

## 糍粑辣椒关键工艺对其品质的影响

吴昭庆<sup>1</sup>, 胡萍<sup>1\*</sup>, 王晓宇<sup>2</sup>, 郑荣美<sup>1</sup>, 朱秋劲<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 贵州大学酿酒与食品工程学院 贵阳 550025

<sup>2</sup> 贵州大学生命科学学院 贵阳 550025)

**摘要** 糍粑辣椒是贵州传统特色辣椒制品,为明确糍粑辣椒关键工艺对产品风味和品质的影响,以 10 种加工工艺的糍粑辣椒为研究对象,采用电子舌和气相-离子迁移谱(GC-IMS)技术以及理化指标测定,分析不同工艺条件对糍粑辣椒风味与品质的影响。结果表明:从 10 种糍粑辣椒样品中共检出的挥发性风味物质含 80 种单体及部分物质的二聚体,即醛类 22 种、醇类 15 种、酮类 12 种、酯类 10 种、萜烯类 8 种、其它 13 种。样品的风味指纹图谱信息随着加工工艺的不同而随之变化显著,采用标准化工艺制作的糍粑辣椒电子舌滋味鲜度、丰富度指标、感官评分显著提高。其中,选用 3 种干辣椒搭配,高温煮制 6 min,添加炒制金黄辣椒籽,镬钵捣碎制作的糍粑辣椒风味品质最佳,本研究结果为特色糍粑辣椒产品规模化加工和品质控制提供理论参考。

**关键词** 糍粑辣椒; 工艺优化; 特征风味; 气相离子迁移色谱(GC-IMS)

**文章编号** 1009-7848(2022)06-0209-11 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.06.022

糍粑辣椒为贵州独具一格的地方特色辣椒制品,一般选用色、香、辣俱佳的干红辣椒,经高温煮制后沥干,辅以生姜、盐、大蒜等调料,研磨捣碎呈泥状制成,是贵州特色辣子鸡和油辣椒等家常菜肴的特色佐料,以工艺简单,风味独特,营养丰富等特点而深受大众喜爱<sup>[1]</sup>。在贵州,几乎家家户户都要制作糍粑辣椒,随着现代生活节奏的加快、生活水平的提高、经济发展的要求以及弘扬地方特色传统食品的需要,糍粑辣椒从家庭制作逐渐走向工业化生产和市场化发展。然而,目前对糍粑辣椒的风味特色和质量控制的研究还很缺乏。

气相-离子迁移谱(GC-IMS)是基于气相中不同的气相离子在电场中迁移速率的差异,来检测痕量气体和表征化学离子物质的一种分析技术<sup>[2]</sup>,实现了离子迁移谱与气相色谱技术的结合<sup>[3]</sup>,具有高灵敏度、简单快速、信息丰富、几乎无前处理等优点<sup>[4-8]</sup>。在食品风味分析和品质检测等多个领域被广泛应用<sup>[9-15]</sup>。

有关辣椒制品特征风味与关键工艺参数之间的相关性以及与产品质量控制等方面的研究很

少,尤其是对糍粑辣椒特征风味及其指纹图谱构建方面的研究未见报道。本研究利用 GC-IMS 的技术,对关键工艺质量控制下的糍粑辣椒产品进行特征风味指纹图谱的构建、品质变化规律探索,旨在揭示糍粑辣椒特征风味的形成与品质、营养成分的变化规律。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

原辅料:干辣椒采用贵州花溪辣椒、贵州灯笼椒、贵州遵义朝天椒、辣椒籽、生姜、料酒、盐、大蒜等由贵州省黔南山绿色食品有限公司提供。

甲醛、氢氧化钠、无水乙醇、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、草酸、氯化钾、酒石酸、氯化银、盐酸、平板计数琼脂培养基(PCA)等,试验所用其它有机无机试剂均为分析纯,分析用水均符合 GB/T6682 规定的蒸馏水标准。

### 1.2 仪器与设备

便携式 pH 计,深圳德图仪表有限公司;水分测定仪,深圳冠亚水分仪科技有限公司;MM721NG1-PW 微波炉,格兰仕微波电器有限公司;离心机,上海安亭(飞鸽)低速冷冻变频大容量离心机 DL-5200B;SA402B 味觉分析系统,日本 Insent 公司;搅碎机,奥克斯集团有限公司;镬钵(市售)等。

收稿日期: 2021-06-12

基金项目: 贵州省科技支撑项目(黔科合支撑[2019]2329号,黔科合平台人才[2020]5004)

作者简介: 吴昭庆(1994—),女,硕士生

通信作者: 胡萍 E-mail: phu1@gzu.edu.cn

## 1.3 试验方法

吴昭庆等<sup>[1]</sup>的工艺方法,确定不同待测样品的制备

## 1.3.1 试验设计 样品制备工艺配方:具体参照 工艺如表1。

表1 不同加工工艺样品制备

Table 1 Sample preparation of different processing technology

项目	辣椒种类(干辣椒)	煮制方式	煮制时间/min	辅料的添加(除姜蒜外)	破碎方式
A	贵州花溪辣椒	冷水浸泡	60	无	钵捣碎
B	贵州花溪辣椒	温水浸泡(65℃左右)	30	无	钵捣碎
C	贵州花溪辣椒	高温煮制(100℃左右)	2	无	钵捣碎
D	贵州花溪辣椒	高温煮制	6	无	钵捣碎
E	贵州花溪辣椒	高温煮制	10	无	钵捣碎
F	贵州花溪辣椒、贵州灯笼椒	高温煮制	6	无	钵捣碎
G	贵州花溪辣椒、遵义朝天椒、贵州灯笼椒	高温煮制	6	无	钵捣碎
H	贵州花溪辣椒、遵义朝天椒、贵州灯笼椒	高温煮制	6	炒制金黄辣椒籽	钵捣碎
I	贵州花溪辣椒、遵义朝天椒、贵州灯笼椒	高温煮制	6	炒制金黄辣椒籽、料酒	钵捣碎
J	贵州花溪辣椒、遵义朝天椒、贵州灯笼椒	高温煮制	6	炒制金黄辣椒籽、料酒	机打破碎

