决于烟丝中的致香成分^[3-4]。烟丝中的致香物质是使烟丝产生香味的重要物质,不同种类、含量的致香物质决定了烟草燃烧时的醇和度和感官感受。烟丝中的致香成分含量和种类在卷烟制丝过程中会发生变化,只有当烟丝中的化学成分达到某种平衡后,烟草才具有较高的品质,因此,对烟草中致香成分的分析一直是烟草科学研究的重点,通过对致香成分进行含量和种类的分析研究,可以对卷烟质量进行比较客观、准确的评价^[5]。国内外许多研究人员对烟草中的致香成分进行过研究。尧珍玉等^[6]对近年来卷烟调香以及致香产物本身的香气特征进行综述,为改进烟叶的初烤、复烤及陈化等工艺提供参考;王玉真等^[7]针对薄板烘丝机的不同调控模式对烟丝香味成分的影响进行研究分析,发现不同的调控模式下烟草中挥发性有机酸和致香成分的含量存在显著差异;邵慧芳等^[8]研究松散回潮工序关于回风温度对烟叶致香成分的影响,结果显示,57 ℃ 为回风温度的临界点,高于 57 ℃ 时烟叶中的致香成分可能会转化为其他物质;丁美宙等^[9]对叶丝滚筒干燥对卷烟香气进行研究,结果显示采用 125~132 ℃ 的

基金项目:红云红河烟草(集团)有限责任公司科技项目(编号:HYHH2018XX03);云南省应用基础研究计划项目(编号:2017FD048)

作者简介:李超,男,硕士。

通信作者:王家寿(1973—),男,红云红河烟草(集团)有限责任公司高级工程师,博士。

E-mail: super88man66@126.com

收稿日期:2019-04-19

烘丝筒壁温度更有利于突出卷烟烤香甜;Gopalam 等^[10]分析了印度烤烟成熟期间色素含量的变化,发现类胡萝卜素含量逐渐下降,其他色素只在烟叶过熟后才下降。但关于卷烟过程中烙铁温度对烟丝致香成分的影响却未见报道,烙铁温度过高或过低都会影响烟丝产品质量,温度过低会造成卷烟爆裂,温度过高又会使烟丝变质,影响卷烟质量^[11]。

试验拟采用顶空固相微萃取—气相色谱质谱联用法^[12-13],对同一生产线不同批次烟丝中的致香成分进行检测分析,并对卷烟过程中烙铁温度对烟丝致香成分的影响进行分析探究,以期对卷烟生产参数设置提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料、试剂及仪器

1.1.1 材料及试剂

烟丝样品:取自云南红河红河集团 M 卷烟厂同一生产线连续生产的不同批次卷烟,试验选取两批次烟丝样品进行检验(批次 X、批次 Y),两个不同批次的工艺参数设置除烙铁温度参数变化外,其余参数一致,卷烟机主要工艺参数设置见表 1;

表 1 卷烟机工艺参数设置

Table 1 Process parameters setting of the cigarette making machine

烙铁温度/ ℃	卷烟机速度/ (Cig · min ⁻¹)	搓板温度/ ℃	水松纸温度/ ℃
265	6 745	170	50
270	6 745	170	50
275	6 745	170	50

乙酸-2-苯乙酯内标:纯度为 99%,美国 Sigma 公司。

1.1.2 试验仪器

气相色谱—质谱联用仪:5975C-7890A 型,日本岛津公司;

色谱柱:HP-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm)型,美国 Aglient 公司;

自动进样器:CTC Analytics CombiPAL 型,日本 GL Sciences 公司;

固相微萃取头:50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

分析天平:FA 2004 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 顶空固相微萃取 室温下,准确称取烟丝样品 0.8 g,置于 20 mL 顶空瓶中,加入内标乙酸-2-苯乙酯 0.1 μL,密封瓶口。将其置于 70 ℃水浴锅中预热 10 min,将老化的萃取头插入样品瓶顶空部分,热吸附 40 min 抽

回,萃取头插入 GC-MS 进样口,240 ℃下解析 250 s。

1.2.2 气相色谱—质谱检测条件

(1) 气相色谱检测条件:柱温采用升温程序,初始温度 50 ℃,保持 3 min,然后以 5 ℃/min 升至 150 ℃,保持 1 min,然后以 7 ℃/min 升至 250 ℃,保持 5 min;分流比 10:1;载气:99.999%高纯氮气,流速 10 mL/min。

