

贵州不同辣椒品种的品质及挥发性成分分析

王雪雅¹, 陆宽^{2,3,*}, 孙小静¹, 蓬桂华¹

(1. 贵州省农业科学院辣椒研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州省生物技术研究开发基地, 贵州 贵阳 550002;

3. 贵州省科晖制药厂, 贵州 贵阳 550011)

摘 要: 对贵州地区5个名优辣椒品种的品质及其挥发性成分进行测定, 并对果实进行质地分析。5种辣椒的品质成分呈现品种和地区差异性, 黄平线椒的水分、粗蛋白及总多酚含量相对较高, 百宜平面椒总灰分、可溶性糖、还原糖及还原型VC含量最高, 花溪党武辣椒粗纤维及辣椒红素含量最高, 大方皱椒总酸、总辣椒碱含量最高。辣椒果实的各质地参数表明, 百宜平面椒的硬度、回复性相对最大, 黄平线椒的内聚性、黏着性及咀嚼性最高, 各质地参数相关性显示硬度与回复性呈极显著正相关($r=0.812$), 与内聚性、黏着性、咀嚼性呈显著负相关($r=-0.741$ 、 $r=-0.720$ 、 $r=-0.600$); 内聚性与黏着性呈显著正相关($r=0.630$); 黏着性与咀嚼性呈极显著正相关($r=0.752$)。5个辣椒品种共检测出128种挥发性成分, 种类最多的是黄平线椒及施秉线椒(93种); 5个辣椒品种挥发性成分相对含量较高为萜烯类, 为20.57%~48.60%, 其次是含硫化合物类, 为5.23%~27.02%, 不同品种的辣椒果实, 挥发性化合物种类及相对含量差异较大, 构成了不同的挥发性。综合分析认为贵州地区不同辣椒品种品质成分、质地性状及挥发性成分有一定的差异, 百宜平面椒可作为发酵辣椒的加工原料品种, 花溪党武辣椒适宜作为干辣椒加工的原料, 黄平线椒可作为鲜食辣椒品种, 生产企业可根据不同产品的要求选择合适的品种进行加工, 获取优质的辣椒产品。

关键词: 贵州辣椒; 品质; 质地特性; 挥发性成分分析

Quality and Flavor Analysis of Different Hot Pepper Varieties Grown in Guizhou

WANG Xueya¹, LU Kuan^{2,3,*}, SUN Xiaojing¹, PENG Guihua¹

(1. Chili Pepper Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China;

2. Guizhou Institute of Biotechnology Research and Development, Guiyang 550002, China;

3. Guizhou Province Kehui Pharmaceutical Factory, Guiyang 550011, China)

Abstract: In this paper, the proximate nutritional composition, volatile flavor substances and texture properties of five well-known hot pepper varieties grown in Guizhou were measured. The results showed that the nutritional components of chili pepper varied among varieties. The contents of moisture, crude protein and polyphenols in Huangping line pepper were higher than those in the other varieties, as well as the contents of total ash, soluble sugar, reducing sugar and VC in Baiyi flat pepper, the contents of crude fiber and capsorubin in Huaxi Dangwu pepper, and the contents of total acid and total capsaicin in Dafang wrinkle pepper. Texture parameters showed that the hardness and resilience of Baiyi flat pepper were the highest, while the cohesiveness, adhesiveness and chewiness of Huangping line pepper were the highest among the five pepper varieties. Hardness was significantly positively correlated with resilience ($r = 0.812$), but negatively with cohesiveness, adhesiveness and chewiness ($r = -0.741$, -0.720 and -0.600 , respectively). There was a significant positive correlation of adhesiveness with cohesiveness and chewiness ($r = 0.630$ and 0.752 , respectively). A total of 128 volatile components were detected in these pepper varieties, with Huangping line pepper and Shibing line pepper containing the largest number of volatile compounds (93). The major volatile compounds were terpenes (20.57%–48.60%), followed by sulfur-containing compounds (5.23%–27.02%). The types and amounts of volatile compounds in hot pepper varied greatly among varieties. Overall, the pepper varieties grown in Guizhou showed differences in the nutrient components, texture characteristics and flavor components. Baiyi flat pepper could be used as a raw material for fermented pepper. Huaxi Dangwu pepper was

收稿日期: 2017-06-22

基金项目: 黔农科院院专项(〔2016〕022号); 贵州省辣椒研究所自主创新专项(〔2017〕03号);

黔农科院自主创新科研专项(字〔2014〕012号)

第一作者简介: 王雪雅(1987—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事辣椒制品开发、保鲜保质技术研究。

E-mail: wangxueya1231@163.com

*通信作者简介: 陆宽(1987—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事食品研发及质量分析研究。E-mail: wukong4608@163.com

suitable for dry pepper processing. Huangping line pepper could be used as a fresh pepper variety. Selection of suitable pepper varieties is useful to obtain high quality pepper products.