1.3.2 电子舌味觉分析 参考沈馨等<sup>[16-17]</sup>的方法,准确称取10g糍粑辣椒加入90mL蒸馏水中于4℃浸泡过夜,3000 r/min离心10 min后过滤取上清进行味觉分析。严格按照味觉分析系统仪器操作执行,在检测前将电子舌检测装置进行初始活化、清洗、校准诊断等步骤,对不同样品的酸、苦、涩、鲜、咸、丰富度的味感值进行测定,电子舌测试用液配制:参比溶液:30 mmol/L KCl+0.3 mmol/L 酒石酸;负极清洗液:体积分数30%乙醇+100 mmol/L HCl;正极清洗液:体积分数30%乙醇+100 mmol/L KCl+10 mmol/L KOH。AgCl作为

参比电极,于室温(25℃左右)进行检测,为确保所得数据的稳定和可靠性,每杯样品共检测7次,选取后3次的的结果进行最终分析。

1.3.3 理化指标的测定 pH值的测定:参照GB/T 9724-2007<sup>[18]</sup>;水分含量的测定:参照GB5009.3-2016<sup>[19]</sup>;总酸含量的测定:根据GB5009.235-2016<sup>[20]</sup>;VC含量的测定:参照GB/T6195-1986<sup>[21]</sup>。

1.3.4 感官评定标准 参照吴昭庆等<sup>[1]</sup>的标准,稍做修改。如表2所示,由10个经过培训的食品专业人员组成,评定前不能吃有刺激和较大气味食物,更换样品时要用清水漱口,且品尝每个样

表2 感官评分标准表

Table 2 Sensory score standard table

项目	分值(满分100分)	参考标准
色泽(25分)	20~25	辣椒呈鲜艳亮棕红色
	14~19	辣椒呈一般红色
	0~13	辣椒呈暗红色
气味(25分)	20~25	气味浓郁、香味突出,愉悦有食欲
	14~19	有香气,无不良气味
	9~13	香味寡淡
	0~8	无香味,略有异味
辣度(25分)	20~25	辣度适宜,辣香味浓郁,回味良好
	14~19	辣度一般,有轻微辣香味
	0~13	辣度低或者极辣,刺激性过强
组织状态(25分)	20~25	辣椒质地均匀,黏稠度好,呈泥状
	14~19	辣椒质地、黏稠度一般
	0~13	辣椒有些许大颗粒物,呈不均匀状

品需间隔 5 min,对糍粑辣椒从色泽、气味、滋味、组织状态 4 个方面进行评定,结果取 10 人评判分数的平均值。

**1.3.5 HS-GC-IMS 分析条件** 取 2 g 糍粑辣椒样品置于 20 mL 顶空瓶中,封口,每个样品均重复 3 次。色谱柱类型:MXT-5 (15 m×0.53 mm,1 μm),柱温 60 ℃,进样方式采用自动顶空进样,进样体积为 100 μL,孵育温度 80 ℃、时间 15 min,进样针温度为 85 ℃,孵化转速 500 r/min,载气/漂移气为高纯 N<sub>2</sub>(纯度≥99.999%),IMS 温度为 45 ℃,分析时间为 30 min。流速:初始是 2 mL/min,保持 2 min 后在 10 min 内线性增至 10 mL/min,在 20 min 内线性增至 100 mL/min,然后在 30 min 内线性增至 150 mL/min。

**1.3.6 数据分析与处理** 使用仪器配套的 LAV (laboratory analytical viewer)、Reporter、Gallery、Dynamic PCA、GC×IMS Library Search 等分析软件对样品进行离子迁移谱图分析;运用 Excle 2010 进行数据统计,SPSS 21.0 进行显著性分析,采用 Origin 2017 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子舌雷达图结果分析

利用电子舌检测 10 个样品的味觉分析如图 1 雷达图所示。由图 1 可知,电子舌的传感器对不同加工工艺糍粑辣椒样品的鲜味、咸味、酸味、丰

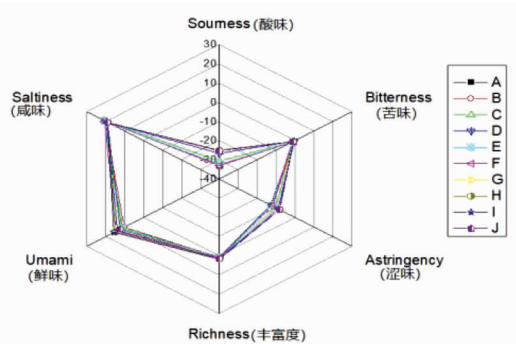


图 1 不同加工工艺糍粑辣椒的雷达图

Fig.1 Radar chart of Ciba pepper with different processing technology

富度、苦味、涩味均做出不同程度的响应。其中,苦味、涩味、酸味信号响应值均为负值,说明不同加工工艺的糍粑辣椒样品中没有苦味和涩味,而酸度分值过低可能是因为配制的参比、清洗溶液的酸度较高所致。咸味响应信号值无明显差异,而鲜味、丰富度传感器响应信号差异明显,说明鲜味、丰富度传感器的响应值可较好的区分不同加工工艺的糍粑辣椒样品。

### 2.2 理化指标与感官评分结果分析

从表 3、表 4 所示的各样品理化指标检测和感官评分结果可知,不同加工工艺对糍粑辣椒的品质影响差异显著。其中,Aw 值最高为 E 样品 66.38%±0.79,最低为 C 样品 52.91%±0.85 ( $P <$

表 3 不同加工工艺糍粑辣椒样品理化指标

Table 3 Physical and chemical indexes of Ciba pepper samples with different processing technology