(2) 质谱条件:EI⁺离子源;电压 70 eV;离子源温度 230 ℃;接口温度 280 ℃;扫描方式:全扫描;质量扫描范围:29~450 amu。

1.2.3 试验方案设计 由于卷烟小包的密封性受烙铁温度影响较大,试验主要探究烙铁温度对烟丝致香成分的影响,选取烙铁温度梯度为 265,270,275 ℃(正常生产工艺的烙铁温度范围为 250~300 ℃),在卷烟机速度(6 745 支/min)、搓板温度(170 ℃)和水松纸温度(50 ℃)参数不变的操作条件下,运用顶空固相微萃取和气相色谱—质谱的研究方法分别对不同烙铁温度下 X、Y 两批次烟丝样品的致香成分含量进行分析检测,获得各成分的含量,并研究含量与烙铁温度间的相互影响。

2 结果与分析

2.1 X、Y 烟丝中致香物质组分的差别

采用顶空固相微萃取—气相色谱/质谱技术,富集同一生产线 X、Y 两个批次样品中香气成分,分析结果见表 2。结果显示:X、Y 两个批次烟丝中共有 11 类香气成分,主要是酮类、醇类和醛类。两批次烟丝样品共检测出 35 种致香成分,其中批次 Y 中检测出的香气成分较多,为 34 种,批次 X 中致香成分相对较少,共检测出 30 种致香成分,两批次样品中共有的香气成分为 29 种。批次 X 中未检测出 3-甲基-3-丁烯-2-酮、2-己烯-1-醇、2-(丁氧基乙氧基)乙醇、棕榈酸甲酯、3,5-二甲苯酚;批次 Y 中未检测出 3-甲基-1,2-环戊二酮。

2.2 X、Y 烟丝中致香物质含量的差别

由表 2 可以看出,羟基丙酮、1,2-丙二醇、糠醛、5-甲基糠醛、新植二烯、乙酸和烟碱是调节烟丝香味的重要物质,其相对含量均在 10 mg/kg 以上,其中 1,2-丙二醇的含量最高,其在 X、Y 两个批次样品中相对含量分别为 252.47,415.74 mg/kg,其次为乙酸,相对含量分别为 188.35,120.33 mg/kg。批次 X 中致香物质的相对总含量为 662.26 mg/kg,批次 Y 中致香物质的相对总含量为 671.80 mg/kg,两者差距不大。研究还发现一些香气成分在 X、Y 两个批次样品中含量存在显著差异,批次 X 中羟基丙酮、5-甲基糠醛、新植二烯、乙酸、烟碱的相对含量明显高于批次 Y 的;而批次 X 中 1,2-丙二醇、糠醇、糠醛的相对含量明显低于批次 Y 的,尤以 1,2-丙二醇在两批次样品中含量差异最为明显,差值为 163.27 mg/kg。新植二烯是构成烟丝香气的重要物质,为叶绿素降解物,具

有清香香气,能够降低烟丝燃烧时产生的刺激性,使香气更加醇和;新植二烯在 X、Y 两个批次样品中相对含量分别为 58.43,42.41 mg/kg,因含量存在差异其产生的调节强度亦有差异。烟碱提供卷烟抽吸时的烟味、劲头和生

理满足感,同时也会带来抽吸时的刺激性,其裂解产生的吡啶类化合物也会产生油树脂的香气,共同丰富烟草香味;烟碱也是调节烟丝香味的关键成分,其在 X、Y 两个批次样品中相对含量分别为 64.26,36.45 mg/kg。可

表 2 X、Y 两个批次中致香成分、保留时间及相对含量比较[†]

Table 2 Comparison of aroma components, retention time and relative content in two batches of X and Y

