DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.14.028

两种羊角脆营养品质及挥发性成分分析

鹿浩志,赵丛枝,宋立彦,王向红*
(河北农业大学 食品科技学院,河北 保定 071000)

摘　要:为探究两种羊角脆果实的营养品质及挥发性成分差异,测定相同成熟度的大羊角和博洋61两个品种羊角脆果实的硬度及还原糖、可溶性固形物、维生素C含量,并采用顶空固相微萃取(headspace solid phase microextraction,HS-SPME)结合气相色谱与质谱联用技术(gas chromatography-mass spectrometry,GC-MS)对两个品种羊角脆果实的挥发性成分进行鉴定和比较。结果表明,两个品种的羊角脆的质地及营养品质有一定的差异,两个品种的羊角脆中共检测出31种挥发性成分,其中15种成分为二者共有,相对含量较高的成分有乙酸苯丙脂、3-甲硫基丙醇乙酸酯、乙酸己酯、乙酸苯乙酯、蘑菇醇等,二者挥发性成分种类和相对含量均有一定的差异。

关键词:羊角脆;营养品质;顶空-固相微萃取(HS-SPME);挥发性成分;气相色谱/质谱联用技术

Analysis of the Nutritional Quality and Volatile Components of Two Kinds of Yangjiaocui

LU Hao-zhi, ZHAO Cong-zhi, SONG Li-yan, WANG Xiang-hong*
(College of Food Science and Technology, Hebei Agriculture University, Baoding 071000, Hebei, China)

Abstract: In order to investigate the differences in nutritional quality and volatile components of two kinds of Yangjiaocui (Cucumis melo), the hardness and reducing sugar, soluble solids and vitamin C content of the two mature cultivars of Dayangjiao and Boyang 61 were determined, headspace solid phase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) was employed for the same maturity of the Dayangjiao and Boyang 61 two varieties of Yangjiaocui to analysis and comparison. The results showed that there were some differences in the texture and nutritional quality of two kinds of Yangjiaocui, 31 volatile components were identified, and 15 kinds of these were common to Yangjiaocui. Among all the volatile components, phenylpropionate, 3-methylthiopropanol acetate, hexyl acetate, phenylethyl acetate, 1-Octen-3-ol showed higher relative contents. Certain differences were found in relative contents and variety of volatile components.

Key words: Yangjiaocui; nutritional quality; headspace solid phase microextraction (HS-SPME); volatile components; gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS)

引文格式:
鹿浩志,赵丛枝,宋立彦,等.两种羊角脆营养品质及挥发性成分分析[J].食品研究与开发,2020,41(14):177-182
LU Haozhi, ZHAO Congzhi, SONG Liyan, et al. Analysis of the Nutritional Quality and Volatile Components of Two Kinds of Yangjiaocui[J]. Food Research and Development,2020,41(14):177-182

羊角脆是葫芦科甜瓜属一年生蔓性草本植物[1],果实一头大而圆扁,一头小而尖细,呈长锥型,因瓜型酷似羊角,故名羊角脆[2-3]。羊角脆均果长30 cm左右,单果重500 g~1 000 g,果皮呈灰绿色或青绿色,果肉呈嫩绿色,厚2 cm左右,质地清脆,香甜多汁[4]。羊角脆是河北青县特色农产品,是具有重要价值的经济作物,青县位于河北沧州市北部,温带半湿润大陆性季风气候使得青县四季分明并且光照充足,青县土地肥厚,以潮土层为主且略带腌渍化,地理气候土壤等因素决

基金项目:河北省现代农业产业技术体系蔬菜产业创新团队(HBCT2018030208)
作者简介:鹿浩志(1994—),男(汉),硕士,研究方向:食品化学。
*通信作者:王向红(1973—),女(汉),教授,博士,研究方向:食品营养与安全。

