

马泡瓜与杂交后代果实挥发性成分比较分析



马宗新*

阜阳市农业科学院园艺研发中心, 安徽阜阳 236065

摘要: [目的]野生马泡瓜与栽培甜瓜杂交, 后代品种类型多样, 为了深入了解野生马泡瓜与栽培甜瓜杂交后代果实挥发性成分物质的组成区别, 为育种提供技术参考。[方法]采用 HPLC、GC-MS 等方法对野生马泡瓜、青马泡、黄马泡的果实中挥发性成分进行了分析。[结果]在这三种品种果实中分别鉴定出挥发性成分, 其中野生马泡瓜共有 46 种, 青马泡 92 种, 黄马泡 79 种化合物。挥发性物质主要成分为酯类、烯烃、醇、烷烃类、酰胺类。并且三种品种所含挥发性物质均不同。野生马泡瓜挥发物质角鲨烯是后代品种中所没有的。[结论]青马泡挥发性物质的总量最多, 黄马泡总量最少。野生马泡瓜果实中富含角鲨烯、柠檬烯成分, 是一种具有较高植物学利用价值的野生甜瓜育种资源, 并且可以作为甜瓜育种提供优良基因材料。

关键词: 马泡瓜; 栽培甜瓜; 杂交后代; 挥发性成分

DOI: 10.57237/j.jaf.2022.01.004

Comparative Analysis of Volatile Components in Fruits of Cucumis Melo L. and Its Hybrid Progeny

Ma Zongxin *

Horticulture Center, Fuyang Academy of Agricultural Sciences, Fuyang 236065, China

Abstract: [Objective] in order to understand the difference of volatile components in fruit of hybrid between wild melon and cultivated muskmelon, to provide technical reference for breeding. [Methods] the volatile components of wild cucumis melo L., Qingmapo and Huangmapo were analyzed by HPLC and GC-MS. [Results] the volatile compounds were identified in the fruits of these three cultivars, including 46 wild species, 92 species of Qingequao, and 79 species of Huangequao. The main volatile components are esters, olefins, alcohols, alkanes and amides. And the three varieties of volatile matter are different. Squalene, a volatile substance in wild cucumis melo, is not found in the progeny varieties. [Conclusion] the total amount of volatile substances in Qingmapo vesicle was the most, and that in Huangmapo vesicle was the least. The wild muskmelon fruit is rich in squalene and limonene, which is a kind of wild muskmelon breeding resource with high botanical value.

Keywords: *cucumis melo L. var. agrestis* Naud.; Cultivated Melon; Hybrid Progeny; Volatile Components

*通信作者: 马宗新, mzxism965@163.com

收稿日期: 2022-11-01; 接受日期: 2022-12-26; 在线出版日期: 2023-01-05

<http://www.agrforestry.com>

1 引言

目前，甜瓜果实中挥发性香气物质成分作为果实营养品质的重要指标之一，日益引起研究人员的重视[1-14]，目前，不同学者在甜瓜、草莓、桃、梨、苹果、猕猴桃等园艺作物上已有相关研究报道[1-3]。在甜瓜的香气成分的研究上，Pang Xueli [1-2]等使用 GC-MS-O 分析并且计算了 OAV。结果表明，已鉴定出 42 种挥发性物质，其中首次鉴定出或初步鉴定出碳酸二乙酯，异佛尔酮，乙酸 2-丁氧基乙基酯和薄荷醇等 4 种化合物。Mohamed Zarid, Mar á C 等[2]在不同气候条件下的两个季节，测定了 116 种挥发性有机物，其中 60 种物质随果实成熟度不同而不同。Shi Jianda [3]等分析了 39 个甜瓜品种的香气成分，发现各个不同品种各不相同。Emilio Senesi 等[4]在三个不同的成熟阶段（未成熟，成熟，过度成熟）测定了两个甜瓜品种检测到的主要风味成分是酯，从未成熟阶段到成熟阶段，其酯含量增加了 10-15 倍。某些种类的酯对于评估甜瓜的感官风味和整体食用质量非常重要。Emilio Senesi 等[5]研究认为乙酯可能是提高甜瓜风味的非常重要的化合物，并且可以被认为是优质香气的标志。赵光伟等[7]认为硫化物可能是甜瓜的特征香气主要成分之一。张悦凯等[8]发现甜瓜香气成分大致可分为酯、硫化物、醛类、酸类、酮类及其他种类化合物。郝璐瑜