样品编号	Aw/%	pH 值	总酸含量(以乳酸计)/ g·(100 g) <sup>-1</sup>	VC/mg·(100mL) <sup>-1</sup>
A	65.01% ± 0.61 <sup>b</sup>	5.29 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.49 ± 0.07 <sup>f</sup>	14.70 ± 0.35 <sup>e</sup>
B	62.08% ± 0.39 <sup>bc</sup>	5.13 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.86 ± 0.04 <sup>c</sup>	13.16 ± 0.30 <sup>f</sup>
C	52.91% ± 0.85 <sup>f</sup>	5.23 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.56 ± 0.04 <sup>e</sup>	18.10 ± 0.34 <sup>e</sup>
D	61.61% ± 0.25 <sup>e</sup>	5.08 ± 0.03 <sup>d</sup>	2.99 ± 0.05 <sup>a</sup>	23.07 ± 0.52 <sup>c</sup>
E	66.38% ± 0.79 <sup>a</sup>	5.27 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.43 ± 0.04 <sup>f</sup>	22.60 ± 0.39 <sup>cd</sup>
F	62.07% ± 0.41 <sup>bc</sup>	5.15 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.82 ± 0.03 <sup>cd</sup>	23.37 ± 0.62 <sup>c</sup>
G	62.58% ± 0.42 <sup>cd</sup>	5.17 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.80 ± 0.02 <sup>cd</sup>	25.07 ± 0.33 <sup>b</sup>
H	62.24% ± 0.38 <sup>bc</sup>	5.16 ± 0.04 <sup>c</sup>	2.77 ± 0.02 <sup>d</sup>	27.02 ± 0.46 <sup>a</sup>
I	63.18% ± 0.51 <sup>c</sup>	5.14 ± 0.01 <sup>bc</sup>	2.83 ± 0.03 <sup>cd</sup>	26.85 ± 0.30 <sup>a</sup>
J	62.21% ± 0.54 <sup>bc</sup>	4.12 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.92 ± 0.04 <sup>b</sup>	26.40 ± 0.51 <sup>a</sup>

注:A:冷水浸泡,B:温水浸泡,C:高温煮制 2 min,D:高温煮制 6 min,E:高温煮制 10 min,F:2 种原料干辣椒,G:3 种原料干辣椒,H:炒制金黄辣椒籽,I:料酒,J:机打破碎;表中的数值为 3 次平行试验的平均值±标准偏差,同列小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表4 不同加工工艺糍粑辣椒样品感官评分

Table 4 Sensory score of Ciba pepper samples with different processing technology

样品	色泽/分	气味/分	辣度/分	组织状态/分
A	16.20 ± 1.32 <sup>e</sup>	17.20 ± 1.87 <sup>dk</sup>	17.20 ± 1.03 <sup>dl</sup>	9.10 ± 1.66 <sup>e</sup>
B	17.40 ± 1.17 <sup>f</sup>	16.40 ± 1.65 <sup>e</sup>	15.30 ± 1.89 <sup>e</sup>	12.30 ± 1.89 <sup>d</sup>
C	18.40 ± 0.84 <sup>e</sup>	13.50 ± 1.58 <sup>f</sup>	14.30 ± 2.21 <sup>e</sup>	10.20 ± 1.75 <sup>e</sup>
D	20.10 ± 0.74 <sup>d</sup>	20.70 ± 1.16 <sup>e</sup>	19.10 ± 1.10 <sup>e</sup>	18.00 ± 0.67 <sup>e</sup>
E	19.10 ± 0.57 <sup>e</sup>	18.20 ± 1.23 <sup>d</sup>	17.50 ± 0.97 <sup>d</sup>	11.30 ± 1.49 <sup>de</sup>
F	20.60 ± 0.96 <sup>cd</sup>	21.10 ± 0.74 <sup>c</sup>	20.20 ± 0.79 <sup>e</sup>	21.20 ± 0.92 <sup>b</sup>
G	22.60 ± 0.52 <sup>ab</sup>	22.20 ± 0.92 <sup>bc</sup>	23.10 ± 0.57 <sup>a</sup>	22.50 ± 0.85 <sup>a</sup>
H	23.30 ± 0.47 <sup>a</sup>	22.50 ± 0.85 <sup>b</sup>	22.40 ± 0.97 <sup>ab</sup>	23.20 ± 0.79 <sup>a</sup>
I	22.30 ± 0.82 <sup>b</sup>	23.70 ± 0.68 <sup>a</sup>	21.70 ± 1.06 <sup>b</sup>	23.60 ± 0.70 <sup>a</sup>
J	21.20 ± 0.63 <sup>c</sup>	21.30 ± 0.48 <sup>c</sup>	21.10 ± 0.88 <sup>b</sup>	19.10 ± 0.88 <sup>c</sup>

注:A:冷水浸泡,B:温水浸泡,C:高温煮制 2 min,D:高温煮制 6 min,E:高温煮制 10 min,F:2 种原料干辣椒,G:3 种原料干辣椒,H:炒制金黄辣椒籽,I:料酒,J:机打破碎;表中的数值为 3 次平行试验的平均值±标准偏差,同列小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

0.05),煮制时间过短水分含量偏低,会导致组织状态不均匀,呈大颗粒状,不黏稠,无香味等问题,时间过长则水分含量高,质地稀稠,易滋生细菌,不易贮藏;I 样品气味值最高为(23.70±0.68)分;辣椒籽富含多种营养物质<sup>[22-23]</sup>,炒制金黄辣椒籽的添加使得 H 样品 VC 含量增至最高为(27.02±0.46) mg/100 mL,色泽也更加诱人,色泽值达到最高为(23.30±0.47)分;辣度值最高的为 G 样品(23.10±0.57)分,说明选用 3 种辣椒搭配制作的糍粑辣椒辣度更为适宜,辣香味浓郁,回味良好;I 样品与 J 样品相比,I 样品的色泽、气味、组织状态值均高于 J 样品,说明通过钵体研磨捣碎的操作,质地更为黏稠,原料充分融合,香味溶出更多,香气物质也得到更好的释放,品质得到了显著的提升。