定了青县羊角脆的独特品质[2]。

挥发性成分是评价果品风味品质、区分果品品种的一个重要评价指标[5]，是影响果品食用和深加工的重要因素，进而影响着果品的应用价值[6]。果品的芳香物质主要包括酯类、醇类、醛类、酮类、含硫化合物和挥发性萜类物质[7]。顶空固相微萃取法分析样品的挥发性成分，近年来已经广泛应用于新鲜水果、植物天然物质、中草药等有效成分的分析检测[8-9]。Chen 等采用顶空固相微萃取气质联用结合电子鼻技术在 10 种鲜枣中共鉴定出 51 种挥发性成分[10]。张娜等采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术，分析“玉金香”甜瓜常温贮藏过程中挥发性成分构成的变化，共检测出 71 种挥发性成分[11]。张容鹄等采用顶空固相微萃取气质联用技术在西州蜜 25 号甜瓜中共检测到 54 种挥发性成分[12]。V Giannetti 等采用顶空固相微萃取气质联用技术对意大利东北部 42 个品种的苹果中检测到 118 种挥发性成分[13]。Mayane P 等采用顶空固相微萃取气质联用技术在巴西水果 Pitomba 中鉴定出 27 中挥发性成分[14]。近年来，对羊角脆的研究主要集中在果品采前高产栽培技术[15]及病情防治[16]等方面，对于甜瓜属的羊角脆挥发性成分的研究相对较少，羊角脆的挥发性成分代表了其独特的感官特征，使其在众多品种的甜瓜中脱颖而出，深受广大消费者的喜爱，因此针对羊角脆挥发性成分的研究显得十分必要。

本文首先测定了河北青县具有代表性的两种不同品种羊角脆——“大羊角”和“博洋 61”的硬度及还原糖、可溶性固形物、维生素 C 含量，并采用顶空-固相微萃取（headspace solid phase microextraction，HS-SPME）法分别对大羊角和博洋 61 两种不同品种的羊角脆的挥发性成分进行萃取，以气相色谱与质谱联用（gas chromatography-mass spectrometry，GC-MS）技术对羊角脆的挥发性成分进行分析鉴定，通过对两个品种的羊角脆挥发性成分进行分析比较，初步确定了大羊角和博洋 61 两个品种羊角脆的主要挥发性成分。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜羊角脆，分为大羊角和博洋 61 两个品种，产地河北青县，于 2018 年 5 月份成熟并采摘。

1.2 器与设备

榨汁机（QSJ-A01C1）：佛山市小熊电器有限公司；电热恒温水浴锅（HW-SY21-K）：北京市长风仪器有限公司；气相色谱质谱联用仪（5977A-5975C）：美国安捷伦公司；样品萃取瓶、手动固相微萃取进样器：美国 Supelco 公司。

1.3 方法

1.3.1 羊角脆理化指标测定

1.3.1.1 硬度测定

采用陈存坤等[17]的方法，使用质构仪测定大羊角和博洋 61 两种不同品种的羊角脆的硬度大小。

1.3.1.2 可溶性固形物含量测定

采用李晓芳等的方法[18]测定大羊角和博洋 61 两种不同品种的羊角脆的可溶性固形物含量。

1.3.1.3 还原糖含量测定

采用 3,5-二硝基水杨酸法[19]测定大羊角和博洋 61 两种不同品种的羊角脆的还原糖含量。

1.3.1.4 维生素 C 含量测定

采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法[20]测定大羊角和博洋 61 两种不同品种的羊角脆的维生素 C 含量。

1.3.2 羊角脆挥发性香气成分测定

1.3.2.1 样品前处理

样品选择无病害、相同成熟度的新鲜羊角脆，选取质地均一的大羊角和博洋 61 果实各 3 个，洗净后去籽榨汁并用纱布过滤，取过滤后的汁液置于-20 ℃冰箱备用。

1.3.2.2 羊角脆挥发性香气成分萃取

萃取头老化：萃取头使用之前按照说明书，将不同萃取头于 250 ℃的温度下，老化 80 min，以去除杂质，直至无干扰杂峰出现。

取果汁 8 mL 置于 20 mL 样品萃取瓶中，加入氯化钠使其质量浓度为 0.3 g/mL，置于 40 ℃水浴锅中平衡 20 min。将固相微萃取器的萃取头通过瓶盖隔垫插入样品萃取瓶的顶空，推出吸附头使其暴露于萃取瓶顶空蒸汽中进行萃取 40 min 后将萃取头插入气相色谱仪的进样口，推出纤维头热解析 3 min，同时启动气相色谱仪采集数据。