分类	化合物名称	保留时间/ min	相对含量/(mg · kg ⁻¹)		
			批次 X	批次 Y	
酮类	1-戊烯-3-酮	4.430	1.09	0.77	
	3-甲基-3-丁烯-2-酮	6.512	—	0.49	
	3-羟基-2-丁酮	10.440	1.82	2.27	
	羟基丙酮	10.828	20.92	13.55	
	2-环戊烯-1,4-二酮	17.658	2.85	2.73	
	氧化异佛尔酮	20.826	0.58	0.36	
	茄酮	21.439	3.27	2.01	
	β-大马酮	22.943	0.46	0.79	
	3-甲基-1,2-环戊二酮	23.061	0.14	—	
	香叶基丙酮	23.654	0.58	0.52	
	巨豆三烯酮 1	30.308	0.44	0.36	
	巨豆三烯酮 2	30.308	0.24	0.16	
	醇类	3-甲基-1-丁醇	8.603	1.20	1.29
		2-己烯-1-醇	13.002	—	0.34
1,2-丙二醇		18.079	252.47	415.74	
2-(丁氧基乙氧基)乙醇		22.460	—	0.33	
苯甲醇		24.136	1.84	1.51	
苯乙醇		25.558	2.01	1.34	
糠醇		19.520	5.58	9.15	
醛类		己醛	5.488	2.32	2.08
		苯甲醛	16.159	3.83	4.21
		5-甲基糠醛	17.538	19.36	11.79
	糠醛	14.756	20.62	32.85	
酯类	乙酸-2-苯乙酯 [*]	22.828	128.00	128.00	
	1,2-丙二醇-2-乙酸酯	18.547	4.65	3.78	
	棕榈酸甲酯	30.617	—	0.15	
内酯类	泛解酸内酯	27.144	0.33	0.43	
	二氢猕猴桃内酯	33.505	0.37	0.18	
烯烃类	柠檬烯	10.612	0.33	0.34	
	新植二烯	25.057	58.43	42.41	
酸类	乙酸	14.543	188.35	120.33	
生物碱类	烟碱	23.924	64.26	36.45	
酚类	苯酚	20.889	0.95	1.51	
	3,5-二甲基苯酚	9.234	—	0.48	
其他类	吡啶	8.172	1.81	2.73	
	2-乙酰基呋喃	15.767	1.16	0.78	

[†] * 为试验中加入的内标物。

以看出,烟碱在两批次样品中存在明显差异,新植二烯能够缓和烟碱的刺激性,两者在烟丝中含量的差异会使不同批次的烟丝产生不同的香味。

2.3 卷烟机烙铁温度对烟丝致香成分含量的影响

按照烟丝中致香前体物质进行分类,可以将致香成分分为类胡萝卜素降解产物、芳香族氨基酸裂解产物、类西柏烷类降解产物、棕色化反应产物和新植二烯 5 种类型。致香成分的含量与温度有密切的关系,每种致香物质的含量不同,对温度的敏感度也不同。试验探究了卷烟机卷烟过程中烙铁温度(265,270,275 °C)对 X、Y 两个批次样品中致香成分的影响,结果见表 3。

类胡萝卜素是烟草中重要的前体致香物质,其降解产物多具有香味,且刺激性较小,是形成烟丝高雅、清新香气的主要成分,对烟草香味的调节具有重要作用。由表 3 可知,类胡萝卜素降解产物总含量是最少的,受温度影响也比较明显,温度过高或过低都会影响类胡萝卜素的成分含量,270 °C 时其成分含量相对较高;芳香族氨基酸裂解产物可以增加烟丝花香香味,烙铁温度对批次 X

芳香族氨基酸裂解产物的影响顺序为 270 °C > 265 °C > 275 °C,对批次 Y 芳香族氨基酸裂解产物的影响顺序为 270 °C > 275 °C > 265 °C,说明烙铁温度越高,烟丝中致香成分含量也会升高,但当烙铁温度高于 270 °C 时,烟丝中的致香成分可能会发生变质从而含量降低;研究中检测出的类西柏烷类降解产物是茄酮,茄酮本身具有烤烟味,可以使烟丝香气更加醇和,X、Y 两个批次样品中茄酮含量随温度变化为先增加后下降,且批次 Y 中茄酮的相对含量高于批次 X 的;棕色化反应产物和新植二烯是相对较高的两类型香气成分,两批次样品中温度对致香成分的影响均是 270 °C > 265 °C > 275 °C,且高温对香气成分的影响更大,X、Y 两个批次样品中致香成分的相对总含量在 270 °C 下最高,说明在 270 °C 时样品中的致香成分最丰富。为了探究两批次样品致香成分差异的来源,对 X、Y 两个批次样品进行不同烙铁温度检测的重复性试验,共计 10 次,并对不同温度下的致香成分进行 F 检验,结果见表 4、5,通过对各指标物质含量的 F 检验可知,上述 5 种类型的致香成分在不同烙铁温度下存在显