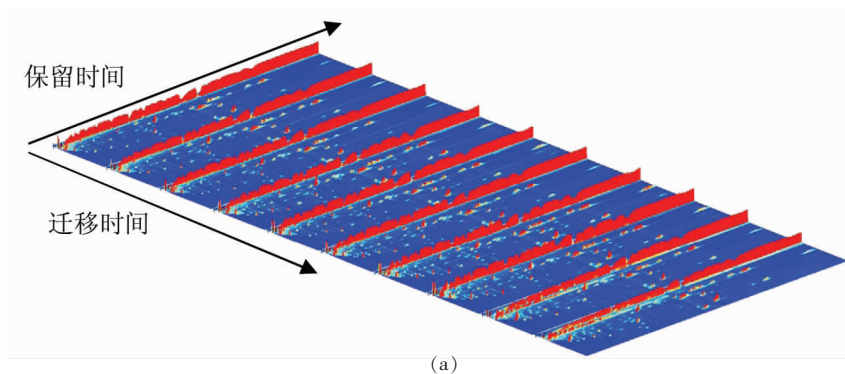
### 2.3 GC-IMS 谱图分析

图 2 为不同加工工艺糍粑辣椒样品的 GC-IMS 二维(a)、三维谱图(b),其中纵坐标代表气相

色谱的保留时间(s),横坐标代表离子迁移时间,第三维坐标则表示峰高。图 3 是图 2 降维处理后的俯视图,可更直观、鲜明的比较出各样品间的差异性,RIP 峰两侧的每一个点表示一种挥发性有机物,一种化合物分裂成多个信号或点(是同一物质的单体和二聚体)与它们的浓度和性质有关<sup>[24-25]</sup>。颜色深浅变化反映物质的浓度高低,颜色越深则说明该物质的浓度越大。结合图 2 和图 3 可看出:不同加工工艺糍粑辣椒样品间风味物质存在显著差异。图 3 为 GC-IMS 俯视差异对比图,以 A 样品为参比,其余谱图消抵 A 样品中的信号峰后得到二者的差异谱图,如图中 X 蓝色区域说明该物质在此样品中比 A 样品低,Y 红色区域说明该物质在此样品中比 A 样品多,颜色越深,则差异越大。

### 2.4 不同加工工艺糍粑辣椒中挥发性有机物变化分析图

根据 GC-IMS 技术共检测出不同加工工艺糍粑辣椒样品中挥发性有机物 (Volatile organic



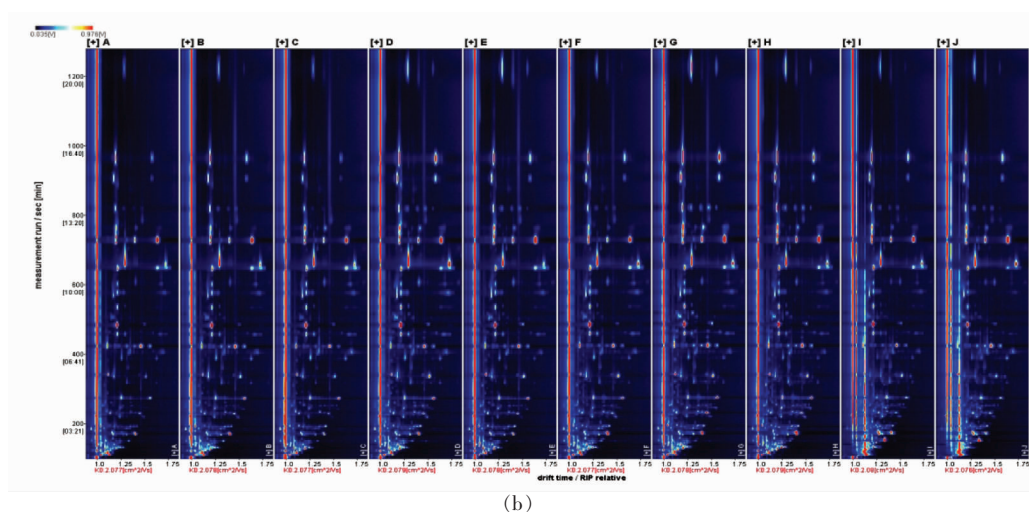


图 2 不同加工工艺糍粑辣椒和二维图谱(a)和三维 GC-IMS 图谱(b)

Fig.2 Two dimensional (a) and three-dimensional GC-IMS spectra (b) of Ciba pepper with different processing technologies

