

基于 GC-MS 分析辣椒种子挥发性成分

周鹏, 彭世清, 王永平, 邢丹* (贵州省农业科学院辣椒研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要 [目的]为探明辣椒种子挥发性成分,比较不同辣椒品种主要挥发性物质种类及其含量的差异。[方法]经乙醇-水体系提取后用气相色谱-质谱联用仪对辣椒种子挥发性成分进行测定。结合计算机检索对分离的化合物进行结构鉴定。应用色谱峰面积归一化法测定各成分的相对含量,通过主成分分析(PCA)进行综合评定。[结果]不同辣椒挥发性成分和含量有所差异。4种辣椒共6种相同的挥发性成分,但含量有所不同。4种辣椒挥发性物质种类和含量存在明显差异,通过主成分分析可以找出辣椒特征挥发性物质并区分不同品种的辣椒。[结论]该研究为辣椒品种的鉴别提供方法参考。

关键词 辣椒;种子;挥发性成分;气相色谱-质谱联用;主成分分析

中图分类号 TS 255.7 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)06-0172-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.06.041



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Volatile Components in Pepper Seeds by GC-MS

ZHOU Peng, PENG Shi-qing, WANG Yong-ping et al (Research Institute of Pepper, Guizhou Academy of Agricultural Science, Guiyang, Guizhou 550006)

Abstract [Objective] To ascertain the volatile components of pepper seeds, compare the differences in the types and contents of the main volatile substances in different varieties of pepper. [Method] The volatile components of pepper seeds were extracted by ethanol-water and determined by gas chromatography-mass spectrometry. The structure of the separated compounds was identified by computer retrieval. The area normalization method was used to calculate the volatile components of each component, and perform principal component analysis (PCA). [Results] The volatile components and contents of different pepper were different. There were 6 same volatile components in 4 pepper seeds, but the content of volatile components was different. There were obvious differences in the types and contents of volatile substances in the four peppers. Principal component analysis could find out the characteristic volatile substances in peppers and distinguish different varieties of peppers. [Conclusion] This study provides a method reference for the identification of pepper varieties.

Key words Pepper; Seeds; Volatile components; GC-MS; Principal component analysis

辣椒为茄科植物^[1],是常见的蔬菜和调味品^[2],是我国重要的果菜类蔬菜和调味品,因其具有较高的食用价值和保健功能而深受人们喜爱^[3-4]。21世纪是我国辣椒产业飞速发展阶段。据国家大宗蔬菜产业技术体系统计,近年来辣椒面积稳定在210万hm²以上,成为我国种植面积最大的蔬菜^[5]。辣椒中含有丰富的辣椒红素、辣椒素、V_C、矿物质等,有很高的保健功能和营养价值,具有抗菌消炎、抗氧化、降低胆固醇、溶解血栓等方面的功效^[6-9]。研究不同品种辣椒的挥发性成分,对于不同品种辣椒的品质差异有重要意义。

干辣椒挥发性成分有萜烯、含硫化合物、醇、醛、酯、酸、酮、烷等^[10]。杜勃峰等^[1]利用固相微萃取气质联用技术检测不同辣椒果实的挥发性成分,4种代表性辣椒的挥发性成分主要有烃类、酯类、醛类、醇类、酮类、吡嗪类化合物。但关于辣椒种子挥发性化合物的研究鲜见报道。

辣椒挥发性成分种类繁多,组成复杂,且化学成分相互影响,辣椒的产地品种和贮藏条件都会影响其挥发性的种类和含量。因此仅靠个别的化学成分去判别辣椒存在一定的局限性,很难说明不同辣椒品种挥发性物质的种类、含量差异及其特有物质。主成分分析法是一种多元统计分析技术,它可以简化数据和揭示变量间的关系,可有效分析挥发性物质^[11-13]。笔者采用主成分分析法,找出4种辣椒品种的主要挥发性物质及挥发性物质含量差异。

1 材料与方法

1.1 原料及试剂 试验材料(常艳4号、常艳5号、黔椒8号和辣研201)由贵州省辣椒研究所育种研究室提供。乙醇(分析纯,重庆川东化工有限公司);丙酮(色谱纯,重庆川东化工有限公司)。

1.2 仪器 气相-质谱联用仪(Agilent 7890型,美国安捷伦科技公司);恒温培养振荡器(ZWY-240,上海智诚分析仪器制造有限公司);电子天平(BSA224S-CW型,北京赛多利斯天平有限公司);超纯水系统(Milli-Q Direct,德国默克公司);台式高速冷冻离心机(ALLEGRA X-15R,美国贝克曼库尔特有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备。样品粉碎、过筛后,称取样品100mg,溶解于10mL的乙醇-水混合溶液中,低温振荡48h,离心5min,取上层清液过膜待测。

1.3.2 GC-MS 色谱与质谱条件。毛细管柱为TR-5^{ms}(0.25mm×30m×0.25μm)。GC进样口温度为250℃,连接线温度为280℃。GC程序升温条件:初始温度为60℃,保持2min后以10mL/min的速率升至140℃,然后以5℃/min升至280℃,保持6min。载气为氦气,流速为1mL/min,不分流进样,进样量为1.0μL,离子源温度为230℃,扫描范围为35~650amu,溶剂延迟6min。