Keywords: Guizhou-grown hot pepper; quality; texture characteristics; flavor analysis

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804032

中图分类号: TS202.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 04-0212-07

引文格式:

王雪雅, 陆宽, 孙小静, 等. 贵州不同辣椒品种的品质及挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 212-218.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804032. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Xueya, LU Kuan, SUN Xiaojing, et al. Quality and flavor analysis of different hot pepper varieties grown in Guizhou[J]. Food Science, 2018, 39(4): 212-218. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201804032. <http://www.spkx.net.cn>

辣椒, 茄科、辣椒属, 原产于中拉丁美洲热带地区, 在中国主要分布在四川、贵州、湖南等地, 占全国蔬菜总播种面积的8%~10%, 居蔬菜首位^[1-2]。贵州是我国辣椒的主要产区之一, 据统计, 至2016年, 贵州辣椒种植面积为33.4万 hm^2 , 居全国首位。辣椒中含有丰富的辣椒红素、辣椒素、VC、矿物质等, 具有很高的保健功能和营养价值, 有抗菌消炎、抗氧化、降低胆固醇、溶解血栓等方面的功效^[3-6]。贵州省辣椒产业整体发展的趋势较好, 在全国辣椒产业中具有举足轻重的地位, 在推动贵州现代农业发展、促进当地农民增收方面发挥着重要作用^[7]。贵州省的辣椒加工企业大多以小作坊形式生产, 产品大多雷同, 各加工企业生产所用原料的选择大多凭直觉经验或表面感官性质决定, 产品原料品种不固定, 使用的原料品种杂, 档次参差不齐, 品种的选择性和方向性差, 大大阻碍了辣椒加工业规模化的可持续发展。

目前, 关于贵州不同辣椒品种也进行了一些研究, 詹永发等^[8]收集了39份贵州地方辣椒品种, 初步确定了贵州辣椒品质指标范围; 蓬桂华等^[9]对30份贵州地方辣椒材料进行辣椒苗期抗病能力与其生理生化指标之间相关性的分析; 李达等^[10]对5份贵州辣椒品种对其鲜、干椒的基本品质成分进行了对比。目前对贵州不同辣椒品种的加工适应性研究尚不深入, 为了更好利用地区辣椒资源, 本实验选取5种贵州名优辣椒品种进行品质成分、果实质地对比, 通过分析辣椒品质指标及其挥发性物质, 为专用型辣椒加工品种有效加工利用提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

辣椒样品选取贵州省黄平线椒、施秉线椒、大方皱椒、百宜平面椒、花溪党武辣椒共5个品种, 为新鲜红椒, 均由当地农户多年自留种提供; 将5个辣椒品种研磨成酱状, 放入密封袋中贮存备用。

蒽酮(分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;

抗坏血酸(分析纯) 天津市科密欧化学试剂有限公司; 丙酮(分析纯) 重庆川东化工(集团)有限公司; 葡萄糖、钼酸铵、无水乙醇(均为分析纯) 成都金山化学试剂有限公司; 草酸、偏磷酸、氢氧化钠(均为分析纯) 重庆茂业化学试剂有限公司; 盐酸、浓硫酸、硝酸(均为分析纯) 重庆川江化学试剂厂; 乙二胺四乙酸、3,5-二硝基水杨酸(均为分析纯) 北京市化学试剂厂; 四氢呋喃、甲醇(均为色谱纯) 美国天地有限公司; 福林-酚试剂 北京索莱宝科技有限公司。

1.2 仪器与设备

UV-6100紫外分光光度计 上海元析仪器有限公司; JJ-2组织捣碎匀浆机 常州澳华仪器有限公司; 数显恒温水浴锅 上海梅香仪器有限公司; 101-1A型电热恒温培养箱 天津市泰斯特仪器有限公司; BSA224S-CW电子天平 赛多利斯科学仪器; PHS-3C精密pH计 上海虹益仪器仪表有限公司; KQ-700DB型超声波清洗机 昆山市超声仪器有限公司; UDK159凯氏定氮仪 意大利Velp公司; 1LC-S1000N质构仪 美国FTC公司; HP6890/5975C气相色谱-质谱联用仪 美国安捷伦公司; 手动固相微萃取装置、2 cm-50/30 μm 二乙基苯(divinylbenzene, DVB)萃取纤维头 美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 辣椒品质分析

1.3.1.1 辣椒基本成分的测定

水分含量的测定: 参照GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》直接干燥法; 灰分含量测定: 参照GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》; 粗纤维含量的测定: 参考GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》; 可溶性糖含量的测定: 采用蒽酮比色法; 还原糖含量的测定: 采用3,5-二硝基水杨酸法, 参照曹建康等^[11]的方法; 辣椒红素含量测定: 采用丙酮提取法, 参照徐坤等^[12]的方法; 辣椒碱的含量测定: 参照

GB/T 30389—2013《辣椒及其油树脂 总辣椒碱含量的测定 分光光度法》；粗蛋白含量测定：参照GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法；还原型VC含量的测定：采用钼蓝比色法，参照杨金凤等^[13]的方法；总多酚含量的测定：采用福林-酚比色法，参照李巨秀等^[14]的方法。

1.3.1.2 辣椒质地分析(texture profile analysis, TPA)^[15-16]

将辣椒置于质构仪载物台上进行TPA，每组重复测试15次，结果取平均值。采用直径为6 mm的圆柱形探头TMS6进行TPA测试。设置参数：测前速率60 mm/min；测试速率60 mm/min；测试后速率60 mm/min；测试深度（形变量）60%；触发力0.2 N；力量感应元量程25 N。通过TPA软件计算测得质地特征参数：硬度、内聚性、回复性、黏着性和咀嚼性。