1.3.2.3 色谱条件

色谱柱：HP-INNOWAX 毛细管柱（60 m×0.25 mm×0.25 μm）；升温程序：首先以 40 ℃保持 2 min，以 4 ℃/min 升至 75 ℃，以 1 ℃/min 升至 80 ℃，再以 10 ℃/min 升温至 230 ℃，保持 3 min；载气：He；流速 1.0 mL/min；进样器温度 250 ℃；检测器温度 250 ℃，无分流进样。

1.3.2.4 质谱条件

电子轰击（electron ionization，EI）离子源；电子能量 70 eV；接口温度：250 ℃；质量扫描范围：m/z 15~500。

1.3.2.5 数据处理与质谱检索

采用气质联用仪中的 NIST14 谱库，自动检索分析组分的质谱数据，并对全部检索结果参考有关标准图

谱和相关文献进行核对和补充,采用色谱峰面积归一化法,计算各组分的相对百分含量。

2　结果与分析

2.1　两种羊角脆品质特征分析

两种羊角脆的品质特征评价指标见表 1。

表 1　两种羊角脆的品质特征

Table 1　Quality characteristics of two kinds of Yangjiaocui

品种	硬度/N	可溶性固形物/%	还原糖/%	维生素 C/（mg/100 g）
大羊角	34.63±3.21	8.88±1.32	2.31±0.01	18.46±0.48
博洋 61	21.04±0.73	6.84±0.76	2.60±0.01	19.82±0.32

本研究测定了两种羊角脆的硬度大小和可溶性固形物、还原糖、维生素 C 含量,这些指标决定了羊角脆独特的口感和营养价值。由表 1 可知，大羊角和博洋 61 体现出了品种之间的差异，大羊角比博洋 61 的质地较为坚硬,硬度和可溶性固形物含量均高于博洋 61，而博洋 61 的还原糖含量及维生素 C 含量均高于大羊角,体现了较好的营养价值,与其他水果相比两种羊角脆的维生素 C 含量高于苹果(9.25 mg/100 g)和西瓜(6 mg/100 g)[21],因此可作为消费者购买水果的新选择。