1.4 数据处理 采用峰面积归一化法计算各组分的面积百分比,并通过NIST17质谱数据库对所出峰的质谱图进行检索,以鉴定各组分。利用SPSS 23.0软件对辣椒的挥发性成分及其含量进行主成分分析(PCA)。

基金项目 贵州省科技支撑项目(黔科合支撑[2020]1Y172号)。

作者简介 周鹏(1991—),男,贵州毕节人,实习研究员,硕士,从事辣椒栽培研究。*通信作者,副研究员,博士,从事辣椒栽培研究。

收稿日期 2021-07-20

2 结果与分析

2.1 辣椒种子的挥发性成分分析 通过对辣椒种子的挥发性成分进行 GC-MS 分析,分别得到了各辣椒品种的总离子流图(图 1),分析可知,从 4 个辣椒品种种子中共检测出 72 种挥发性物质(表 1),包含烃类 4 种、醇类 4 种、醛类 6 种、酮类 7 种、酸类 5 种、酚类 3 种、酯类 17 种、胺类 9 种,其他 17 种(表 2)。其中 6 种物质为 4 种辣椒品种所共有,分别为巴龙霉素、(5 β)-孕烯-3,20 β -二醇,14 α ,18 α -[4-甲基-3-氧代-(1-氧杂-4-氮杂丁基-1,4-二基)]-二乙酸酯、四乙酰基-d-木精,2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮、2-肉豆蔻泛素和 2,4-二叔丁基苯酚。不同品种辣椒种子挥发性物质的种类和含量差异显著($P<0.05$),挥发性物质种类最少的品种(常艳 5 号)有 20 种,最多的品种(常艳 4 号和黔辣 8 号)有 35 种,辣研 201 有 31 种,具体详见表 1~2。

从表 1~2 可以看出,在常艳 5 号中鉴别出来的 20 个挥发性成分,占总挥发性成分的 98.87%,醛类物质占 37.91%,其中 5-羟甲基糠醛占 33.53%;酯类占 24.07%,其中(5 β)-孕烯-3,20 β -二醇,14 α ,18 α -[4-甲基-3-氧代-(1-氧杂-4-氮

杂丁基-1,4-二基)]-二乙酸酯占 16.47%,酚类物质占 16.21%(2,4-二叔丁基苯酚),四乙酰基-d-木精占 9.39%。常艳 4 号出峰时间主要集中在 6~14 min,鉴别出的物质占总挥发性成分总量的 95.83%,其中酚类物质占 20.62%(2,4-二叔丁基苯酚含量最高,占 16.92%),巴龙霉素占 12.91%,四乙酰基-d-木精占 11.12%,2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮占 2.53%,环状 1,2:3,5-双(硼酸丁酯)- α -D-木呔喃糖占 0.40%,酯类物质占 7.94%,酮类物质占 7.67%。黔辣 8 号的 35 种挥发性成分占总挥发性成分的 96.27%,酮类物质占 15.24%,其中 2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮占 13.16%;醛类占 13.03%(苯乙醛占 6.33%),酚类占 10.38%(2,4-二叔丁基苯酚 6.80%和 2-甲氧基-4-乙炔基苯酚 3.58%),胺类物质占 8.86%(N-甲基-N-[4-(3-羟基吡咯烷基)-2-丁炔基]-乙酰胺占 5.26%)。辣研 201 中含量最高的是四乙酰基-d-木精,占总挥发性成分的 21.73%,其次为巴龙霉素和 2-胍基-2-咪唑啉,分别占总挥发性成分的 15.03%和 11.22%,酯类占总挥发性成分的 20.61%。