1.3.2 辣椒挥发性成分分析^[17]

顶空-固相微萃取条件：准确称取2.5 g样品于固相微萃取采样瓶中，旋紧瓶盖，插入装有2 cm-50/30 μ m DVB纤维头的手动进样器，在50 $^{\circ}$ C左右顶空萃取30 min取出，快速移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口（温度250 $^{\circ}$ C）中，热解吸3 min进样。

气相色谱条件：HP-5MS 5% Phenyl Methyl Siloxane弹性石英毛细管柱（30 m \times 0.25 mm，0.25 μ m）；升温程序：柱温45 $^{\circ}$ C，保留2 min，以4 $^{\circ}$ C/min升温至230 $^{\circ}$ C，保持2 min；汽化室温度250 $^{\circ}$ C；载气为高纯He（99.999%）；柱前压7.62 psi；载气流量1.0 mL/min；不分流进样；溶剂延迟时间2.0 min。

质谱条件：电子电离源；离子源温度230 $^{\circ}$ C；四极杆温度150 $^{\circ}$ C；电子能量70 eV；发射电流34.6 μ A；倍增器电压1 125 V；接口温度280 $^{\circ}$ C；质量扫描范围20~450 u，检索图库为NIST 2011。

1.4 数据处理

采用SPSS 19.0软件对实验数据进行处理，用Duncan法多重比较进行极差检验，5%为显著水平，描述性统计值以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 不同品种辣椒基本成分分析

如表1所示，水分质量分数对辣椒果实的品质有重要作用，对其贮藏性影响较大，水分较高的辣椒品种不适宜作为发酵辣椒的原料，在发酵过程中易分层，贮藏难度较大；5个辣椒品种水分质量分数均有显著差异（ $P<0.05$ ），其中黄平线椒水分质量分数最高，为84.63%，花溪党武辣椒水分质量分数最小，为78.83%。食品总灰分反映无机盐的总含量，是评价食品质量的一项重要指标，5个辣椒品种总灰分质量分数除大方皱椒和花溪党武辣椒之间无显著性差异外（ $P>0.05$ ），其余3个品种均有显著性差异（ $P<0.05$ ），百宜平面椒总灰分质量分数最高，为6.72%，是花溪党武辣椒的2.26倍。5个辣椒品种，以干基计算粗蛋白质量分数在11.73%~20.96%之间，其中黄平线椒粗蛋白质量分数最高为20.96%，比施秉线椒粗蛋白含量高了9.23%，5个辣椒品种之间粗蛋白含量有显著性差异（ $P<0.05$ ）。粗纤维是一类不能被人体消化吸收的物质，对人体肠道的蠕动有着重要作用，辣椒粗纤维含量的高低，直接影响其口感和质地性状，花溪党武辣椒的粗纤维质量分数均高于其他品种且具有显著性差异（ $P<0.05$ ），为24.5%；黄平线椒和施秉线椒粗纤维质量分数较低，两者间无显著性差异（ $P>0.05$ ），但与其他3个辣椒品种有显著性差异（ $P<0.05$ ）。在可溶性糖和还原糖方面，百宜平面椒的可溶性糖和还原糖均高于其他品种（ $P<0.05$ ），分别为25.57%、18.77%，花溪党武辣椒的质量分数最小，分别为11.67%、6.61%；辣椒中的含糖量对加工过程有着重要影响，如在发酵辣椒方面，含糖量高的辣椒品种利于乳酸菌生长，能迅速成为发酵体系的优势菌，提高发酵品质。在总酸方面大方皱椒质量分数最高，为3.75%，是花溪党武辣椒的1.93倍，各辣椒品种间总酸含量均有显著性差异（ $P<0.05$ ）。辣椒含有的VC和多酚有很强的抗氧化作用，5个辣椒品种的还原型VC、总多酚含量均有显著性差异（ $P<0.05$ ），百宜平面椒还原型VC含量最高，为157.16 mg/100 g，其中花溪党武辣椒VC含量最低，为74.58 mg/100 g，百宜平面椒的总多酚含量最低，为0.88 mg/100 g。辣椒红素