等[9]认为酯类物质是果实香气的重要组成成分。周莉等[10]认为甜瓜香气物质主要是烯、烷、呋喃、醚、酸、萘、酚类等。王硕硕等[11]认为野生马泡瓜与甜瓜杂交的后代香气成分较为丰富，挥发性行物质有超亲优势；刘圆等[12]测了不同品种的甜瓜香气成分，结果表明不同甜瓜有共有成分和差异性物质。张少慧等[13]研究发现甜瓜品种香气成分差异较大，组成和含量各不相同。

2 材料与方法

2.1 试验材料

野生马泡瓜，采集地点安徽省阜阳市颍东区开发区辛桥，成熟期采摘。杂交品种青马泡、黄马泡，采集地点安徽省阜阳市农业科学院科技园内。

2.2 试验方法

测定方法参照赵光伟[7]、张悦凯[8]等的测定方法。采用 100ug 丁位辛内脂作为内标物。采用 NIST17.L 和自建数据库 I&D.L 检索分析。

3 结果与分析

3.1 三种甜瓜果实中挥发性香气成分组成

表 1 三种甜瓜果实中香气成分组成

英文名称	中文名称	青马泡	黄马泡	野马泡
Ethyl acetate (FEMA 2414; RT=4.25min)	乙酸乙酯	1484.3839	43.2137	206.7777
Isobutyl acetate	乙酸异丁酯	184.9061	7.8640	28.9504
Ethyl butyrate (FEMA 2427; RT=6.81)	丁酸乙酯	292.0070	13.1225	78.4899
Ethyl 2-methylbutyrate (FEMA 2443;RT=7.83)	2-甲基丁酸乙酯	332.4941	12.2459	57.9351
Ethyl caproate (FEMA 2439; RT=12.29min)	己酸乙酯	445.8862	18.5149	17.1476
Hexyl acetate (FEMA 2565;RT=12.72min)	乙酸己酯	397.4824	11.5152	15.4305
delta-Octalactone (FEMA 3214;SP-RT=25.72)	丁位辛内酯	10.0000	10.0000	10.0000
2-Methylbutyl acetate (FEMA 3644;RT=8.535)	乙酸 2-甲基丁酯	621.5258	19.4930	-
Acetic acid, pentyl ester	乙酸戊酯	84.4131	0.7681	-
Benzyl acetate (FEMA 2135;RT=19.88)	乙酸苄酯	12.3709	16.2136	-
Ethyl decanoate (FEMA 2432, RT=30.64min)	癸酸乙酯	12.1068	1.7286	-
2,3-Butanediol, diacetate	2,3-丁二醇双乙酸酯	47.9930	0.7700	-
S-Methyl 3-methylbutanethioate	S-甲基 3-甲基丁醇酯	3.2160	-	6.2792
Propanoic acid, ethyl ester	丙酸乙酯	-	8.3882	71.7979
Ethyl isobutyrate	异丁酸乙酯	72.6643	-	-
Acetic acid, butyl ester	丁基乙酸酯	526.9953	-	-
Ethyl 3,3-diethoxypropionate	3,3-二乙氧基丙酸乙酯	1.7195	-	-