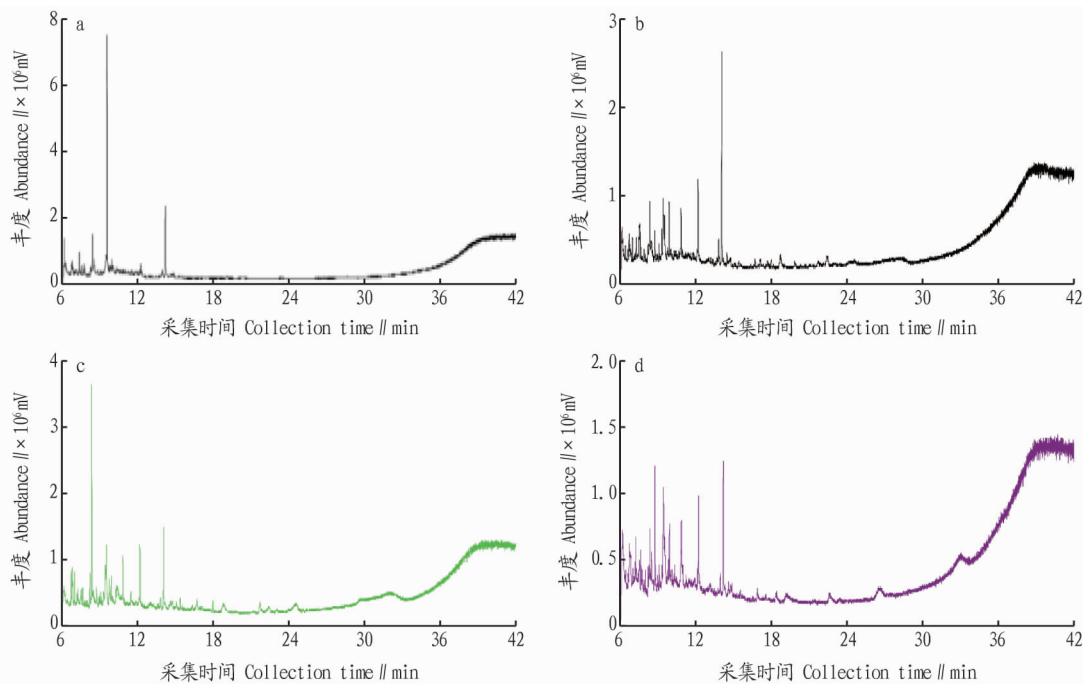


图 1 常艳 5 号(a)、常艳 4 号(b)、黔辣 8 号(c)和辣研 201(d)挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion current diagram of volatile components in Changyan V (a), Changyan IV (b), Qianla VIII (c) and Layan 201 (d)

表 1 不同品种辣椒主要挥发性物质分析

Table 1 Analysis of main volatile substances in different varieties of pepper

序号 No.	中文名称 Chinese name	英文名称 English name	化学式 Chemical formula	相对含量 Relative content//%			
				常艳 5 号 Changyan V	常艳 4 号 Changyan IV	黔辣 8 号 Qianla VIII	辣研 201 Layan 201
1	1-三甲基硅-7,10-环氧三环[4.2.1.1(2,5)]癸烷	7,10-Epoxytricyclo[4.2.1.1(2,5)]decane,1-trimethylsilyl-	C ₁₃ H ₂₂ OSi	1.02	—	—	—
2	十四甲基-环庚硅氧烷	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	C ₁₄ H ₄₂ O ₇ Si ₇	—	2.00	—	—
3	1,1'-[1,3-丙二基双(氧基)]双-十八烷	Octadecane,1,1'-[1,3-propanediylbis(oxy)]bis-	C ₃₉ H ₈₀ O ₂	—	—	0.83	—
4	六甲基环三硅氧烷	Cyclotrisiloxane, hexamethyl	C ₆ H ₁₈ O ₃ Si ₃	—	—	1.40	—