表1 不同辣椒品种基本成分
Table 1 Chemical components of different varieties of chili pepper

品种	水分 质量分数/%	总灰分 质量分数/%	粗蛋白 质量分数/%	粗纤维 质量分数/%	可溶性糖 质量分数/%	还原糖 质量分数/%	总酸 质量分数/%	还原型VC含量/ (mg/100 g)	总多酚含量/ (mg/100 g)	辣椒红素含量/ (mg/g)	总辣椒碱 质量分数/%
黄平线椒	84.63 \pm 0.003 ^a	3.22 \pm 0.001 ^a	20.96 \pm 0.03 ^e	17.2 \pm 0.032 ^a	18.77 \pm 0.004 ^e	12.97 \pm 0.004 ^d	2.99 \pm 0.017 ^c	100.05 \pm 0.077 ^b	1.19 \pm 0.005 ^e	7.32 \pm 0.012 ^c	0.20 \pm 0.012 ^a
施秉线椒	78.89 \pm 0.001 ^d	3.71 \pm 0.001 ^b	11.73 \pm 0.019 ^a	17.5 \pm 0.041 ^a	16.67 \pm 0.008 ^b	8.98 \pm 0.009 ^c	2.70 \pm 0.005 ^d	103.85 \pm 0.037 ^c	1.16 \pm 0.006 ^d	5.36 \pm 0.008 ^a	0.19 \pm 0.014 ^c
大方皱椒	83.01 \pm 0.003 ^b	3.44 \pm 0.001 ^{ab}	14.04 \pm 0.04 ^c	17.8 \pm 0.039 ^b	14.17 \pm 0.005 ^a	9.96 \pm 0.006 ^b	3.75 \pm 0.007 ^c	149.09 \pm 0.077 ^d	0.97 \pm 0.007 ^b	4.68 \pm 0.015 ^b	0.31 \pm 0.01 ^d
百宜平面椒	82.56 \pm 0.001 ^c	6.72 \pm 0.002 ^e	16.51 \pm 0.02 ^d	21.3 \pm 0.071 ^c	25.57 \pm 0.003 ^d	18.17 \pm 0.004 ^c	2.21 \pm 0.005 ^a	157.16 \pm 0.059 ^e	0.88 \pm 0.006 ^a	5.85 \pm 0.009 ^d	0.26 \pm 0.011 ^d
花溪党武辣椒	78.83 \pm 0.003 ^e	2.97 \pm 0.001 ^{ab}	12.39 \pm 0.02 ^b	24.5 \pm 0.056 ^d	11.67 \pm 0.004 ^a	6.61 \pm 0.003 ^a	1.94 \pm 0.005 ^b	74.58 \pm 0.078 ^a	1.04 \pm 0.004 ^c	7.81 \pm 0.021 ^d	0.21 \pm 0.015 ^{ab}

注：同列不同肩标小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ）。表2同。

是一种存在于红辣椒果皮中的天然红色素,具有一定的抗癌效果,常用于食品、化妆品领域,花溪党武辣椒辣椒红素含量较高,为7.81 mg/g,施秉线椒含量最低,为5.36 mg/g,施秉线椒与百宜平面椒辣椒红素含量之间无显著性差异($P>0.05$),但与其他品种间均有显著性差异($P<0.05$)。辣椒的辣味是一种痛觉,主要由辣椒中总辣椒碱的含量高低决定,大方皱椒质量分数最高,为0.31%,是施秉线椒含量的1.63倍,大方皱椒与百宜平面椒总辣椒碱质量分数之间无显著性差异($P>0.05$),施秉线椒总辣椒碱含量与其他品种间均有显著性差异($P<0.05$)。综上可知,贵州不同地区的5个辣椒品种各营养成分含量大多具有显著性差异,与当地栽培条件、地理气候密切相关,黄平线椒因其水分含量较高,可作为鲜食辣椒品种,百宜平面椒的总灰分、总糖含量高,适宜用作发酵辣椒加工原料品种,花溪党武辣椒水分含量低,辣椒红素相对较高,作为制作干辣椒的商品性更高,企业可根据所加工产品的要求,选择合适的辣椒品种,提高辣椒产品的经济品质。

2.2 不同辣椒品种质地参数比较及相关性分析

2.2.1 不同辣椒品种质地参数比较

表2 不同辣椒品种质地参数的比较
Table 2 Comparison of texture parameters among different varieties of chili pepper

品种	硬度/N	内聚性	回复性	黏着性/N	咀嚼性/N
黄平线椒	9.02±3.62 ^a	0.31±5.03 ^b	0.14±1.57 ^a	1.95±8.62 ^c	9.99±1.28 ^b
施秉线椒	9.97±4.87 ^a	0.24±3.51 ^b	0.21±1.53 ^{bc}	1.47±7.36 ^b	8.88±1.77 ^b
大方皱椒	9.42±5.12 ^a	0.29±4.04 ^b	0.18±2.24 ^b	1.60±6.51 ^{bc}	8.45±1.56 ^{ab}
百宜平面椒	14.98±2.81 ^b	0.13±5.13 ^a	0.29±1.89 ^d	0.99±8.03 ^a	5.66±1.79 ^a
花溪党武辣椒	14.49±3.54 ^b	0.16±4.58 ^a	0.22±2.08 ^c	1.41±8.18 ^{ab}	7.44±0.97 ^{ab}

TPA是一种有效分析食品物理结构特性的方法,利用质构仪模拟人类牙齿咀嚼食物时受到的力及食物变形等情况,通过软件可分析食品的硬度、黏着性、弹性、咀嚼性等质构特性参数^[18-19]。目前关于食品物理结构方面的研究报道显示,质构仪分析得到了质构特性参数之间具有良好的相关性^[20-22]。