表 3 烙铁温度对 X、Y 两个批次样品致香成分的影响

Table 3 Effect of different heater temperature on the aroma components of two batches of X and Y mg/kg

类别	批次 X			批次 Y		
	265 °C	270 °C	275 °C	265 °C	270 °C	275 °C
类胡萝卜素降解产物	4.31	5.82	3.00	4.07	5.12	3.18
芳香族氨基酸裂解产物	7.68	8.72	6.34	6.45	7.67	6.77
类西柏烷类降解产物	3.21	3.34	2.54	2.00	2.13	1.76
棕色化反应产物	43.43	45.56	27.68	35.63	53.79	29.81
新植二烯	51.78	59.73	42.64	38.43	45.13	37.18
试验测定所有化合物相对总含量	638.24	654.13	629.17	643.78	672.30	652.22

表 4 烙铁温度对批次 X 样品致香成分影响的 F 检验[†]

Table 4 F-test on different heater temperature on the aroma components of X

检测成分	对比温度	df ₁	df ₂	F 值	f 单尾临界值	P(F ≤ f)单尾
类胡萝卜素降解产物	265 °C/270 °C	62	64	5.137	3.864	0.031
	270 °C/275 °C	64	63	6.172	3.912	0.025
	275 °C/265 °C	66	62	2.536	3.915	0.017
芳香族氨基酸裂解产物	265 °C/270 °C	48	63	3.192	3.914	0.023
	270 °C/275 °C	49	61	2.153	3.921	0.037
	275 °C/265 °C	65	64	6.091	3.874	0.036
类西柏烷类降解产物	265 °C/270 °C	63	62	4.743	3.924	0.018
	270 °C/275 °C	47	60	3.752	3.814	0.033
	275 °C/265 °C	49	66	2.183	3.929	0.041
棕色化反应产物	265 °C/270 °C	56	59	7.193	3.919	0.028
	270 °C/275 °C	62	64	5.928	3.864	0.032
	275 °C/265 °C	67	65	9.639	3.917	0.021
新植二烯	265 °C/270 °C	48	61	9.758	3.825	0.034
	270 °C/275 °C	57	49	3.194	3.892	0.015
	275 °C/265 °C	66	62	7.397	3.874	0.039

[†] 当 P ≤ 0.05 时,存在显著性差异。

表5 烙铁温度对批次Y样品致香成分影响的F检验[†]

Table 5 F-test on different heater temperature on the aroma components of Y

检测成分	对比温度	df_1	df_2	F 值	f 单尾临界值	$P(F \leq f)$ 单尾
类胡萝卜素降解产物	265 °C/270 °C	46	61	4.142	3.814	0.034
	270 °C/275 °C	61	63	3.162	3.911	0.021
	275 °C/265 °C	62	64	2.133	3.875	0.013
芳香族氨基酸裂解产物	265 °C/270 °C	49	61	3.832	3.913	0.024
	270 °C/275 °C	59	65	2.733	3.951	0.026
	275 °C/265 °C	64	63	5.051	3.924	0.026
类西柏烷类降解产物	265 °C/270 °C	63	62	6.744	3.911	0.024
	270 °C/275 °C	46	62	6.154	3.914	0.013
	275 °C/265 °C	59	63	8.143	3.912	0.031
棕色化反应产物	265 °C/270 °C	46	62	7.533	3.915	0.038
	270 °C/275 °C	62	64	8.524	3.914	0.022
	275 °C/265 °C	64	65	2.639	3.813	0.016
新植二烯	265 °C/270 °C	49	65	3.618	3.925	0.044
	270 °C/275 °C	51	58	9.391	3.922	0.045
	275 °C/265 °C	66	64	8.192	3.852	0.027