接下表

续表 1

序号 No.	中文名称 Chinese name	英文名称 English name	化学式 Chemical formula	相对含量 Relative content // %			
				常艳 5 号 Changyan V	常艳 4 号 Changyan IV	黔辣 8 号 Qianla VIII	辣研 201 Layan 201
5	(3 β ,5Z,7E)-9,10-断胆甾-5,7,10(19)-三烯-3,24,25-三醇	9,10-Secocholesta-5,7,10(19)-triene-3,24,25-triol, (3 β ,5Z,7E)-	C ₂₇ H ₄₄ O ₃	0.35	0.21	2.44	—
6	2,6,8-三甲基双环[4.2.0]辛-2-烯-1,8-二醇	2,6,8-Trimethylbicyclo[4.2.0]oct-2-ene-1,8-diol	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	—	5.89	2.23	2.08
7	13-庚十七醇	13-Heptadecyn-1-ol	C ₁₇ H ₃₂ O	—	—	1.18	—
8	2,2,5a-三甲基-1a-[2-(2-甲基)-1,3-二氧戊环-2-基]-1-乙炔基]过氢-1-苯并环氧乙基-3-醇	1-Benzoxiren-3-ol,2,2,5a-trimethyl-1a-[2-(2-methyl)-1,3-dioxolan-2-yl]-1-ethenyl]perhydro-3-ol	C ₁₅ H ₂₄ O ₄	—	0.43	—	—
9	苯乙醛	Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	1.98	—	6.33	4.35
10	N-己基苯乙醛	Phenethylamine, N-hexyl-	C ₁₄ H ₂₃ N	2.00	—	1.94	—
11	5-羟甲基糠醛	5-Hydroxymethylfurfural	C ₆ H ₆ O ₃	33.53	—	—	—
12	苯甲醛	Benzaldehyde,2-hydroxy-4-methoxy-	C ₆ H ₅ CHO	0.40	—	—	—
13	3-羟基-4-甲氧基-苯甲醛	Benzaldehyde,3-hydroxy-4-methoxy-	C ₈ H ₈ O ₃	—	5.46	4.76	—
14	2-溴-十八醛	Octadecanal,2-bromo-	C ₁₈ H ₃₅ BrO	—	0.25	—	0.49
15	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	4H-Pyran-4-one,2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	C ₆ H ₈ O ₄	4.27	2.53	13.16	2.10
16	7-癸氧基-2-酮	7-Decyloxepan-2-one	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	—	3.72	1.72	—
17	7-辛基氧杂环戊烷-2-酮	7-Octyloxepan-2-one	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	—	—	—	2.62
18	3,11 β ,18-三乙酰氧基-3,9 β :14,15-二环氧孕基-16-烯-20-酮	3,9 β :14,15-Diepoxypregn-16-en-20-one,3,11 β ,18-triacetoxy-	C ₂₇ H ₃₄ O ₉	—	0.44	—	—
19	3-(3,3-二甲基哌啶-1-基甲基)-5,8a-二甲基-3a,7,8,8a,9,9a-六氢-3H-萘并[2,3-b]呋喃-2-酮	3H-Naphtho[2,3-b]furan-2-one,3-(3,3-dimethylpiperidin-1-ylmethyl)-5,8a-dimethyl-3a,7,8,8a,9,9a-hexahydro-	C ₂₂ H ₃₃ NO ₂	—	—	—	0.60
20	(22a)-邻乙酰基-16-甲氧-22-甲-4,25-Secoobscurinevan-4-酮	4,25-Secoobscurinevan-4-one,o-acetyl-16-methoxy-22-methyl-,(22 α)-	C ₂₅ H ₃₂ N ₂ O ₅	—	—	0.36	—
21	糖基肌氨酸	Glycylsarcosine	C ₅ H ₁₀ N ₂ O ₃	—	0.96	1.76	0.39
22	3-羟基苯甲酸,2TMS 衍生物	3-Hydroxybenzoic acid,2TMS derivative	C ₁₃ H ₂₂ O ₃ Si ₂	—	—	—	0.55
23	N ω -硝基-L-精氨酸	N ω -Nitro-L-arginine	C ₆ H ₁₃ N ₅ O ₄	—	1.74	—	—
24	N-甲氧羰基壬酸酯基-1-丙氨酸	l-Alanine, N-methoxycarbonyl-, nonyl ester	C ₁₄ H ₂₇ NO ₄	—	—	1.82	—
25	2-(3-乙酰氧基-4,4,14-三甲基雄甾-8-烯-17-基)-丙酸	Propanoic acid,2-(3-acetoxy-4,4,14-trimethylandrost-8-en-17-yl)-	C ₂₇ H ₄₂ O ₄	—	0.74	—	—
26	2,4-二叔丁基苯酚	2,4-Di-tert-butylphenol	C ₁₄ H ₂₂ O	16.21	16.92	6.80	1.40
27	5-乙炔基-2-甲氧基-苯酚	Phenol,5-ethenyl-2-methoxy-	C ₉ H ₁₀ O ₂	—	3.70	—	—
28	2-甲氧基-4-乙炔基苯酚	2-Methoxy-4-vinylphenol	C ₉ H ₁₀ O ₂	—	—	3.58	—
29	乙酸-6-吗啉-4-基-9-氧双环[3.3.1]壬-3-基酯	Acetic acid,6-morpholin-4-yl-9-oxobicyclo[3.3.1]non-3-yl ester	C ₁₅ H ₂₃ NO ₄	2.76	1.09	—	—
30	9Z,12Z,15Z-十八碳三烯酸-2,3-二羟丙酯	9Z,12Z,15Z-Octadecatrienoic acid,2,3-dihydroxypropyl ester	C ₂₁ H ₃₆ O ₄	—	—	2.31	—
31	9,12-十八碳二炔酸甲酯(三甲硅烷基)	9,12-Octadecadiynoic acid,trimethylsilyl ester	C ₂₁ H ₃₆ O ₂ Si	—	—	—	4.79
32	双十八酸-2-羟基-1,3-丙二基二酯	Octadecanoic acid,2-hydroxy-1,3-propanediyl di-ester	C ₃₉ H ₇₆ O ₅	—	—	0.58	—
33	1-乙酰基-5-乙基-2-[3-(2-羟乙基)-1H-吲哚-2-基]- α -甲基-4-哌啶乙酸甲酯	4-Piperidineacetic acid,1-acetyl-5-ethyl-2-[3-(2-hydroxyethyl)-1H-indol-2-yl]- α -methyl-,methyl ester	C ₂₃ H ₃₂ N ₂ O ₄	—	—	—	0.43
34	N,N'-双(碳苄氧基)-赖氨酸甲酯	N,N'-Bis(Carbobenzyloxy)-lysine methyl(ester)	C ₂₃ H ₂₈ N ₂ O ₆	—	1.42	0.29	—
35	吡咯嗪-1,7-二酮-6-羧酸甲酯	Pyrrrolizin-1,7-dione-6-carboxylic acid,methyl(ester)	C ₉ H ₁₁ NO ₄	—	—	—	0.15
36	4-甲基-[4-(甲氧羰基)苯基]苯甲酸甲酯	Benzoic acid,4-methyl-,[4-(methoxycarbonyl)phenyl]methyl ester	C ₁₇ H ₁₆ O ₄	—	—	—	1.25
37	乙基-4-羟基扁桃酸乙酯	Ethyl 4-hydroxymandelate	C ₁₆ H ₂₈ O ₄ Si ₂	1.92	—	—	—