通过TPA对辣椒果实质地进行测试,可以通过数字直观分析辣椒的物理特性,不同辣椒品种的质地参数如表2所示。硬度反映的是果实在外力作用下发生形变所需要的屈服力大小,模拟人牙齿挤压果实所需的力量^[16],为果实第1次压缩时的最大峰值。所测5个品种辣椒的硬度有所不同,其中百宜平面椒的硬度最大,为14.98 N,黄平线椒的硬度最小,为9.02 N。内聚性反映的是果实内部细胞间结合力的大小,表示果实经过第1次压缩变形后所表现出来的对第2次压缩的相对抵抗力,是果实内部的收缩力,其中黄平线椒的内聚性最大,为0.31,百宜平面椒的硬度最小,为0.13。黄平线

椒、施秉线椒、大方皱椒的硬度与内聚性无统计学差异($P>0.05$),但与百宜平面椒、花溪党武辣椒具有显著性差异($P<0.05$)。回复性反映果实形变后在去掉挤压力时恢复原状的比率,5个辣椒品种中百宜平面椒的回复性最大,为0.29,黄平线椒回复性的最小,为0.14。内聚性与硬度、回复性呈负相关增长,是由于果实进行第1次压缩所需的力越大,其硬度、回复性越大,第2次压缩所需的相对抵抗力就越小,内聚性就越小。黏着性是反映咀嚼果实时感受其对牙齿和上颌的黏着情况^[23],其中黄平线椒的黏着性最大,为1.95 N,百宜平面椒黏着性最小,为0.99 N,施秉线椒与花溪党武辣椒无统计学差异($P>0.05$)。咀嚼性表示将固体食品咀嚼到可吞咽状态时需做功的大小^[24],各品种咀嚼性中,黄平线椒的咀嚼性最大,为9.99 N,百宜平面椒的咀嚼性最小,为5.66 N,除百宜平面椒与黄平线椒和施秉线椒具有显著差异外($P<0.05$),黄平线椒、施秉线椒、大方皱椒及花溪党武辣椒之间无显著性差异($P>0.05$)。综上所述,百宜平面椒硬度、回复性大于其余品种,适宜作为发酵辣椒的加工原料;黄平线椒的内聚性、黏着性、咀嚼性大于其余品种,硬度小于其余品种,不适宜制作泡椒类加工产品,可作为鲜食品种。各质地参数可以较好地反映不同辣椒品种之间物理特性、质地差异,可根据所需制作的辣椒产品特性选择相应品种,提高辣椒产品的商品利用率。

2.2.2 不同辣椒品种质地参数间的相关性分析

表3 不同辣椒品种TPA质地参数的相关性
Table 3 Correlations among texture parameters of different varieties of chili pepper

质地参数	硬度	内聚性	回复性	黏着性	咀嚼性
硬度	1				
内聚性	-0.741**	1			
回复性	0.812**	-0.848**	1		
黏着性	-0.720**	0.630*	-0.823**	1	
咀嚼性	-0.600*	0.503	-0.714**	0.752**	1

注:*,显著相关($P<0.05$);**,极显著相关($P<0.01$)。

如表3所示,TPA测试结果显示,硬度与回复性呈极显著正相关($r=0.812$),而与内聚性、黏着性、咀嚼性呈显著负相关($r=-0.741$ 、 $r=-0.720$ 、 $r=-0.600$),能较好地反映不同辣椒品种的质地特性,说明辣椒的硬度越大,回复性越高,而内聚性、黏着性、咀嚼性越低,不同辣椒品种硬度越大,咀嚼性越低,表明人咀嚼破碎果实需要能量反而越小,与郭峰等^[15]研究结果一致。内聚性与黏着性呈显著正相关($r=0.630$),黏着性与咀嚼性呈极显著正相关($r=0.752$),说明不同辣椒品种的内聚性越高,黏着性越大,咀嚼性越强,人牙齿所感觉出的果实致密度越大,所需咀嚼破碎果实的能量就越大。

表 4 不同品种辣椒各类挥发性成分相对含量和种类
Table 4 Types and proportions of flavor substances in different varieties of chili pepper

品种	萜烯类		醇类		醛类		酯类		烷烃类		含硫化化合物		酸类		酮类		其他类	
	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类
黄平线椒	20.57	26	14.37	16	15.86	11	9.13	10	1.15	9	21.78	7	2.97	5	0.91	4	12.56	5
施秉线椒	21.34	25	9.63	13	12.07	9	11.81	9	6.74	18	27.02	6	3.34	4	0.89	2	6.30	7
大方皱椒	30.24	24	16.01	14	13.42	9	10.76	9	3.65	11	13.05	6	2.94	5	1.11	3	8.35	3
百宜平面椒	41.60	28	7.72	12	13.24	8	10.19	9	4.20	12	11.63	6	4.82	6	0.96	3	3.20	3
花溪党武辣椒	48.60	28	7.83	14	9.83	10	16.58	10	1.33	6	5.23	5	0.82	4	0.55	2	7.24	6

2.3 不同品种辣椒的挥发性成分分析

采用顶空-固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术,对贵州不同地区5个辣椒品种的挥发性成分进行分析,通过NIST 2011质谱库匹配得出各化合物并进行归类,见表4。黄平线椒的挥发性成分共鉴定出93种化合物,占色谱流出组分总量的99.30%,施秉线椒共鉴定出93种化合物,占色谱流出组分总量的99.14%,大方皱椒鉴定出84种化合物,占色谱流出组分总量的99.54%,百宜平面椒鉴定出87种化合物,占色谱流出组分总量的97.55%,花溪党武辣椒鉴定出85种化合物,占色谱流出组分总量的98.02%。