2.2　两种羊角脆挥发性成分对比分析

大羊角挥发性成分的总离子流出图如图 1 所示,色谱图峰形较尖较窄,说明该条件对挥发性成分萃取效果较好。

博洋 61 的挥发性成分总离子流出图如图 2 所示,色谱图峰形较尖较窄,说明该条件对挥发性成分萃取效果较好。

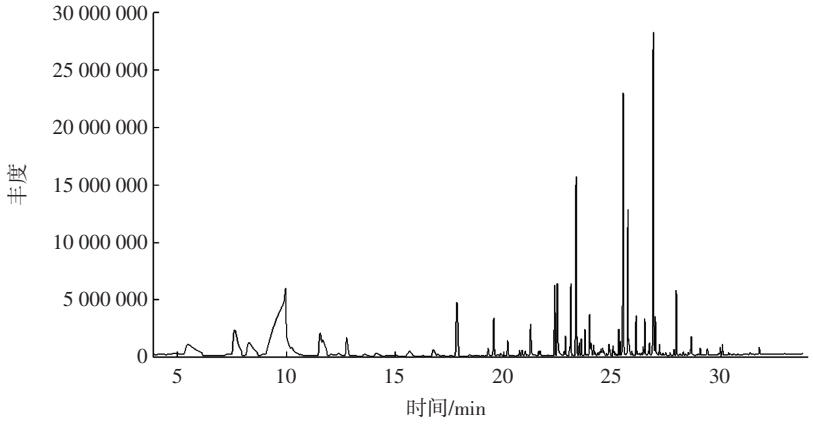


图 1　GC–MS 测定大羊角挥发性成分色谱流出图

Fig.1　GC–MS determination of volatile components in Dayangjiao chromatograms

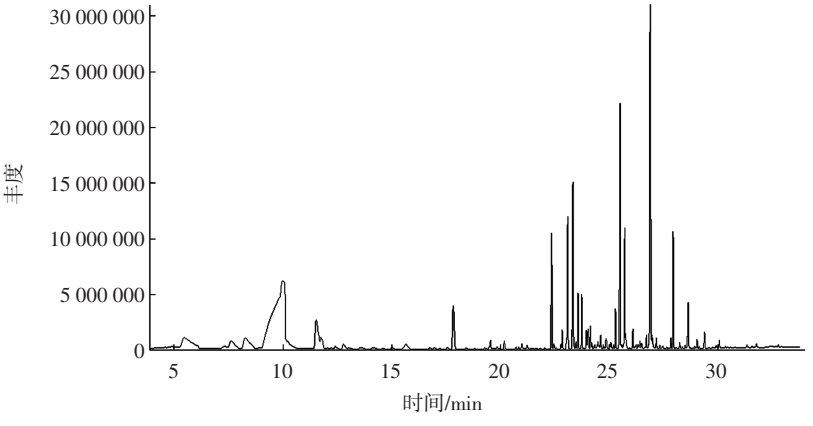


图 2　GC–MS 测定博洋 61 挥发性成分色谱流出图

Fig.2　GC–MS determination of volatile components in Boyang 61 chromatograms

通过 GC–MS 鉴定了两个品种羊角脆挥发性成分特征及相对含量见表 2。

由表 2 可知,经 GC–MS 检索与谱库对照筛选,初步分析鉴别了大羊角的主要挥发性成分,共鉴别出大羊角挥发性成分 27 种,主要包括酯类(13 种),醇类(8种),醛类(4 种),酮类(1 种),醚类(1 种)。在鉴别出

表 2 两个品种羊角脆挥发性成分特征及相对含量

Table 2 Characteristics and relative content of aroma components of two varieties of Yangjiaocui

项目	序号	香气成分	挥发性成分特征	CAS 号	相似度		相对含量/%	
					大羊角	博洋 61	大羊角	博洋 61
酯类	1	乙酸苯甲酯	茉莉、铃兰花香、粉香、水果香	000140-11-4	96	96	24.20	29.12
	2	3-甲硫基丙醇乙酸酯		1000367-07-8	96	96	22.33	17.24
	3	乙酸己酯	清香、甜香	000142-92-7	90	90	9.07	6.39
	4	乙酸异丁酯	甜果香(红醋栗、梨)、苹果香、香蕉香、花香(风信子、玫瑰)	000110-19-0	83	–	7.94	–
	5	乙酸苯乙酯	果香、花香、蜜糖、热带水果香气	000103-45-7	90	90	3.70	5.96
	6	2,3-丁二醇二乙酸酯		001114-92-7	90	83	1.54	11.20
	7	2-甲基丁基乙酸酯	香蕉味、酯香、甜香	000624-41-9	–	83	–	10.08
	8	1,3-丁二醇二乙酸酯		001117-31-3	90	91	1.42	1.90
	9	乙酸壬酯	果香、蜡香、热带水果香	000143-13-5	91	–	1.05	–
	10	1,2-丙二醇二乙酸酯		000623-84-7	83	–	1.03	–
	11	4-己烯-1-醇乙酸酯		072237-36-6	90	–	0.91	–
	12	1-辛烯-3-醇乙酸酯	青香、泥土香、果香、薰衣草香	002442-10-6	91	–	0.48	–
	13	乙酸庚酯	玫瑰香梨的香气	000112-06-1	91	–	0.47	–
	14	乙二醇二醋酸酯		000111-55-7	–	83	–	1.17
	15	乙酸苯丙基酯		000122-72-5	–	90	–	1.03
	16	(Z)-壬-3-烯-1-基丙基酯		1000372-80-4	91	–	0.98	–
醇类	17	蘑菇醇	蘑菇香、清香、蔬菜香及油腻	003391-86-4	90	90	4.61	6.87
	18	3,6-亚壬基-1 醇		056805-23-3	90	–	2.54	–
	19	顺-3-壬烯-1-醇		010340-23-5	98	96	2.39	1.07
	20	反-6-壬烯-1-醇	青香、蜡香、甜瓜香	031502-19-9	97	–	2.23	–
	21	苯甲醇	甜果香、花香	000100-51-6	97	97	1.67	3.07
	22	正己醇	清香、果香、醇香、甜香、醚香	000111-27-3	90	90	1.36	0.64
	23	反-3-己烯醇		000928-97-2	96	96	0.45	0.44
	24	苯乙醇	面包香、玫瑰花香	000060-12-8	95	97	0.39	0.46
	25	正辛醇	有刺激性芳香味	000111-87-5	–	91	–	0.33
醛类	26	壬醛	蜡香、柑橘香、脂肪香、花香	000124-19-6	91	–	2.93	–
	27	苯甲醛	苦杏仁、樱桃、坚果香气	000100-52-7	96	97	2.79	1.06
	28	反式-2-己烯醛	清香、醛香、果香、辛香、脂肪香	006728-26-3	92	96	1.99	1.65
	29	庚二烯醛	清香、醛香、鸡肉香气	004313-03-5	93	97	0.35	0.30
酮类	30	β-紫罗酮	水果香、木香、紫罗兰香、清香、浆果香	000079-77-6	95	–	0.67	–
醚类	31	丁香酚苯乙醚		000501-19-9	98	–	0.50	–