接下表

续表 1

序号 No.	中文名称 Chinese name	英文名称 English name	化学式 Chemical formula	相对含量 Relative content // %			
				常艳 5 号 Changyan V	常艳 4 号 Changyan IV	黔辣 8 号 Qianla VIII	辣研 201 Layan 201
38	(5 β)-孕烯-3,20 β -二醇,14 α ,18 α -[4-甲基-3-氧代-(1-氧杂-4-氮杂丁基-1,4-二基)]-二乙酸酯	(5 β)Pregnane-3,20 β -diol,14 α ,18 α -[4-methyl-3-oxo-(1-oxa-4-azabutane-1,4-diyl)]-,diacetate	C ₂₈ H ₄₃ NO ₆	16.47	0.81	0.65	7.11
39	6,7-环氧孕烯-4-烯-9,11,18-三醇-3,20-二酮-11,18-二乙酸酯	6,7-Epoxypregn-4-ene-9,11,18-triol-3,20-dione,11,18-diacetate	C ₂₅ H ₃₂ O ₈	—	0.25	0.19	—
40	双十六酸-1-(羟甲基)-1,2-乙二酯	Hexadecanoic acid,1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester	C ₃₅ H ₆₈ O ₅	—	0.32	—	—
41	十八酸-顺-(2-苯基-1,3-二氧戊环-4-基)甲酯	Octadecanoic acid,(2-phenyl-1,3-dioxolan-4-yl)methyl ester,cis-	C ₂₈ H ₄₆ O ₄	1.73	—	0.60	—
42	1-乙酰基-5-乙基-2-[3-(2-羟乙基)-1H-吡啶-2-基]- α -甲基-4-哌啶乙酸甲酯	4-Piperidineacetic acid,1-acetyl-5-ethyl-2-[3-(2-hydroxyethyl)-1H-indol-2-yl]- α -methyl-,methyl ester	C ₂₃ H ₃₂ N ₂ O ₄	—	—	—	0.43
43	3-(十八烷氧基)硬脂酸丙酯	Stearic acid,3-(octadecyloxy)propyl ester	C ₃₉ H ₇₈ O ₃	0.60	—	—	4.45
44	3-乙酸-3-苄氧基-1-(2-羟基-1-甲基乙基)-2-甲基丙酯	Acetyl acid,3-benzyloxy-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)-2-methylpropyl ester	C ₁₆ H ₂₄ O ₄	—	—	—	2.00
45	异戊酸乙酯	Ethyl iso-allocholate	C ₂₆ H ₄₄ O ₅	0.59	4.05	2.99	—
46	四乙酰基-d-木腈	Tetraacetyl-d-xylonic nitrile	C ₁₄ H ₁₇ NO ₉	9.39	11.12	4.91	21.73
47	巴龙霉素	Paromomycin	C ₂₃ H ₄₅ N ₅ O ₁₄	1.52	12.91	7.96	15.03
48	6-乙酰基- β -D-甘露糖	6-Acetyl- β -D-mannose	C ₈ H ₁₄ O ₇	0.87	—	—	—
49	3-[3-溴苯基]-7-氯-3,4-二氢-10-羟基-1,9(2H,10H)-吡啶	3-[3-Bromophenyl]-7-chloro-3,4-dihydro-10-hydroxy-1,9(2H,10H)-acridinedione	C ₁₉ H ₁₃ BrClNO ₃	0.70	0.29	—	—
50	孕-4-烯-3,20-二酮-17,21-二羟基-双(邻甲基脒)	Pregn-4-ene-3,20-dione,17,21-dihydroxy-,bis(O-methyloxime)	C ₂₃ H ₃₆ N ₂ O ₄	—	2.15	1.42	—
51	2,7-二苯基-1,6-二氧吡啶[4,5:2',3']吡咯并[4',5'-d]吡嗪	2,7-Diphenyl-1,6-dioxopyridazino[4,5:2',3']pyrrolo[4',5'-d]pyridazine	C ₂₀ H ₁₃ N ₅ O ₂	—	1.03	—	0.22
52	2-肉豆蔻泛素	2-Myristinoyl pantetheine	C ₂₅ H ₄₄ N ₂ O ₅ S	0.95	1.24	1.92	1.01
53	香草醛乳糖苷	Vanillin lactoside	C ₂₀ H ₂₈ O ₁₃	1.61	—	—	0.90
54	2-(乙酰氨基)-2-脱氧-3-O-(三甲基甲硅烷基)-甲基-环丁基硼酸酯- α -D-葡萄糖苷	α -D-Glucopyranoside, methyl 2-(acetylamino)-2-deoxy-3-O-(trimethylsilyl)-,cyclic butylboronate	C ₁₆ H ₃₂ BNO ₆ Si	—	—	2.39	—
55	6-脱氧-环1,2,3,4-双(硼酸丁酯)- α -L-半乳吡喃糖	α -L-Galactopyranose,6-deoxy-,cyclic 1,2:3,4-bis(butylboronate)	C ₁₄ H ₂₆ B ₂ O ₅	—	8.42	4.49	—
56	1-甲酰基-3-乙基-6- β -D-呋喃核糖基-吡啶[4,5-b]咪唑	Pyrazole[4,5-b]imidazole,1-formyl-3-ethyl-6- β -D-ribofuranosyl-	C ₁₂ H ₁₆ N ₄ O ₅	—	1.07	0.34	0.85
57	2-氟-5-[2-羧基乙烯基]-咪唑	Imidazole,2-fluoro-5-[2-carboxyvinyl]-	C ₆ H ₅ FN ₂ O ₂	—	—	—	0.81
58	2-胂基-2-咪唑啉	2-Hydrazino-2-imidazoline	C ₃ H ₈ N ₄	—	—	—	11.22
59	5 α -胆固醇-2-肟脒	5 α -Cholestan-2-one,oxime	C ₂₇ H ₄₇ NO	—	—	—	0.67
60	N-[6-[N-叠氮基]-3-氮杂-3-己烯基]吗啉	N-[6-[N-Aziridyl]-3-aza-3-hexenyl]morpholine	C ₁₁ H ₂₁ N ₃ O	—	—	6.06	—
61	环状1,2:3,5-双(硼酸丁酯)- α -D-木呋喃糖	α -D-Xylofuranose,cyclic 1,2:3,5-bis(butylboronate),	C ₁₃ H ₂₄ B ₂ O ₅	—	0.40	—	—
62	N-己基-苯乙胺	Phenethylamine,N-hexyl-	C ₁₄ H ₂₃ N	—	1.18	—	—
63	甘氨酸-D-天冬酰胺	Glycyl-D-asparagine	C ₆ H ₁₁ N ₃ O ₄	—	—	0.95	0.67
64	O-6-氨基-6-脱氧- α -D-吡喃葡萄糖基-(1-4)-O-(3-脱氧-4-C-甲基-3-(甲基氨基)- β -L-阿拉伯吡喃糖基-D-链胺	D-Streptamine, O-6-amino-6-deoxy- α -D-glucopyranosyl-(1-4)-O-(3-deoxy-4-C-methyl-3-(methylamino)- β -L-arabinopyranosyl-(1-6))-2-deoxy-	C ₁₉ H ₃₈ N ₄ O ₁₀	—	—	—	0.73
65	N-甲基-N-[4-(1-吡咯基)-2-丁炔基]-2-(乙二氧基)乙胺	2-(Ethylenedioxy)ethylamine,N-methyl-N-[4-(1-pyrrolidinyl)-2-butynyl]-	C ₁₄ H ₂₄ N ₂ O ₂	—	—	1.29	—