萜烯类物质是辣椒挥发性成分中种类最多、相对含量最高的一类化合物,对辣椒的挥发性起着重要作用。花溪党武辣椒的萜烯类化合物丰富,有28种,占总挥发物质的48.60%,黄平线椒萜烯类化合物较少,有26种,占总挥发物质的20.57%。辣椒中萜烯类物质相对含量较高的是 α -姜烯、 β -倍半水芹烯、(*E,E*)- α -金合欢烯、 β -甜没药烯、苈烯等,5个品种均检出。辣椒萜烯类物质 α -姜烯所占比例最大,百宜平面椒 α -姜烯相对其余4个品种相对含量最高,为15.49%,其次为花溪党武辣椒,相对含量为5.37%,黄平线椒 α -姜烯最低,相对含量为4.69%; β -倍半水芹烯在辣椒萜烯类物质所占比例较高,其中百宜平面椒相对含量最高,为5.56%,黄平线椒最低,相对含量为1.80%;在花溪党武辣椒中检测出 α -蒎品烯,相对含量为7.75%,其余品种相对含量极低,在0.27%~0.79%之间,且施秉线椒未检出该物质。研究表明,萜烯类化合物多具有花香、水果香,较柔和,是柑橘类的典型挥发性物质。 α -蒎品烯具有柑橘和柠檬香气,可用于配制人造柠檬和薄荷香精油。倍半萜烯类的含氧衍生物大多具有较强的香气和生物活性,是医药、食品、香料和化妆品工业的重要原料^[25-26]。

其次辣椒果实挥发性物质相对含量较高的为含硫化化合物,是大蒜、洋葱等食物的代表性物质,与其他挥发性物质混合协调后,形成了辣椒独特的风味。辣椒果实中检测出的含硫化合物有9种,施秉线椒相对含量最高,为27.02%,其次是黄平线椒,相对含量为21.78%,花溪党武辣椒相对含量最低,为5.23%。甲基烯丙基二硫化物、双烯丙基三硫、硫化薄荷这3种硫化物均在5个品

种中检出,相对含量最高的为二烯丙基三硫醚,其中施秉线椒相对含量最高,为16.75%,而花溪党武辣椒仅含4.35%,两者具有明显差异;二烯丙基二硫化物相对含量也较高,其中黄平线椒相对含量最高,为9.11%,但花溪党武辣椒并未检出该物质;二烯丙基四硫醚仅施秉线椒检出,相对含量为2.21%。含硫化合物是一类容易辨识的特殊香味,不仅包含令人讨厌的硫醇类物质,还包括令人愉悦的杂环化合物及不饱和短链化合物,能丰富蔬菜中挥发性物质种类及含量,二烯丙基三硫醚又称大蒜素,是一种生物活性物质,有护肝、抗菌等作用^[27-28]。

醇、醛、酯类亦是构成辣椒果实挥发性成分的重要物质,这3种物质在辣椒果实中相对含量差别不大,醇、醛、酯类物质分别检测出20、13、12种,黄平线椒挥发性物质中醇类、醛类化合物相对其余4个品种较高,相对含量分别为14.37%、15.86%,酯类化合物较低,为9.13%。醇类化合物大部分都具有令人愉快的香气^[29],对辣椒果实的挥发性起着很重要的作用,相对含量较高的化合物有乙醇、芳樟醇、牻牛儿醇,均在5个辣椒品种中检出,大方皱椒牻牛儿醇相对含量最高,为6.95%,牻牛儿醇又称香叶醇,研究表明其具有抗菌、驱虫作用,广泛用于药品、烟草、食品配料领域^[30]。醛类化合物通常阈值较低,相对含量较高的是柠檬醛、棕榈醛,黄平线椒的柠檬醛相对含量最高,为15.48%,柠檬醛有着令人愉悦的、强烈的柠檬气息,是抗氧化剂有效稳定剂^[31];棕榈醛有弱花香、蜡香,百宜平面椒相对含量最高,为5.33%。酯类化合物具有水果香,是判断水果成熟度的一个重要指标,经检测发现辣椒果实中含有酯类,乙酸丁酯、水杨酸甲酯、乙酸冰片酯、醋酸香茅酯、乙酸香叶酯及棕榈酸甲酯均在5个辣椒品种中检出,其中乙酸香叶酯、水杨酸甲酯相对含量较高;乙酸香叶酯具有玫瑰和薰衣草香气,花溪党武辣椒乙酸香叶酯相对含量较高,为14.60%,并检测出其余4个辣椒品种未检出的苯二甲酸丁酯,相对含量较低,为0.06%;水杨酸甲酯具有冬青叶香味,施秉线椒和黄平线椒相对含量较高,分别为1.62%、1.28%,花溪党武辣椒相对含量最低,为0.19%。