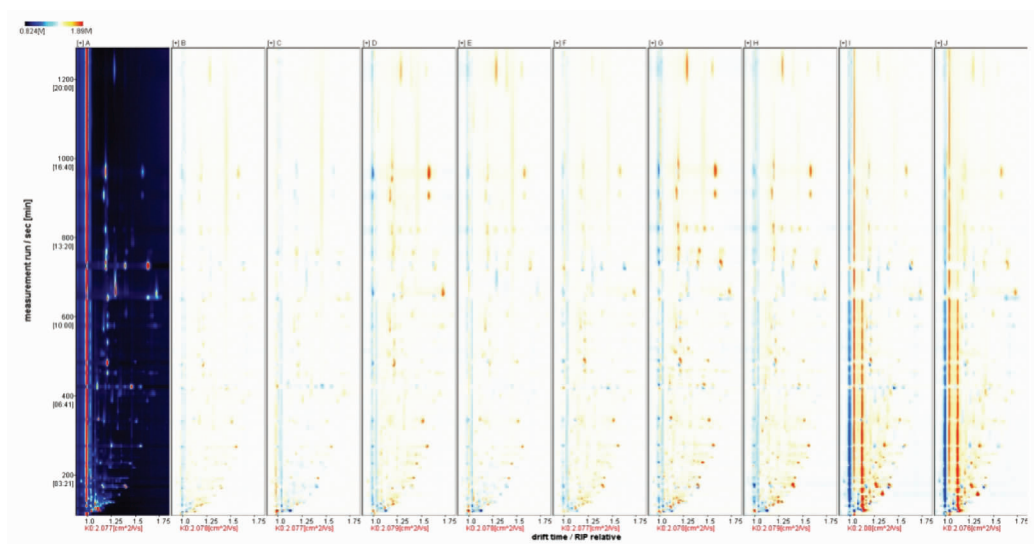


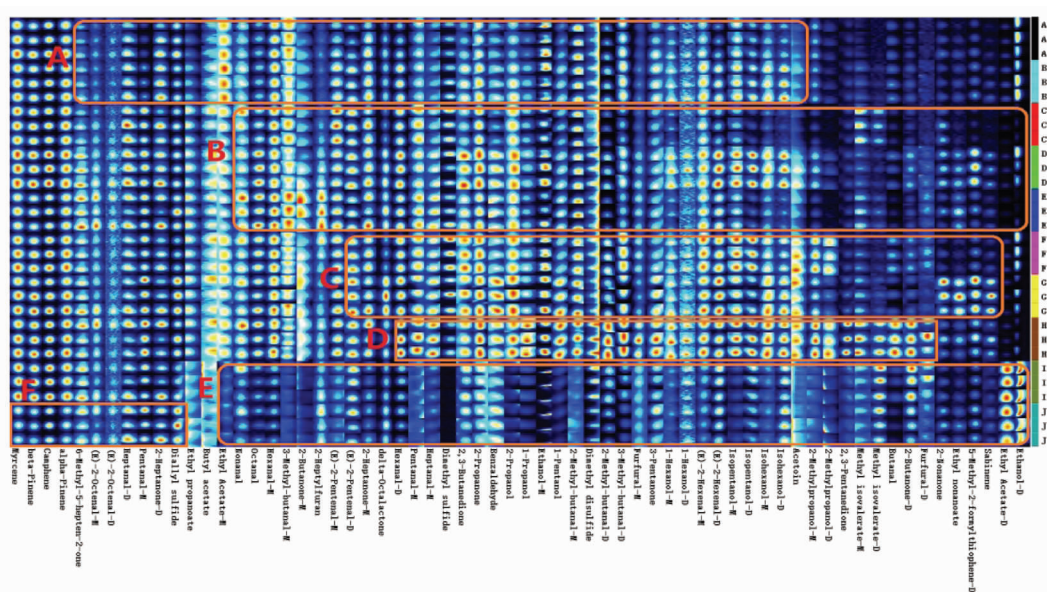
图 3 不同加工工艺糍粑辣椒的 GC-IMS 俯视图差异对比

Fig.3 Comparison of GC-IMS top view of Ciba pepper with different processing technology

compounds VOCs) 有 80 种单体及部分物质的二聚体,主要有醛类 22 种、醇类 15 种、酮类 12 种、酯类 10 种、萜烯类 8 种、其它 13 种。图 4 是选取部分有明显变化的 62 种特征离子峰,其中,每一行代表一种糍粑辣椒样品,均进行 3 次平行测定,每一列代表一种挥发性风味有机物在不同样品中的信号强度,亮度高低与物质含量呈正相关。与图 4 相对应的挥发性化合物相对含量如表 5 所示。结合图 4 和表 5 可以看出,糍粑辣椒样品的指纹图谱与 VOCs 含量随着加工工艺的不同而不同,

主要是由于加工工艺条件的改变导致 VOCs 的种类增多或减少、产生或消失、浓度增加或降低。

如图 4 所示,其中,A 区域和 B 区域相比,A、B 样品的指纹图谱亮度低于 C 样品,C 样品中反式-2-辛烯醛(单体、二聚体)、戊醛(二聚体)、丙酸乙酯、2-庚基咪喃、反式-2-戊烯醛(单体、二聚体)、己醛(单体、二聚体)、戊醛(单体)、2-丙醇等 VOCs 含量和浓度均高于 A、B 样品,说明不同的加工温度对糍粑辣椒的 VOCs 种类和浓度有显著影响,而高温煮制有利于干辣椒中 VOCs 的溶出;



注:A:冷水浸泡,B:温水浸泡,C:高温煮制 2 min,D:高温煮制 6 min,E:高温煮制 10 min,F:2 种原料干辣椒,G:3 种原料干辣椒,H:炒制金黄辣椒籽,I:料酒,J:机打破碎。

图 4 不同加工工艺糍粑辣椒样品的指纹图谱

Fig.4 Fingerprint of Ciba pepper samples with different processing technology

B 区域图谱信息表明,E 样品中己醛(二聚体)、2,3-丁二酮、苯甲醛、1-丙醇、1-戊醇、3-戊酮、1-己醇(单体、二聚体)、反式-2-己烯醛(单体、二聚体)、异戊醇(单体、二聚体)、异己醇(单体、二聚体)、乙偶姻、2-甲基丙醇(单体、二聚体)、香桉烯、5-甲基-2-甲酰基噻吩(二聚体)、丁醛、2-丁酮(二聚体)等 VOCs 含量均高于 D、F 样品,说明高温煮制时间过短,风味物质还未得到释放,香味物质溶出较少,煮制时间过长,风味物质释放过多,风味物质溶出也就更多,但损失也更大。C 区域图谱信息表明,选用 3 种辣椒搭配制作的 G 样品中反式-2-戊烯醛(二聚体)、二烯丙基硫醚、苯甲醛、2-丙醇、1-戊醇、3-戊酮、异己醇(单体、二聚体)、2-壬酮、壬酸乙酯、香桉烯的 VOCs 含量要高于 1 种、2 种辣椒搭配制作的糍粑辣椒;如 D 区域所示,H 样品中己醛(二聚体)、戊醛(单体)、庚醛(单体、二聚体)、1-丙醇、2-甲基丁醛(单体、二聚体)、二甲基二硫醚、糠醛(单体)、3-戊酮、1-己醇(单体、二聚体)、异己醇(单体)、2-甲基丙醇(单体、二聚体)、2,3-戊二酮、异戊酸甲酯(单体、二聚体)、丁醛、2-丁酮(二聚体)、糠醛(二聚体)VOCs 含量显著增多,说明增加辣椒籽的糍粑辣椒风味物质

更加丰富。辣椒籽在烹调中的作用也很显著,加热后会释放出浓郁的香辣气味,所以在香辣味型的黔菜、湘菜和川菜等菜肴中,辣椒籽是不可或缺的调味佳品;如 E 区域所示,料酒的添加使得 I 样品中异己醇、1-己醇、1-戊醇、异戊醇、2-甲基丙醇、1-丙醇、丙酮、3-戊酮、2-丁酮、糠醛、2,3-戊二酮、二甲基二硫醚、异戊酸甲酯、乙酸丁酯、庚醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、丁醛等 VOCs 的含量显著增加,但是乙酸乙酯(单体)、壬醛、辛醛、己醛(单体)、3-甲基丁醛(单体)等 VOCs 的浓度与含量却显著降低,可能是因为料酒的香气物质较强烈以致于掩盖了其它物质的挥发,对别的香味物质形成了减弱或抑制,亦或是香气物质之间产生了拮抗作用的关系;如 F 区域所示,I 样品和 J 样品相比,机打破碎方式制作的糍粑辣椒月桂烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\alpha$ -蒎烯物质含量要低于钵捣碎方式制作的糍粑辣椒,说明用钵捣碎的过程更有利于风味物质的释放和融合。