接下表

续表 1

序号 No.	中文名称 Chinese name	英文名称 English name	化学式 Chemical formula	相对含量 Relative content // %			
				常艳 5 号 Changyan V	常艳 4 号 Changyan IV	黔辣 8 号 Qianla VIII	辣研 201 Layan 201
66	2-异硫氰酸根合-N-甲基-N-[2-反式-[1-四氢吡咯]-苯乙胺]	Benzeneethanamine, 2-isothiocyanato-N-methyl-N-[2. trans-[1-tetrahydropyrrolidino]	C ₂₀ H ₂₉ N ₃ S	—	—	0.20	—
67	N-甲基-N-[4-(1-吡咯基)-2-丁炔基]-氨基乙酰胺	Aminoacetamide, N-methyl-N-[4-(1-pyrrolidinyl)-2-butynyl]-	C ₁₁ H ₁₉ N ₃ O	—	0.19	—	0.90
68	N-甲基-N-[4-[4-氟-1-六氢吡啶基]-2-丁炔基]-乙酰胺	Acetamide, N-methyl-N-[4[4-fluoro-1-hexahydropyridyl]-2-butynyl]	C ₁₂ H ₁₉ FN ₂ O	—	1.14	—	—
69	N-甲基-N-[4-(3-羟基吡咯烷基)-2-丁炔基]-乙酰胺	Acetamide, N-methyl-N-[4(3-hydroxypyrrolidinyl)-2-butynyl]-	C ₁₁ H ₁₈ N ₂ O ₂	—	0.25	5.26	0.42
70	N-甲基-N-[4-(1-吡咯基)-2-丁炔基]-叔丁氧基甲酰胺	Tertbutyloxyformamide, N-methyl-N-[4-(1-pyrrolidinyl)-2-butynyl]-	C ₁₄ H ₂₄ N ₂ O ₂	—	—	1.16	0.74
71	3-羟基-4-甲基-1-(1,2,5-三甲基哌啶-4-基)-1,7-二氢-吡唑[3,4-b]吡啶-6-酮	Pyrazolo[3,4-b]pyridin-6-one, 3-hydroxy-4-methyl-1-(1,2,5-trimethylpiperidin-4-yl)-1,7-dihydro-	C ₁₅ H ₂₂ N ₄ O ₂	—	0.98	—	—
72	灯台碱	Echitamine	C ₂₂ H ₂₉ N ₂ O ₄	—	0.53	—	—

表 2 辣椒品种挥发性成分的种类及相对含量分析

Table 2 Analysis of the types and relative content of volatile components of pepper varieties