酸、酮、烷烃类化合物所占辣椒果实挥发性成分比例较低,但由于阈值不同,对辣椒风味起到重要作用,酸、酮、烷烃类化合物分别检测出6、5、20种。施秉线

椒烷烃类化合物相对含量最高,为6.74%,大部分烃类物质香气较弱或无气味^[32],对辣椒果实风味的贡献较小;酸类化合物相对含量较高的是百宜平面椒,为4.824%,百宜平面椒检测出相对含量0.65%的香叶酸,其余4个辣椒品种均未检出;多数的酮类化合物具有清香气味,有花香和果香,香味优异持久^[31],对食品挥发性贡献较大,5个辣椒品种均检测出丙酮,仅黄平线椒检测出3-己酮,相对含量为0.04%,仅百宜平面椒检测出 β -紫香酮,相对含量为0.55%。

辣椒果实的其他类挥发性成分共检测出7种,其中1,8-桉叶素、右旋龙脑、*L*-樟脑均在5个辣椒品种中检出,都具有清凉的草药味道,有抗菌、抗氧化、降压等作用^[33],其中相对含量较高的是1,8-桉叶素,黄平线椒含有9.47%,大方皱椒含有6.77%,相对含量最低的是施秉线椒,为1.66%。

3 结 论

本实验对贵州地区不同产地的5个辣椒品种的品质成分、质地特性及挥发性成分进行分析测定,结果表明,不同产地的辣椒品种的品质成分、质地及挥发性成分大多呈现明显差异性。

黄平线椒的水分、粗蛋白及总多酚含量相对较高,与其余4个辣椒品种均有显著性差异($P<0.05$);百宜平面椒总灰分、可溶性糖、还原糖及还原型VC含量较高,与其余4个辣椒品种均有显著性差异($P<0.05$);花溪党武辣椒粗纤维及辣椒红素含量最高,与其余4个辣椒品种均有显著性差异($P<0.05$);大方皱椒总酸、总辣椒碱含量最高。

百宜平面椒的硬度、回复性相对最大,适宜作为发酵辣椒的加工原料;黄平线椒的内聚性、黏着性及咀嚼性最高,硬度小于其余品种,不适宜制作泡椒类加工产品,可作为鲜食品种。各质地参数相关性显示硬度与回复性呈极显著正相关($r=0.812$),与内聚性、黏着性、咀嚼性呈显著负相关($r=-0.741$ 、 $r=-0.720$ 、 $r=-0.600$),内聚性与黏着性呈显著正相关($r=0.630$),黏着性与咀嚼性呈极显著正相关($r=0.752$)。通过不同辣椒品种之间物理特性、质地差异,可根据所需制作的辣椒产品特性选择相应品种,提高辣椒资源的利用率。

5个辣椒品种共检测出128种挥发性成分,其中黄平线椒检出93种,施秉线椒93种,百宜平面椒87种,大方皱椒84种及花溪党武辣椒85种,相对含量较高的成分为萜烯类,5个辣椒品种相对含量在20.57%~48.60%之间,其中花溪党武辣椒相对含量最高;辣椒中挥发性成分相对含量较高的其次是含硫化合物类,在

5.23%~27.02%之间,其中施秉线椒相对含量最高;不同辣椒果实的各挥发性成分相对含量及种类不同,5个辣椒品种挥发性成分种类及相对含量差异较大,挥发性化合物之间相互作用,共同构成了辣椒独特的香气挥发性。

综合分析认为贵州地区不同辣椒品种有着各自的特性,百宜平面椒硬度、糖含量相对较高,较适宜作为发酵辣椒的加工原料之一;花溪党武辣椒的粗纤维、辣椒红素较高,适合加工成干辣椒,商品外观较高;黄平线椒水分、粗蛋白、挥发性成分相对含量较高,可作为鲜食产品。企业应根据不同地理位置及产品用途等选择适合的辣椒品种进行产品加工,提高产品的品质及口感,增加经济收益。

参考文献:

- [1] PAMELAF M P, MERCIA A G L, LUCIANA C L, et al. Evaluation of antioxidant potential of pepper sauce (*Capsicum frutescens* L.)[J]. Cogent Food & Agriculture, 2016, 2(1): 1134381. DOI:10.1080/23311932.2015.1134381.
- [2] 王立浩,张正海,曹亚从. “十二五”我国辣椒遗传育种研究进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2016(1): 1-7. DOI:10.3969/j.issn.1000-6346.2016.01.001.
- [3] MIRMANTO M, SYAHRUL S, EMMY D, et al. Effect of inlet temperature and ventilation on heat transfer rate and water content removal of red chilies[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2017, 31(3): 1531-1537. DOI:10.1007/s12206-017-0252-8.
- [4] SHIN Y H, KIM J M, PARK K. The effect of capsaicin on salivary gland dysfunction[J]. Molecules, 2016, 21(7): 835-845. DOI:10.3390/molecules21070835.
- [5] NEUZA J, CAROLINA M V, DANUSA C P. Extracts of red peppers: antioxidant activity and sensory evaluation[J]. Nutrition & Food Science, 2016, 46(2): 228-236. DOI:10.1108/NFS-08-2015-0094.
- [6] ADAMS M J, AHUJA K D K, GERAGHTY D P. Effect of capsaicin and dihydrocapsaicin on *in vitro* blood coagulation and platelet aggregation[J]. Thrombosis Research, 2009, 124(6): 721-723. DOI:10.1016/j.thromres.2009.05.001.
- [7] 王华书. 贵州辣椒产业链的发展现状及对策探讨[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(6): 193-196. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2011.06.053.
- [8] 詹永发,田应书,周光萍,等. 贵州地方辣椒品种品质分析及利用评价[J]. 天津农业科学, 2014, 20(8): 98-102. DOI:10.3969/j.issn.1006-6500.2014.08.025.
- [9] 蓬桂华,牟玉梅,张爱民,等. 贵州地方辣椒资源抗病特性与理化指标的相关性[J]. 中国蔬菜, 2016(8): 55-59. DOI:10.3969/j.issn.1000-6346.2016.08.012.
- [10] 李达,李响. 贵州地区不同品种辣椒基本成分分析及VC含量的测定[J]. 农产品加工, 2015(5): 52-54. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2015.05.051.
- [11] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2007: 54-59.
- [12] 徐坤,马娜,谷绒,等. 辣椒红素提取方法的比较[J]. 中国调味品, 2009, 34(1): 89-91. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2009.01.019.
- [13] 杨金凤,黄玉琴,呼丽萍. 钼蓝比色法测定甜樱桃中还原型VC含量的条件优化[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(1): 181-183. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2015.01.047.
- [14] 李巨秀,王柏玉. 福林-酚比色法测定桑椹中总多酚[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 292-295. DOI:10.3321/j.issn.1002-6630.2009.18.066.