英文名称	中文名称	青马泡	黄马泡	野马泡
Butanoic acid, 2-methylpropyl ester	丁酸 2-甲基丙酯	14.2547	-	-
3-(Methylthio)propyl acetate	3- (甲硫基) 乙酸丙酯	2.9460	-	-
2-Isobutoxyethyl propionate	异丁氧基丙酸乙酯	3.2570	-	-
Acetoxyacetic acid, hex-4-yn-3-yl ester	乙酰氧乙酸, 六-4-in-3-酯	2.3063	-	-
Hexyl butanoate (FEMA 2568; RT=21.22min)	丁酸己酯	17.9812	-	-
Ethyl octanoate (FEMA 2449; RT=21.46min)	辛酸乙酯	7.1068	-	-
Benzeneacetic acid, ethyl ester	苯乙酸乙酯	0.9918	-	-
1-Octyl acetate (FEMA 2806; RT=21.98min)	乙酸辛酯	86.1268	-	-
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	乙酸 2-苯乙酯	2.0423	-	-
Acetic acid, non-3-enyl ester, cis-	乙酸, 非-3-烯基酯, 顺式-	21.6491	-	-
Acetic acid, nonyl ester	乙酸壬酯	4.5129	-	-
Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	丙酸甲酯	1.4319	-	-
Butyric acid, dodecyl ester	丁酸, 十二烷基酯	3.7969	-	-
Butyric acid, 2-methyl-, tetradecyl ester	2-甲基丁酸十四酯	1.0329	-	-
Pentanoic acid, 3-methylbutyl ester	戊酸 3-甲基丁酯	0.3815	-	-
Hexyl hexoate (FEMA 2572;RT-SP=29.70;RT-RH=28.82)	己酸己酯	8.0223	-	-
2-methylbutyl hexanoate (RT=23.83min)	己酸 2-甲基丁酯	3.3275	-	-
n-Heptyl hexanoate	己酸正庚酯	0.6045	-	-
Hexanoic acid, dodecyl ester	己酸十二烷基酯	2.2124	-	-
(Z)-Ethyl pentadec-9-enoate	(Z) -戊二烯-9-烯酸乙酯	5.4754	-	-
Dodecanoic acid, ethyl ester	十二酸乙酯	1.0739	-	-
Di(Z)-hex-3-enyl phthalate	邻苯二甲酸二酯	1.2735	-	-
Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	2-甲基己基丁酸酯	1.2793	-	-
HEPTYL ACETATE	乙酸正庚酯	-	2.6273	-
1-tert-Butoxypropan-2-yl acetate	乙酸 1-叔丁氧基丙烷-2-酯	-	0.4325	-
Decyl acetate (FEMA 2367; RT-SP=31.31, RH=29.81min)	乙酸癸酯	-	0.9361	-
n-Butyl acetate	乙酸正丁酯	-	49.8748	-
GERANYL PROPIONATE (FEMA 2517; RT=35.99min)	丙酸香叶酯	-	3.2412	-
1-Octyl acetate(FEMA 2806; RT=21.98min)	乙酸辛酯	-	15.0611	-
\$\$ 3-Phenylpropyl acetate \$\$ Hydrocinnamyl acetat	乙酸 3-苯丙酯	-	2.5956	-
iso-AMYL BUTYRATE	丁酸异戊酯	-	0.7067	-
Hexanoic acid, 2-propenyl ester	己酸, 2-丙烯酯	-	0.3062	-
1,3-Cyclopentadiene, 5-(1-methylethylidene)-	环戊二烯, 5-(1-甲基乙叉基)-	-	2.0948	-
S-Methyl-2-methylbutanethioate	S-甲基-2-甲基丁醇酯	-	2.8442	-
Ethyl (methylthio)acetate \$\$	2-甲硫代乙酸乙酯	-	10.4028	-
2,3-Butanediol, diacetate	2,3-丁二醇双乙酸酯	-	0.3650	-
Ethyl heptanoate \$\$ Wine oil \$\$ Grape oil \$	庚酸乙酯	-	0.5032	-
; ethyl 4-octenoate	4-辛烯酸乙酯	-	0.4932	-
Ethyl octanoate (FEMA 2449; RT=21.46min)	辛酸乙酯	-	1.7451	-
cis-7-Tetradecen-1-yl acetate	顺-7-十四碳-1-乙酸酯	-	0.4207	-
9-Octadecynoic acid, methyl ester	癸酸甲酯	-	0.3970	-
Ethyl laurate(FEMA 2441; S1188; SP-RT=42.64, RH-RT=38.01)	月桂酸乙酯	-	1.7084	-
Ethyl 9-hexadecenoate	9-十六碳酸乙酯	-	0.2993	-
Octadecanoic acid, ethyl ester	十八酸乙酯	-	0.3363	-
3-(Methylthio)propyl acetate (FEMA 3883)	乙酸菠萝醇酯/3-甲硫基丙醇乙酸酯	-	3.0599	-
2-Cyclohexene-1-carboxylic acid, 1-methyl-4-oxo-, ethyl ester	1-甲基-4-氧代-2-环己烯-1-羧酸乙酯	-	0.5215	-
(Z)-Ethyl pentadec-9-enoate	(Z) -戊二烯-9-烯酸乙酯	-	1.5572	-
Isobutyl butyrate (FEMA 2187; RT=10.83min)	丁酸异丁酯	-	-	7.7171
Butanoic acid, octyl ester	丁酸辛酯	-	-	3.5260
Geranyl butyrate	丁酸香叶酯	-	-	1.2688
Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	2-甲基丙酸乙酯	-	-	23.2884