[†] 当 $P \leq 0.05$ 时,存在显著性差异。

著性差异,说明 X、Y 两个批次样品中致香成分含量的差异是来自于烙铁温度。

2.4 卷烟机烙铁温度对烟丝致香成分峰面积的研究

不同烙铁温度下 X、Y 两个批次样品中致香成分的总峰面积存在显著差异,结果见图 2。由图 2 可知,温度对致香物质总峰面积的影响显著,随着温度升高,致香物质的总峰面积明显增大,烙铁温度为 270 °C 时两批次样品中的香气成分总峰面积均达最大,批次 X 样品中香气成分的总峰面积 270 °C 较 265 °C 高出 1.3×10^8 ,较 275 °C 高出 5×10^7 ;批次 Y 样品中致香物质总峰面积 270 °C 较 265 °C 高出 1.1×10^8 ,较 275 °C 高出 7×10^7 。说明温度对批次 X 样品的影响相对于批次 Y 的更明显,变化更大。由图 2 还可知,批次 Y 样品致香物质总峰面积显著高于同温度下批次 X 的,也反映了批次 Y 样品中致香物质可

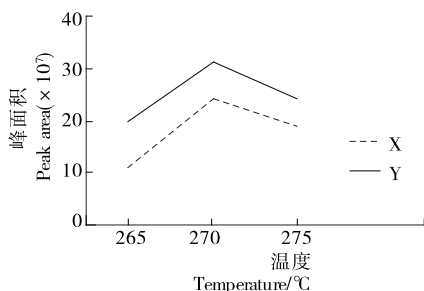


图1 烙铁温度对致香成分峰面积的影响

Figure 1 Effect of temperature on the peak area of aroma components

能更加丰富。此外,各类致香物质的总峰面积基本都是先升高后降低,高于 270 °C 时各类致香物质的总峰面积出现下降,可能是在较高温度下,分子热运动加剧,会有更多香气成分被检测到,但温度超过某一温度临界点时,高温会使香气成分异构化或发生裂解变质等,造成烟丝致香成分的改变或转化为其他物质。因此,卷烟机烙铁温度选择 270 °C 更有利于提高烟丝的香气含量和质量,有利于香气的保留。

3 结论

试验研究了烙铁温度对烟丝致香成分的影响,结果显示随着烙铁温度的升高,致香成分的峰面积呈先增加后下降趋势,烙铁温度为 270 °C 更有利于保留烟丝中的致香成分。研究结果补充了国内外学者在烙铁温度对烟丝致香成分影响分析方面的研究空白,为提高卷烟的整体质量,后续还可对其他工序的工艺参数进行调控研究,以完善卷烟制丝工艺,提高卷烟品质。

参考文献

- [1] 李超,李娥贤,秦云华,等. 碳化温度对成品卷烟烟丝挥发性致香成分的影响初探[J]. 云南农业大学学报, 2018, 33(4): 669-676.
- [2] 于川芳,李晓红,罗登山,等. 玉溪考研外观质量因素与其主要化学成分之间的关系[J]. 烟草科技, 2005(1): 5-7.
- [3] 李苇苇. 烟草中几类致香物质的色谱-质谱联用分析研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010: 1-3.

(下转第 36 页)