注：-代表该物质在该样品中未检测到。

的 27 种挥发性成分中，酯类含量最高，其相对含量为(75.12 %)，其次依次为醇类(15.65 %)，醛类(8.06 %)，酮类(0.67 %)，醚类(0.50 %)。酯类物质主要为：乙酸苯甲酯(24.20 %)，3-甲硫基丙醇乙酸酯(22.33 %)，乙酸己酯(9.07 %)，乙酸异丁酯(7.94 %)，乙酸苯乙酯(3.70 %).醇类物质主要为：蘑菇醇(4.61 %)，3,6-亚壬基-1 醇(2.54 %)，顺-3-壬烯-1-醇(2.39 %)，反-6-壬烯-1-醇(2.23 %)，苯甲醇(1.67 %)，正己醇(1.36 %)。醛类物质主要为：壬醛(2.93 %)，苯甲醛(2.79 %)，反式-2-己烯醛(1.99 %)。

经 GC-MS 检索与谱库对照筛选，初步分析鉴别了博洋 61 的主要挥发性成分，共鉴别出博洋 61 挥发

性成分 19 种，主要包括酯类（9 种），醇类（7 种），醛类（3 种）在鉴别出的 27 种挥发性香气成分中，酯类含量最高，其相对含量为 84.10 %，其次依次为醇类（12.89 %），醛类（3.01 %）。酯类物质主要为：乙酸苯甲酯（29.12 %），3-甲硫基丙醇乙酸酯（17.24 %），2，3-丁二醇二乙酸酯（11.20 %），2-甲基丁基乙酸酯（10.08 %），乙酸己酯（6.39 %），乙酸苯乙酯（5.96 %）。醇类物质主要为：蘑菇醇（6.87 %），苯甲醇（3.07 %），顺-3-壬烯-1-醇（1.07 %）。醛类物质主要为：反式-2-己烯醛（1.65 %），苯甲醛（1.06 %），庚二烯醛（0.30 %）。

综合比较两个品种羊角脆的挥发性成分可知，大羊角和博洋 61 挥发性成分共 31 种，主要包括 16 种酯类物质，9 种醇类物质，4 种醛类物质，1 种酮类物质，1 种醚类物质。其中大羊角 27 种，博洋 61 挥发性成分 19 种，共有成分 15 种，从挥发性成分的数量上来看，大羊角明显高于博洋 61。

两个品种羊角脆挥发性物质成分类别见表 3。

表 3　两个品种羊角脆挥发性物质成分类别

Table 3　The volatile compound categories of two varieties of Yangjiaocui

挥发性成分种类	化合物数量		相对含量/%	
	大羊角	博洋 61	大羊角	博洋 61
酯类	13	9	75.12	84.10
醇类	8	7	15.65	12.89
醛类	4	3	8.06	3.01
酮类	1	–	0.67	–
醚类	1	–	0.50	–
合计	27	19	100	100