### 3 结论

通过控制糍粑辣椒关键加工环节的工艺参数,对其理化指标、电子舌滋味、感官评定以及

表5 挥发性组分已定性化合物列表

Table 5 List of qualitative compounds of volatile components

编号	化合物名称	CAS#	分子式	保留指数	保留时间/s	漂移时间/s
醛类						
1	壬醛(Nonanal)	C124196	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	1 106.2	790.512	1.47522
2	辛醛(Octanal)	C124130	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	1 007.8	605.127	1.40685
3	庚醛(Heptanal-M)	C111717	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	899.4	403.636	1.33407
4	庚醛(Heptanal-D)	C111717	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	900.3	405.198	1.69793
5	苯甲醛(Benzaldehyde)	C100527	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	955	506.724	1.1542
6	反式-2-己烯醛[(E)-2-Hexenal-M]	C6728263	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	844.7	335.738	1.1844
7	反式-2-己烯醛[(E)-2-Hexenal-D]	C6728263	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	845.9	337.034	1.52015
8	糠醛(Furfural-M)	C98011	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	822.5	310.238	1.08233
9	糠醛(Furfural-D)	C98011	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	822.2	309.806	1.33481
10	己醛(Hexanal-M)	C66251	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	790.9	273.933	1.25692
11	己醛(Hexanal-D)	C66251	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	789.8	272.636	1.56447
12	反式-2-戊烯醛[(E)-2-Pentenal-M]	C1576870	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	748.7	236.829	1.10619
13	反式-2-戊烯醛[(E)-2-Pentenal-D]	C1576870	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	747.8	236.072	1.36062
14	戊醛(Pentanal-D)	C110623	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	696.5	193.696	1.42323
15	戊醛(Pentanal-M)	C110623	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	693.8	191.426	1.18272
16	2-甲基丁醛(2-Methyl-butanal-M)	C96173	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	662	175.787	1.15886
17	2-甲基丁醛(2-Methyl-butanal-D)	C96173	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	663.1	176.292	1.39838
18	3-甲基丁醛(3-Methyl-butanal-M)	C590863	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	646.6	169.229	1.17079
19	3-甲基丁醛(3-Methyl-butanal-D)	C590863	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	648.3	169.986	1.40534
20	丁醛(Butanal)	C123728	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	560.1	132.402	1.28111
21	反式-2-辛烯醛[(E)-2-Octenal-M]	C2548870	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	1 062.5	708.244	1.33567
22	反式-2-辛烯醛[(E)-2-Octenal-D]	C2548870	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	1 062	707.312	1.82515
醇类						
23	4-松油醇(4-Terpineol)	C562743	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 160.2	892.172	1.21744
24	1-己醇(1-Hexanol-M)	C111273	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	871.9	366.931	1.32721
25	1-己醇(1-Hexanol-D)	C111273	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	870.5	365.369	1.63889
26	异己醇(Isohexanol-M)	C626891	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	831.2	320.178	1.3187
27	异己醇(Isohexanol-D)	C626891	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	830.1	318.882	1.62893
28	1-戊醇(1-Pentanol)	C71410	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	760.6	246.666	1.24831
29	异戊醇(Isopentanol-M)	C123513	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	727.3	219.172	1.24434
30	异戊醇(Isopentanol-D)	C123513	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	727.9	219.677	1.49181
31	2-甲基丙醇(2-Methylpropanol-M)	C78831	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	618.7	157.374	1.17079
32	2-甲基丙醇(2-Methylpropanol-D)	C78831	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	619.9	157.878	1.3626
33	1-丙醇(1-Propanol)	C71238	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	559.5	132.15	1.2493
34	2-丙醇(2-Propanol)	C67630	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	551.2	128.618	1.20756
35	乙醇(Ethanol-M)	C64175	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	504.4	108.692	1.04656
36	乙醇(Ethanol-D)	C64175	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	505.6	109.196	1.12905
37	芳樟醇(Linalool)	C78706	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 101.6	781.759	1.22048
酮类						
38	2-壬酮(2-Nonanone)	C821556	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	1 092	763.668	1.4166
39	6-甲基-5-庚烯-2-酮 (6-Methyl-5-hepten-2-one)	C110930	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	989.5	570.764	1.1748
40	2-环己烯-1-酮(2-Cyclohexen-1-one)	C930687	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	909.9	423.161	1.11164
41	环己酮(Cyclohexanone)	C108941	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	909.9	423.161	1.46451

(续表 5)