3 结论

通过对 3 个品种猪肉蒸煮后的游离氨基酸、脂肪酸、核苷酸含量分析,发现蒸煮后地方性著名品种藏香猪和三门峡黑猪猪肉鲜味增强明显,脂肪酸含量显著高于杜长大白猪。电子舌分析发现,与原料肉相比,蒸煮提高了 3 个品种猪肉滋味物质含量,但蒸煮后 3 种猪肉滋味相似。猪肉含有多种呈味物质,猪肉的滋味是猪肉呈味成分的综合反应,不同呈味物质的组成和比例形成了不同的滋味。藏香猪和三门峡黑猪猪肉滋味来源还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 严达伟, 赵桂英, 苟潇, 等. 迪庆藏猪肉质特性的研究[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(1): 86-91.
- [2] KEAST R S J, BRESLIN P A S. Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts[J]. *Pharmaceutical Research*, 2002, 19(7): 1 019-1 026.
- [3] 赵巧灵, 吴佳佳, 李春萍, 等. 3 种鲑鱼的特征滋味成分分析与比较[J]. 中国食品学报, 2014, 14(6): 246-249.
- [4] 张树敏, 金鑫, 陈群, 等. 放牧对松辽黑猪生长肥育及胴体肉质的影响[J]. 吉林畜牧兽医, 2005(5): 6-7.
- [5] 杨红杰, 彭华, 王林云. 从我国猪肉消费趋势展望地方猪种发展前景[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(16): 6-10.
- [6] 宋社果, 安小鹏, 赵海波, 等. 藏香猪屠宰特性及肉质品质的分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(12): 26-32.
- [7] 张浩, 吴常信, 强巴央宗, 等. 藏猪 3 个繁殖性状主效基因多态性研究[J]. 遗传, 2007, 29(8): 939-944.
- [8] 宋予震, 董青, 梁中涛, 等. 三门峡雏鹰黑猪与杜长大三元杂交猪肉质相关指标的比较[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(11): 124-126.
- [9] 黄叶传, 李婷婷, 李凤. 高压结合热处理对滋味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 58-61.
- [10] 门洪, 张晓婷, 丁力超, 等. 基于电子鼻/舌融合技术的白酒类别辨识[J]. 现代食品, 2016, 32(5): 283-288.
- [11] 贺羽, 王帅, 姚俊胜, 等. 基于电子鼻和电子舌分析不同酿造阶段柠檬果醋气、味差异[J]. 中国调味品, 2018, 43(12): 154-159.
- [12] 范佳利, 韩剑众, 田师一, 等. 基于电子舌的掺假牛奶的快速检测[J]. 中国食品学报, 2011(2): 202-208.
- [13] 潘见, 杨俊杰, 朱双杰, 等. 四种不同品种猪肉滋味成分差异研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 161-164.
- [14] 顾伟刚, 张进杰, 辛梅, 等. 柱前衍生—反相高效液相色谱法测定不同方法煮制的猪肉及其汤汁中的游离氨基酸[J]. 色谱, 2011, 29(10): 1 041-1 045.
- [15] CHEN De-wei, ZHANG Min. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheirus inensis*) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 104(3): 1 200-1 205.
- [16] 孙亚伟, 张笑莹, 张晓红, 等. 新疆褐牛不同部位肌肉氨基酸组成及分析[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(4): 299-302.
- [17] 李铁志, 王明, 雷激. 阿坝州半野血藏猪肉挥发性风味物质的研究[J]. 食品科技, 2015, 40(10): 124-130.
- [18] 付娜, 王锡昌. 滋味物质间相互作用的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 269-273.
- [19] TOLDRA F, ARISTOY M C, FLORES M. Contribution of muscle aminopeptidases to flavor development in dry-cured ham [J]. *Food Research International*, 2000, 33: 181-185.
- [20] 黄业传, 李洪军, 吴照民, 等. 不同部位荣昌猪肉中脂肪含量和脂肪酸组成对比[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 216-222.
- [21] ROS-FREIXEDES R, REIXACH J, BOSCH L, et al. Genetic correlations of intramuscular fat content and fatty acid composition among muscles and with subcutaneous fat in Duroc pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2014, 92(12): 5 417-5 425.
- [4] 肖协忠, 王放, 贺英, 等. 烤烟致香成分与香气质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(6): 1-6.
- [5] 郭华诚, 张月华, 李阳光, 等. 烟丝挥发性香味物质与卷烟感官质量的相关性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 209-212.
- [6] 尧珍玉, 曾池, 施鸣, 等. 烟草中关键致香物质积累、降解及其对品质影响的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(5): 28-31.
- [7] 王玉珍, 高辉, 汪显国, 等. 薄板烘丝机不同水分调控模式对烟丝香味成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(8): 179-182.
- [8] 邵慧芳, 赵蓉蓉, 范磊, 等. 松散回潮回风温度对烟叶化学成分与中性致香物质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 138-145.
- [9] 丁美宙, 熊安言, 马宇平, 等. 叶丝滚筒干燥工艺参数对卷烟香气风格的影响[J]. 烟草科技, 2015, 48(5): 74-79.
- [10] GOPALAM A, GOPALACHARI N C. Biochemical changes in leaf pigments and chemical constituents during flue-curing of tobacco [J]. *Tob Ros*, 1997(5): 113-117.
- [11] 贾志强, 任德志, 王红星. YJ19 型卷烟机烙铁温度控制方法的改进[J]. 烟草科技, 2004(10): 13-17.
- [12] 张鹏云, 李蓉, 李浩洋, 等. 顶空固相微萃取法和气相色谱法提取玛咖挥发性成分的比较[J]. 食品科技, 2018, 43(12): 321-327.
- [13] 姚渊, 杨序成, 侯娜. 顶空固相微萃取—气质联用法测定凤丹牡丹挥发油成分[J]. 农技服务, 2016, 33(14): 20-21.

(上接第 31 页)