注：-代表该物质在该样品中未检测到。

两种品种的羊角脆主要挥发性化合物种类有一定的差异，大羊角和博洋 61 挥发性成分主要是酯类、醇类和醛类，大羊角各类别挥发性物质的相对含量大小为：酯类>醇类>醛类>其他类>酮类>醚类；博洋 61 各类别挥发性物质的相对含量大小为：酯类>醇类>醛类，由此可以说明，不同品种的羊角脆中挥发性物质的组成及相对含量均有一定的差异。

酯类是瓜果挥发性成分中的主要成分，在两个品种的羊角脆中，酯类的相对含量最高，其中乙酸苯甲酯、3-甲硫基丙醇乙酸酯、乙酸己酯、乙酸苯乙酯是两个品种羊角脆中的共有挥发性成分，具有清香、甜香和水果香的特征。乙酸异丁酯在大羊角中检出而未在博洋 61 中检测到，且相对含量较高，具有甜果香和花香的特征，因此可初步确定为大羊角的特征挥发性成分。2-甲基丁基乙酸酯在博洋 61 中被检测出而未在大羊角中检测到，且相对含量较高，具有香蕉味、酯香和甜香的特征，因此可初步确定为大羊角的特征挥发性成分。

醇类是瓜果挥发性成分中的重要成分，在两个品种的羊角脆中，醇类的相对含量较高，其中蘑菇醇、顺-3-壬烯-1-醇、苯甲醇、正己醇是两个品种羊角脆中的共有挥发性成分、具有蘑菇香、清香、蔬菜香、甜瓜香的特征。3，6-亚壬基-1 醇和反-6-壬烯-1-醇在大羊角中被检测出而未在博洋 61 中检测到，且相对含量较高，具有青香、蜡香和甜瓜香的特征，因此可初步确定为大羊角的特征挥发性成分。正辛醇在博洋 61 中被检测出而未在大羊角中检测到，具有刺激性芳香味，可初步确定为博洋 61 的特征挥发性成分。

大部分醛类挥发性物质的风味阈值相对较低，在两个品种的羊角脆中醛类的相对含量较小，分别占大羊角的 8.06 %和博洋 61 的 3.01 %，且两个品种的羊角脆中醛类挥发性成分的种类较少并无明显差异，因此醛类对羊角脆整体挥发性成分贡献较小。

除了酯类、醇类和醛类挥发性成分，在大羊角中还检测到了微量的酮类物质 β-紫罗酮和醚类物质丁香酚苯乙醚，也可初步确定为区别于博洋 61 的挥发性成分。

3　结论与讨论

羊角脆的质地和营养品质及挥发性成分构成了羊角脆独特的口感风味。挥发性成分代表着不同甜瓜品种的独特性，是不同甜瓜品种特殊的“感官名片”，不同品种的甜瓜挥发性成分存在着一定的差异。本研究测定了两个品种羊角脆的硬度大小及可溶性固形物、还原糖、维生素 C 含量，显示出了大羊角和博洋 61 在质地及营养品质方面的差异。采用顶空固相微萃取方法萃取两个品种羊角脆的挥发性成分，在此萃取条件下共鉴定出 31 种羊角脆挥发性成分，且峰形较好，较适合对羊角脆香气成分的萃取。这些成分共同构成羊角脆的风味品质，其中相对含量较高的乙酸苯甲酯、3-甲硫基丙醇乙酸酯、乙酸己酯、乙酸苯乙酯、蘑菇醇、顺-3-壬烯-1-醇、苯甲醇、正己醇被初步确认为两个品种羊角脆共有的挥发性成分；乙酸异丁酯、3，6-亚壬基-1 醇和反-6-壬烯-1-醇、β-紫罗酮和丁香酚苯乙醚，可初步确定大羊角的特征挥发性成分；2-甲基丁基乙酸酯、正辛醇可初步确定博洋 61 的特征挥发性成分。本研究初步显示出了品种对羊角脆挥发性成分的影响，为羊角脆挥发性成分鉴别提供了试验依据。