编号	化合物名称	CAS#	分子式	保留指数	保留时间/s	漂移时间/s
42	2-庚酮(2-Heptanone-M)	C110430	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	892.3	390.36	1.2613
43	2-庚酮(2-Heptanone-D)	C110430	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	889.6	387.236	1.63477
44	2,3-戊二酮(2,3-Pentanedione)	C600146	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	690.7	188.904	1.22346
45	3-戊酮(3-Pentanone)	C96220	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	695	192.435	1.35167
46	2-丁酮(2-Butanone-D)	C78933	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	587.9	144.257	1.24632
47	2-丁酮(2-Butanone-M)	C78933	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	589.7	145.014	1.05749
48	丙酮(2-Propanone)	C67641	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	524	117.016	1.11811
49	2,3-丁二酮(2,3-Butanedione)	C431038	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	580.8	141.23	1.1847
酯类						
50	壬酸乙酯(Ethyl nonanoate)	C123295	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1 332.5	1 216.916	1.55412
51	水杨酸甲酯(Methyl Salicylate)	C119368	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1 199	965.406	1.19869
52	苯甲酸甲酯(Methyl benzoate)	C93583	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1 092.7	765.01	1.20411
53	异戊酸甲酯(Methyl isovalerate-M)	C556241	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	769.5	254.052	1.1938
54	异戊酸甲酯(Methyl isovalerate-D)	C556241	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	770.3	254.738	1.53057
55	丙酸乙酯(Ethyl propanoate)	C105373	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	698.4	195.21	1.14296
56	乙酸乙酯(Ethyl Acetate-M)	C141786	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	605.1	151.572	1.09625
57	乙酸乙酯(Ethyl Acetate-D)	C141786	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	604.5	151.32	1.33776
58	乙酸丁酯(Butyl acetate)	C123864	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	805.8	291.062	1.23226
59	δ-辛内脂(delta-Octalactone)	C698760	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	1 333.3	1 218.498	1.28935
萜烯类						
60	柠檬烯(Limonene-M)	C138863	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 030.7	648.238	1.21876
61	柠檬烯(Limonene-D)	C138863	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 030.7	648.238	1.64815
62	α-水芹烯(alpha-Phellandrene)	C99832	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 007.4	604.346	1.21874
63	月桂烯(Myrcene)	C123353	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	993.3	577.793	1.22011
64	β-蒎烯(beta-Pinene)	C127913	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	971	536.401	1.21736
65	莰烯(Camphene)	C79925	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	942.3	483.295	1.21187
66	α-蒎烯(alpha-Pinene)	C80568	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	928.5	457.523	1.21462
67	香桉烯(Sabinene)	C3387415	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	960.9	517.658	1.30249
其它						
68	2-庚基呋喃(2-Heptylfuran)	C3777717	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O	1 319.9	1 193.189	1.40303
69	5-甲基-2-甲酰基噻吩(5-Methyl-2-formylthiophene-M)	C13679704	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> OS	1 168	906.93	1.17777
70	5-甲基-2-甲酰基噻吩(5-Methyl-2-formylthiophene-D)	C13679704	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> OS	1 168	906.93	1.58372
71	二烯丙基二硫醚(Diallyl disulfide-M)	C2179579	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S <sub>2</sub>	1 073.4	728.77	1.19825
72	二烯丙基二硫醚(Diallyl disulfide-D)	C2179579	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S <sub>2</sub>	1 073.4	728.77	1.63935
73	1,8-桉叶素(1,8-Cineole-M)	C470826	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 040.7	667.029	1.29643
74	1,8-桉叶素(1,8-Cineole-D)	C470826	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 040	665.687	1.72582
75	二烯丙基硫醚(Diallyl sulfide)	C592881	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> S	850.8	342.653	1.12262
76	二甲基二硫醚(Dimethyl disulfide)	C624920	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	732.5	223.46	0.98494
77	乙偶姻(Acetoin)	C513860	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	710.9	205.551	1.05749
78	噻唑(Thiazole)	C288471	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> NS	721.8	214.632	1.02767
79	2-乙基呋喃(2-Ethylfuran)	C3208160	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	695.9	193.192	1.04457
80	二甲基硫醚(Dimethyl sulfide)	C75183	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S	540.6	124.078	0.9581



GC-IMS 挥发性风味物质差异进行了分析。结果表明,与传统单一辣椒原料制作出来的糍粑辣椒样品相比,采用标准化加工工艺制作出来的糍粑辣椒电子舌滋味鲜度、丰富度指标增强,感官评分显著提高,其中,选用3种辣椒搭配,高温煮制6 min,添加了炒制金黄辣椒籽,镬碓捣碎制作的糍粑辣椒挥发性风味化合物的种类和浓度最为丰富,特征风味物质有异戊酸甲酯(单体)、2-丁酮(二聚体)、2,3-戊二酮、3-戊酮、糠醛(单体、二聚体)、3-甲基丁醛(二聚体)、2-甲基丁醛(单体、二聚体)、二甲基二硫、正戊醇、1-丙醇、1-己醇(单体)、2-甲基丙醇(单体、二聚体),VC含量增至(27.02±0.46) mg/100 g,具有较高的产品质量与品质特色。因此,控制糍粑辣椒关键工艺,构建糍粑辣椒的风味指纹图谱信息,可快速判别出不同加工工艺糍粑辣椒的特征峰区域,为糍粑辣椒规模化加工的质量控制和品质提升提供理论依据。

### 参 考 文 献

- [1] 吴昭庆,黄秋红,杨欣,等. 贵州糍粑辣椒的制作工艺[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 149, 235-241.  
WU Z Q, HUANG Q H, YANG X, et al. Optimization of the processing technology of Guizhou Ciba Chili[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(1): 149, 235-241.
- [2] 丁习林,王桂英,邹颖玲,等. 基于气相色谱-离子迁移谱结合多元统计学分析KCl部分替代NaCl对宣威火腿挥发性风味化合物的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 190-198.  
DING X L, WANG G Y, ZOU Y L, et al. Influence of partial replacement of NaCl with KCl on the volatile compounds of Xuanwei ham investigated by gas chromatography-ion mobility spectrometry combined with multivariate statistical analysis[J]. Food Science, 2020, 41(24): 190-198.
- [3] 李俊杰,徐元昊,陈梦娟,等. 手筑茯砖茶加工过程中挥发性组分变化分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 144-154.  
LI J J, XU Y H, CHEN M J, et al. Analysis of changes in volatile components during processing of handmade fuzhuan tea[J]. Food Science, 2020, 41(24): 144-154.
- [4] 陈东杰,张明岗,聂小宝,等. 基于气相离子迁移谱检测静电场处理的大菱鲆品质[J]. 食品科学, 2019, 40(24): 313-319.  
CHEN D J, ZHANG M G, NIE X B, et al. Quality detection of turbot (*Scophthalmus maximus*) treated with electrostatic field using gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. Food Science, 2019, 40(24): 313-319.
- [5] ZHANG L X, SHUAI Q, LI P W, et al. Ion mobility spectrometry fingerprints: A rapid detection technology for adulteration of sesame oil[J]. Food Chemistry, 2016, 192: 60-66.
- [6] PUTON J, NAMIESNIK J. Ion mobility spectrometry: Current status and application for chemical warfare agents detection[J]. Trac Trends in Analytical Chemistry, 2016, 85(Part B): 10-20.
- [7] KAFLE G K, KHOT L R, SANKARAN S, et al. State of ion mobility spectrometry and applications in agriculture: A review[J]. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2016, 9(4): 346-357.
- [8] GALLEGOS J, ARCE C, JORDANO R, et al. Target identification of volatile metabolites to allow the differentiation of lactic acidbacteria by gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Food Chemistry, 2017, 220: 362-370.
- [9] CAVANNA D, ZANARDI S, DALL'ASTA C, et al. Ion mobility spectrometry coupled to gas chromatography: A rapid tool to assess eggs freshness[J]. Food Chemistry, 2019, 271: 691-696.
- [10] ARROYO-MANZANARES N, MARTÍN-GÓMEZ, ANDRÉS JURADO-CAMPOS N, et al. Target vs spectral fingerprint data analysis of Iberian ham samples for avoiding labelling fraud using headspace-gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Food Chemistry, 2018, 25: 65-73.
- [11] 肖冬来,张迪,黄小菁,等. 香菇挥发性风味成分的气相色谱-离子迁移谱分析[J]. 福建农业学报, 2018, 33(3): 309-312.  
XIAO D L, ZHANG D, HUANG X J, et al. Aromatic volatiles in *Lentinula edodes* determined by gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Fujian Agricultural Journal, 2018, 33(3): 309-312.
- [12] A MARTÍN-GÓMEZ, ARROYO-MANZANARES N, V RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, et al. Use of a non-destructive sampling method for characterization of Iberian cured ham breed and feeding regime using