类别 Category	常艳 5 号 Changyan V		常艳 4 号 Changyan IV		黔辣 8 号 Qianla VIII		辣研 201 Layan 201	
	数量 Quantity 个	相对含量 Relative content // %	数量 Quantity 个	相对含量 Relative content // %	数量 Quantity 个	相对含量 Relative content // %	数量 Quantity 个	相对含量 Relative content // %
烷烃 Alkane	1	1.02	1	2.00	2	2.23	0	0
醇 Alcohol	1	0.35	3	6.53	3	5.85	1	2.08
醛 Aldehyde	4	37.91	2	5.71	3	13.03	2	4.84
酮 Ketone	1	4.27	4	7.67	3	15.24	3	5.32
酸 Acid	0	0	3	3.44	2	3.58	2	0.94
酚 Phenol	1	16.21	2	20.62	2	10.38	1	1.40
酯 Ester	6	24.07	6	7.94	7	7.61	8	20.61
巴龙霉素 Paromomycin	1	1.52	1	12.91	1	7.96	1	15.03
糖苷 Glycosides	1	1.61	0	0	1	2.39	1	0.9
呋喃糖 Furanose	0	0	1	0.40	0	0	0	0
吡喃糖 Pyranose	0	0	1	8.42	1	4.49	0	0
甘露糖 Mannose	1	0.87	0	0	0	0	0	0
哒嗪 Pyridazines	0	0	1	1.03	0	0	2	0.22
胺 Amine	0	0	4	2.76	5	8.86	5	3.46
咪唑 Imidazole	0	0	1	1.07	1	0.34	1	1.66
泛素 Ubiquitin	1	0.95	1	1.24	1	1.92	1	1.01
灯台碱 Scholaricine	0	0	1	0.53	0	0	0	0
肟 Oxime	0	0	1	2.15	1	1.42	1	0.67
唑啉 Oxazoline		0		0		0		11.22
吡啶 Acridines	1	0.70	1	0.29	0	0	0	0
吗啉 Morpholine	0	0	0	0	1	6.06	0	0
木腈 Wood nitrile	1	9.39	1	11.12	1	4.91	1	21.73
合计 Total	20	98.87	35	95.83	35	96.27	31	91.09

2.2 辣椒品种挥发性成分主成分分析 由表 2 可知,4 种辣椒的挥发性成分含量数据离散,通过 SPSS 23.0 软件对辣椒挥发性成分及其含量进行 PCA,得到特征值和贡献率见表 3。由表 3 可知,第 1 主成分的贡献率为 45.55%,第 2 主成分的贡献率为 30.43%,第 3 主成分的贡献率为 24.02%,3 个主成分的累计贡献率达到 100%,可反映样品的整体信息,故取这 3 个主成分作为数据分析的有效成分。各特征向量挥发性成分相对含量数据再通过 SPSS 23.0 软件标准化后,各主成分

得分见表 4。由表 4 可知,主成分综合评价中,黔辣 8 号最高,常艳 4 号挥发性成分的综合得分次之。

3 结论

该研究基于 GC-MS 分析辣椒种子挥发性成分,结果发现,常艳 5 号、常艳 4 号、黔辣 8 号和辣研 201 分别检测出 20、35、35 和 31 种挥发性成分。4 种辣椒品种具有 6 种相同的挥发性成分,分别为巴龙霉素、(5 β)-孕烯-3,20 β -二醇、14 α ,18 α -[4-甲基-3-氧代-(1-氧代-4-氮杂丁基-1,4-二基)]-

表 3 主成分的特征值及其贡献率

Table 3 The eigenvalues of the principal components and their contribution rate

主成分 Main ingredient	特征值 Characteristic value	贡献率 Contribution rate//%	累计贡献率 Cumulative contribution rate//%
1	9.57	45.55	45.55
2	6.39	30.43	75.98
3	5.04	24.02	100

表 4 辣椒挥发性成分主成分得分和综合得分

Table 4 Principal component scores and comprehensive scores of volatile components in pepper

品种 Variety	主成分 1 Ingredient 1	主成分 2 Ingredient 2	主成分 3 Ingredient 3	合计 Total
常艳 5 号 Changyan V	-0.41	-0.17	-0.25	-0.83
常艳 4 号 Changyan IV	-0.04	0.45	-0.01	0.40
黔辣 8 号 Qianla VIII	0.65	-0.13	-0.06	0.46
辣研 201 Layan 201	-0.20	-0.15	0.32	-0.03

二乙酸酯、四乙酰基-d-木腈、2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲
基-4H-吡喃-4-酮、2-肉豆蔻泛素和 2,4-二叔丁基苯酚。
从物质的类别上来看,常艳 5 号醛类物质占 37.91%,酯类物
质占 24.07%,酚类物质占 16.21%;常艳 4 号酚类物质占
20.62%,巴龙霉素占 12.91%,四乙酰基-d-木腈占 11.21%;黔
辣 8 号中酮类物质占 15.24%,胺类物质占 8.86%,醛类物质
占 13.03%;辣研 201 中四乙酰基-d-木腈占 21.73%,酯类物
质占 20.61%,巴龙霉素占 15.03%。4 种辣椒挥发性物质种类
和含量存在明显差异,通过主成分分析可以找出辣椒特征挥