英文名称	中文名称	青马泡	黄马泡	野马泡
Propanoic acid, 2-methylpropyl ester	丙酸 2-甲基丙酯	-	-	18.0024
Butanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	3-羟基丁酸甲酯	-	-	1.1059
Cyclopentaneacetic acid, 3-oxo-2-pentyl-, methyl ester	3-氧代-2-戊基环戊酸甲酯	-	-	8.9051
Pentadecafluorooctanoic acid, undecyl ester	十五氟辛酸十一烷基酯	-	-	0.6981
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	1,2-苯二甲酸双(2-乙基己基)酯	-	-	0.9492
Butanoic acid, 2-methyl-, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (Z)-	2-甲基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯基丁酸酯, (Z)-	-	-	1.2652
烯类				
Styrene	苯乙烯	367.9930	6.3973	-
DL-Limonene(SP-RT=13.99)	柠檬烯/D-苧烯	5.0176	26.0556	-
Megastigma-7(E),9,13-triene	巨柱头-7(E), 9,13-三烯	1.9542	2.1673	-
Megastigma-4,6(E),8(Z)-triene	巨柱头-4,6(E), 8(Z)-三烯	11.0857	1.9699	-
2-Tetradecene, (E)-	2-十四烯, (E)-	10.6631	-	-
1-Methylcyclooctene	1-甲基环辛烯	7.9577	-	-
1,2-Dimethyl cyclopropene	1,2-二甲基环丙烯	1.2089	-	-
6-Butyl-1,4-cycloheptadiene	6-丁基-1,4-环庚二烯	1.8310	-	-
gamma-Terpinene(FEMA 3559;SP-RT=15.36)	γ -松油烯	-	0.9892	-
1,3-Cyclooctadiene, (Z,Z)-	1,3-环辛二烯(z, z)-	-	0.5280	-
Longifolene	长叶烯	-	0.1565	-
.alpha.-Farnesene	α -法尼烯	-	-	-
LIMONENE;(±)-1,8-p-menthadiene 1,8-萜二烯(RT=13.40MIN)	柠檬烯	-	-	131.0178
Squalene	角鲨烯	-	-	4.9492
酮类				
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	2H-吡喃-2-酮, 四氢-6-戊基-	2.1244	-	-
3,6-Dimethoxyflavone	3,6-二甲氧基黄酮	1.0211	-	-
trans-Geranylgeraniol	反式香叶总黄酮	2.9519	-	-
2-(2-Methyl-propenyl)-cyclohexanone	2-(2-甲基丙烯基)-环己酮	1.6315	-	-
2,4'-Dimethoxy-2'-(trimethylsilyl)oxychalcone	2,4'-二甲氧基-2'-(三甲基硅烷基)氧查尔酮	1.3087	-	-
Benz[b]-1,4-oxazepine-4(5H)-thione, 2,3-dihydro-2,8-dimethyl-	苯并[b]-1,4-恶唑啉-4(5H)-硫酮, 2,3-二氢-2,8-二甲基-	0.2993	-	-
2-Hexanone, 4-hydroxy-5-methyl-	2-己酮, 4-羟基-5-甲基	51.0035	-	-
Spiro[3.5]nonan-1-one	螺环[3.5]壬-1-酮	-	12.1245	-
2H-Pyran-2-one, 6-hexyltetrahydro-	2H-吡喃-2-酮, 6-己基四氢-	-	1.7012	-
delta.-Damascone	丁位突厥酮	-	-	56.4764
Musk -T;Ethylene brassylate;Astrotone(FEMA 3543;SP-RT=64.05)	麝香-T; 黄铜酸乙烯酯; 天冬酮 (FEMA 3543; SP-RT=64.05)	-	-	5.0631
2-Buten-1-one, 1-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-, (E)-	2-丁烯-1-酮, 1-(2,6,6-三甲基-2-环己烯-1-基)-, (E)-	-	-	1.6718
醇类				
3,4-Hexanediol, 2,5-dimethyl-	3,4-己二醇, 2,5-二甲基-	2.1538	-	-
3-Buten-2-ol, 3-methyl-	3-丁烯-2-醇, 3-甲基-	2.3709	-	-
cis-3-Nonen-1-ol, chlorodifluoroacetate	顺-3-壬烯-1-醇, 氯二氟乙酸	2.5763	-	-
9-Decenol(SP-RT=24.26, RH-RT=24.22)	9-癸烯醇	5.6631	-	-
6-Nonen-1-ol, acetate, (Z)-	6-壬烯-1-醇, 醋酸盐, (Z)-	3.6385	-	-
(Z)-4-Decen-1-ol, methyl ether	(Z)-4-癸-1-醇, 甲醚	0.8099	-	-
1-Nonanol	1-壬醇	37.4707	-	-
1-Undecanol, acetate	1-十一烷醇, 醋酸盐	0.7453	-	-
2,6,10,15,19,23-Pentamethyl-2,6,18,22-tetracosatetraen-10,15-diol	2,6,10,15,19,23-五甲基-2,6,18,22-四糖四烯-10,15-二醇	7.0951	-	-
Silanediol, dimethyl-	西兰二醇, 二甲基	237.7289	-	-
1-Octen-3-ol	1-辛烯-3-醇	-	3.3435	-