参考文献：

[1] 张悦凯, 戚正华, 胡佳丽, 等. SPME-GC-MS 法分析中甜 2 号甜瓜香气成分[J]. 浙江农业科学, 2013, 54(5): 538-540

[2] 黄浩, 曹立华. 河北青县大棚羊角脆生产绿色防控技术[J]. 基层农技推广, 2016, 4(7): 118-120

[3] 曹立华, 宋立彦. 大棚羊角脆甜瓜一大茬栽培技术[J]. 西北园艺(蔬菜), 2016(2): 21-23

[4] 刘永慧. '羊角蜜'甜瓜大棚高产栽培技术[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(3): 50-52

[5] 赵光伟, 徐志红, 孔维虎, 等. 3 个甜瓜品种果实香气成分的 HS-SPEM/GC-MS 比较分析[J]. 果树学报, 2015, 32(2): 259-266

[6] 张晓瑜, 吴广臣, 王良, 等. 固相微萃取-气质联用分析 "大石早生"李香气成分[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 178-181

[7] 周莉, 刘莉, 刘翔, 等. 不同变种甜瓜果实成熟性状及其香气成分的多样性分析[J]. 华北农学报, 2013, 28(3): 102-108

[8] 李国生, 焦自高, 陈子雷, 等. 不同厚皮甜瓜品种成熟果实香气成分的 GC-MS 分析[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 591-597

[9] Sabbatini A, Jurnatan Y, Fraatz M A, et al. Aroma characterization of a wild plant (*Sanguisorba albanica*) from Kosovo using multiple headspace solid phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry[J]. Food Research International, 2019, 120: 514-522

[10] Chen Q Q, Song J X, Bi J F, et al. Characterization of volatile profile from ten different varieties of Chinese jujubes by HS-SPME/GC-MS coupled with E-nose[J]. Food Research International, 2018, 105: 605-615

[11] 张娜, 蒋玉梅, 李雯昕, 等. "玉金香"甜瓜常温贮藏期间香气构成变化分析[J]. 食品科学, 2014, 35(16): 96-100

[12] 张容鹄, 邓浩, 梁振深, 等. HS-SPME-GC-MS 法分析西州蜜 25 号甜瓜贮藏中的香气成分[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 98-105

[13] Giannetti V, Boccacci Mariani M, Mannino P, et al. Volatile fraction analysis by HS-SPME/GC-MS and chemometric modeling for traceability of apples cultivated in the Northeast Italy[J]. Food Control, 2017, 78: 215-221

[14] de Souza M P, Bataglion G A, da Silva F M A, et al. Phenolic and aroma compositions of pitomba fruit (*Talisia esculenta* Radlk.) assessed by LC-MS/MS and HS-SPME/GC-MS[J]. Food Research International, 2016, 83: 87-94

[15] 王培全, 宋立彦, 王娟, 等. 青县大棚羊角脆甜瓜高产高效生产技术[J]. 中国农业信息, 2014(13): 37-38

[16] 张海剑, 索相敏. 青县羊角脆甜瓜腐烂病发生情况及防治对策[J]. 现代农村科技, 2016(11): 26

[17] 陈存坤, 高芙蓉, 薛文通, 等. 臭氧处理对新疆厚皮甜瓜贮藏品质和生理特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 215-220

[18] 李晓芳, 杨永岗, 张化生. 甜瓜叶柄可溶性固形物含量的变化[J]. 北方园艺, 2015(14): 31-34

[19] 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

[20] 康利允, 常高正, 高宁宁, 等. 不同氮、钾肥施用量对甜瓜产量和营养品质的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(8): 997-1005

[21] 高海荣,张洁,陈秀丽, 等. 10 种郑州市售水果维生素 C 含量分析[J].食品安全质量检测学报,2015,6(10): 4142-4146

收稿日期：2019-07-10

高举中国特色社会主义伟大旗帜，

为决胜全面小康社会实现中国梦而奋斗。