发性物质并区分不同品种的辣椒,为辣椒品种的鉴别提供方
法参考。

参考文献

- [1] 杜勃峰,李达,肖仕芸,等.基于 HS-SPME-GC-MS 及主成分分析综合评价贵州典型辣椒品种香气品质[J].食品研究与开发,2019,40(7):149-155.
- [2] 冯华,王祥培,王世俊,等.辣椒药材的 HPLC 指纹图谱建立及聚类分析和主成分分析[J].中国药房,2019,30(8):1078-1082.
- [3] 刘淑梅,张煜,孔维国,等.色素辣椒种子可溶性糖及可溶性蛋白含量的测定分析[J].山东农业科学,2009,41(10):32-34.
- [4] 宋江峰,李大靖,刘春泉,等.甜糯玉米软罐头主要挥发性物质主成分分析和聚类分析[J].中国农业科学,2010,43(10):2122-2131.
- [5] 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.
- [6] 邹学校,马艳青,戴雄泽,等.辣椒在中国的传播与产业发展[J].园艺学报,2020,47(9):1715-1726.
- [7] 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.
- [8] MATERSKA M, PERUCKA I. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2005, 53(5): 1750-1756.
- [9] MIRMANTO, SYAHRUL, SULISTYOWATI E 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.
- [10] MAHATTANATAWEE K, ROUSEFF R L. Comparison of aroma active and sulfur volatiles in three fragrant rice cultivars using GC-Olfactometry and GC-PPPD [J]. Food chemistry, 2014, 154: 1-6.
- [11] JORGE N, VERONEZI C M, PEREIRA D C. Extracts of red peppers: Antioxidant activity and sensory evaluation [J]. Nutrition & food science, 2016, 46(2): 228-236.
- [12] SUN T, XU Z, WU C T, et al. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.) [J]. Journal of food science, 2007, 72(2): S98-S102.
- [13] SHIN Y H, KIM J M, PARK K. The effect of capsaicin on salivary gland dysfunction [J]. Molecules, 2016, 21(7): 835-845.
- [14] 范赛,邹建宏,苗虹,等.液相色谱-三级质谱法分析尿液中 β_2 -受体激动剂及 β -受体阻断剂多组分残留[J].分析化学,2011,39(8):1153-1158.
- [15] 王国民,彭涛,陈冬东,等.两种 SPE 净化测定克伦特罗等 β_2 -受体激动剂的基质效应[J].检验检疫学报,2011,21(3):16-19.
- [16] 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.动物源性食品中多种 β -受体激动剂残留量的测定 液相色谱串联质谱法:GB/T 22286—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [17] 韩婉清,吴楚森,吴玉鑫,等.超高效液相色谱-串联质谱测定动物肌肉组织中 32 种 β -激动剂、 β -阻滞剂和糖肽类抗生素药物残留[J].分析化学,2016,44(2):289-296.
- [18] 申利.高效液相色谱-串联质谱法同时筛查人尿中 40 种世界反兴奋剂机构禁用药物[J].体育科学,2015,35(5):66-70.
- [19] 向平,沈敏,卓先义.液相色谱-质谱分析中的基质效应[J].分析测试学报,2009,28(6):753-756.
- [20] 王立琦,曾振灵,束建花,等.液相色谱-电喷雾串联质谱测定猪组织中 β -兴奋剂残留的基质效应[J].分析化学,2012,40(9):1445-1449.
- [21] 周悦榕,李丹妮,吴剑平,等.超高效液相色谱-电喷雾电离-串联质谱法测定猪粪便中 6 种抗生素残留的基质效应研究[J].分析测试学报,2017,36(8):1010-1017.

(上接第 171 页)

- [5] 王硕,李细芬,生威,等.增强化学发光酶免疫法对猪肉中盐酸克伦特罗的检测[J].分析测试学报,2010,29(3):215-219.
- [6] LIU B M, YAN H Y, QIAO F X, et al. Determination of clenbuterol in porcine tissues using solid-phase extraction combined with ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction and HPLC-UV detection [J]. Journal of chromatography B, 2011, 879(1): 90-94.
- [7] 王培龙,范理,苏晓鸥,等.分子印迹固相萃取-气相色谱-质谱法测定猪尿中 4 种 β -受体激动剂[J].分析化学,2012,40(3):470-473.
- [8] 潘艳坤,张兰,杨益林,等.高效液相色谱-串联质谱法测定猪肉中 9 种 β_2 -受体激动剂残留量[J].理化检验(化学分册),2015,51(3):360-364.
- [9] YIN Z Q, CHAI T T, MU P Q, et al. Multi-residue determination of 210 drugs in pork by ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of chromatography A, 2016, 1463: 49-59.
- [10] 罗辉泰,黄晓兰,吴惠勤,等.分散固相萃取-同位素稀释-高效液相色谱-串联质谱法同时测定猪肉中 26 种 β -受体激动剂[J].色谱,2016,34(5):481-489.
- [11] 刘敏,刘戎,王立琦,等.猪肝中 β -受体激动剂多残留的样品前处理方法比较及同时检测[J].分析测试学报,2012,31(3):290-295.