- [15] 郭峰, 王毓宁, 李鹏霞, 等. 1-MCP处理对采后红椒质构性能的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 272-277. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201516052.
- [16] 张乐, 王赵改, 杨慧, 等. 不同板栗品种营养成分及挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 164-169. DOI:10.7506/spkx1002-6630201610028.
- [17] 刘艳敏, 吴拥军, 王亚娟, 等. 贵州油辣椒挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 221-227. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201320047.
- [18] 袁成龙, 董晓颖, 李培环, 等. TPA质构分析硬肉桃果实采后质地变化[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 66-63. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201320057.
- [19] CHUANG G C C, YEH A I. Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes (mochi)[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 74(3): 314-323. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2005.03.001.
- [20] 赵清霞, 郑环宇, 丁阳月, 等. 湿豆渣面包仪器质构与感官质构相关性分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 94-99. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.06.01.
- [21] 孙锐, 孙蕾, 马金辉, 等. 各品种不同成熟度无花果质构特性分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 22-25; 30. DOI:10.13652/ji.ssn.1003-5788.2017.02.00.
- [22] 林雅丽, 张才科, 张晖, 等. 质构改良剂对谷物早餐保脆性的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(11): 162-166. DOI:10.16429/j.1009-7848.2016.11.022.
- [23] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 利用硬度、脆性和黏着性对火腿肠等级的判别分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2182-2188. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2010.10.027.
- [24] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 利用内聚性和咀嚼性对火腿肠等级的判别分析研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 95-97; 101. DOI:10.7506/spkx1002-6630201610028.
- [25] LAURA C, FELIPE A J, JUAN C. Characterisation of aroma active compounds of Spanish saffron by gas chromatography-olfactometry: quantitative evaluation of the most relevant aromatic compounds[J]. Food Chemistry, 2011, 127(4): 1866-1871. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.02.015.
- [26] 周江菊, 任永权, 雷启义. 桉叶花椒叶精油化学成分分析及其抗氧化活性测定[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 137-141. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201406029.
- [27] 姜袁圆, 熊鑫, 黄蓉, 等. 大蒜活性成分二烯丙基三硫醚抑制氧化应激诱导的肝星状细胞活化作用研究[J]. 中国药理学杂志, 2015, 50(17): 1521-1526. DOI:10.11669/cpj.2015.17.014.
- [28] 曹玉芳, 王洪武, 苏醒, 等. 二烯丙基硫化物对百草枯中毒急性肺损伤大鼠的抗氧化作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2016, 30(5): 526-530. DOI:10.3867/j.issn.1000-3002.2016.05.007.
- [29] 李松林, 蒋长兴, 聂凌鸿, 等. 风鸡腌制和风干过程中挥发性成分的变化[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 191-198. DOI:10.13995/j.cnki.11-180/ts.01503034.
- [30] 李晓晴, 惠海英, 骆志成, 等. 香叶醇、 β -香茅醇和丁香酚抗念珠菌活性的体外研究[J]. 现代检验医学杂志, 2016, 31(2): 87-89. DOI:10.3969/j.issn.1671-7414.2016.02.026.
- [31] ZHAO Q, HO C T, HUANG Q R. Effect of ubiquinol-10 on citral stability and off-flavor formation in oil-in-water (O/W) nanoemulsions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61: 7462-7469. DOI:10.1021/jf4017527.
- [32] 田维芬, 周君, 明庭红, 等. 基于电子鼻和GC-MS的不同品牌橄榄油挥发性成分研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 285-292. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.07.047.
- [33] QUAN V V, ANITA C C, DEEP J B, et al. Botanical, phytochemical, and anticancer properties of the eucalyptus species[J]. Chemistry & Biodiversity, 2015, 12(6): 907-924. DOI:10.1002/cbdv.201400327.