- GC-IMS[J]. *Meat Science*, 2019, 152: 146-154.
- [13] SCHWOLOW S, GERHARDT N, ROHN S, et al. Data fusion of GC-IMS data and FT-MIR spectra for the authentication of olive oils and honeys—is it worth to go the extra mile?[J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2019, 411(23): 6005-6019.
- [14] TIAN L, ZENG Y, ZHENG X, et al. Detection of peanut oil adulteration mixed with rapeseed oil using gas chromatography and gas chromatography-Ion mobility spectrometry [J]. *Food Analytical Methods*, 2019, 12(10): 2282-2292.
- [15] GERHARDT N, BIRKENMEIER M, SANDERS D, et al. Resolution-optimized headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry (HS-GC-IMS) for non-targeted olive oil profiling [J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2017, 409(16): 3933-3942.
- [16] 沈馨, 王艳, 代凯文, 等. 基于 Miseq 高通量测序技术的辣椒酱核心细菌类群研究[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(10): 151-157.
- SHEN X, WANG Y, DAI K W, et al. Characterization of core bacterial Microflora in Chilli sauce by Miseq high throughput sequencing technologies [J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(10): 151-157.
- [17] 范文教, 易宇文, 徐培, 等. 猪肉肠掺杂鸡肉的电子舌识别研究[J]. *食品科技*, 2017, 42(11): 295-299.
- FAN W J, YI Y W, XU P, et al. The application of electronic tongue on the discrimination of the chicken adulteration of pork sausage[J]. *Food Technology*, 2017, 42(11): 295-299.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品 pH 的测定: GB 5009.237-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the people's Republic of China. Determination of pH in food: GB 5009.237-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中水分含量的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the people's Republic of China. Determination of moisture content in food: GB 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 食品中总酸的测定: GB/T 12456-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of Total Acids in Foods: GB/T 12456-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中抗坏血酸的测定: GB 5009.86-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the people's Republic of China. Determination of Ascorbic Acid in Food: GB 5009.86-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [22] 钟瑾, 刘一达, 肖愈. 辣椒籽中生物活性成分及其功能活性研究进展[J]. *食品与机械*, 2019, 35(5): 231-236.
- ZHONG J, LIU Y D, XIAO Y. Research progress on bioactive components and functional activities in pepper seeds [J]. *Food and Machinery*, 2019, 35(5): 231-236.
- [23] ZOU Y, MA K, TIANG M X. Chemical composition and nutritive value of hot pepper seed (*Capsicum annuum*) grown in northeast region of China [J]. *Food Science and Technology*, 2015, 35(4): 659-663.
- [24] 孟新涛, 乔雪, 潘俨, 等. 新疆不同产区羊肉特征风味成分离子迁移色谱指纹谱的构建[J]. *食品科学*, 2020, 41(16): 218-226.
- MENG X T, QIAO X, PAN Y, et al. Characteristic flavor compounds fingerprinting of mutton from different producing regions of Xinjiang, China by gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. *Food Science*, 2020, 41(16): 218-226.
- [25] ROMAN, RODRÍGUEZ-MAECKER, EDUARDO, et al. Identification of terpenes and essential oils by means of static headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. *Analytical and Bioanalytical chemistry*, 2017, 409(28): 6595-6603.

## Effect of Key Technology of Ciba Pepper on Its Quality

Wu Zhaoqing<sup>1</sup>, Hu Ping<sup>1\*</sup>, Wang Xiaoyu<sup>2</sup>, Zheng Rongmei<sup>1</sup>, Zhu Qiuji<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>*School of Liquor-making and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025*)

(<sup>2</sup>*School of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025*)

**Abstract** Ciba pepper is a traditional characteristic pepper product in Guizhou. In order to clarify the correlation between the key processing technology and the flavor and quality of Ciba pepper, 10 different processing technologies of Ciba pepper were used as the research object, and the electronic tongue and gas phase ion mobility spectrometry (GC-IMS) were used. The effects of different processing conditions on the flavor and quality of Ciba pepper were compared and analyzed. The results showed that: 80 kinds of volatile flavor compounds were detected in 10 kinds of Ciba pepper samples, including 22 kinds of aldehydes, 15 kinds of alcohols, 12 kinds of ketones, 10 kinds of esters, 8 kinds of terpenes and 13 kinds of other compounds. The flavor fingerprint information of samples changes significantly with the different processing technology; The Ciba pepper electronic tongue produced by the standardized technology had better taste freshness, richness and sensory score. Among them, three kinds of dry capsicum were selected, cooked at high temperature for 6 min, fried with golden capsicum seeds, and crushed with radium. The flavor quality of Ciba capsicum was the best. The results provide theoretical basis and data support for large-scale processing and quality control of characteristic Ciba pepper products.

**Keywords** Ciba pepper; process optimization; characteristic flavor; gas chromatography-ims (GC-IMS)