英文名称	中文名称	青马泡	黄马泡	野马泡
3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	3-己烯-1-醇, 醋酸盐, (Z) -	-	3.6905	-
Benzyl alcohol(FEMA 2137;RT=13.85min)	苯甲醇	-	0.5097	-
N-OCTANOL (FEMA 2800;RT=15.30min)	正辛醇	-	2.1222	-
d,l-menthol; 3-p-Menthol (FEMA 2665;RT=20.47MIN)	DL-薄荷醇	-	2.4448	-
trans-Geraniol (RH,RT=23.86MIN)	香叶醇	-	1.6756	-
Cyclodecanol (CAS)	环癸醇	-	0.8865	-
1-Hexadecanol (CAS) \$\$ Cetal \$\$ Ethal \$\$ Ethol \$\$ Cetanol \$\$ Cetylol \$\$	十六醇	-	0.2432	-
2,6,10,14-Hexadecatetraen-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, acetate, (E,E,E)-	2,6,10,14-十六烷-1-醇, 3,7,11,15-四 甲基-, 醋酸盐, (E, E) -	-	1.7363	-
Silanediol, dimethyl-	二甲基硅烷二醇-	-	-	44.6295
1-Octen-3-ol	1-辛烯-3-醇	-	-	10.9712
4-Hexen-1-ol, acetate	乙酸 4-己烯-1-醇	-	-	9.7746
2-Nonen-1-ol	2-壬烯-1-醇	-	-	9.0814
2,2,6,7-Tetramethyl-10-oxatricyclo[4.3.1.0(1,6)]decan-5-ol	2,2,6,7-四甲基-10-氧杂环[4.3.1.0 (1,6)]癸-5-醇	-	-	2.2033
E-11(12-Cyclopropyl)dodecen-1-ol	E-11 (12-环丙基) 十二烯-1-醇	-	-	1.2848
2-Cyclohexen-1-ol	2-环己烯-1-醇	-	-	0.9786
2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	2,6-辛二烯-1-醇, 3,7-二甲基-, (Z) -	-	-	0.8218
1-Undecanol, acetate	1-十一烷醇, 醋酸盐	-	-	2.0527
烷烃类				
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	十甲基环五硅氧烷-	10.8216	1.0563	-
Dimethoxane	二甲基硅氧烷	1.4319	-	-
Cyclohexane, ethenyl-	环己烷、乙烯基-	29.4660	-	-
Heptane, 3,4-dimethyl-	庚烷, 3,4-二甲基-	23.5446	-	-
Octane, 4-chloro-	4-氯辛烷-	1.6960	-	-
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	十二甲基环己烷-	2.2124	-	-
4-n-Hexylthiane, S,S-dioxide	4-正己基硫烷, S, S-二氧化物	0.5751	-	-
Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	十四甲基环庚烷-	1.3439	-	-
p-Cymene;4-ISOPROPYLTOLUENE (FEMA 2356;SP-RT=13.79)	对伞花烃	-	2.0272	-
5,5-Dimethyl-1-vinylbicyclo[2.1.1]hexane	5,5-二甲基-1-乙烯基双环[2.1.1]己烷	-	0.9876	-
Cyclotetradecane	环十四烷	-	2.0699	-
Cyclohexane, ethenyl-	环己烷, 乙烯基-	-	3.3676	-
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	十二甲基环己烷-	-	1.0170	-
Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	十四甲基环庚烷-	-	2.7079	-
Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	十六甲基环八硅氧烷-	-	0.6750	-
1-Iodo-2-methylnonane	1-碘-2-甲基壬烷	-	0.2382	-
Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane	四环氧苯基环十二烷	-	0.3665	-
Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	环十甲基硅氧烷-	-	0.3776	-
Pentane, 1-butoxy-	戊烷, 1-丁氧基-	-	-	84.7593
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	八甲基环四硅氧烷-	-	-	6.9467
Octadecane(SP-RT=52.95)	正十八烷	-	-	4.3013
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	十甲基环五硅氧烷-	-	-	3.9069
n-Nonane, 1-[1-cycloazapropyl]-	正壬烷, 1-[1-环氮杂丙基]-	-	-	3.5836
Bicyclo[4.1.0]heptane,-3-cyclopropyl,-7-hydroxymethyl, (cis)	双环[4.1.0]庚烷、-3-环丙基、-7-羟甲 基、(顺式)	-	-	1.9277
Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	十二甲基环己烷-	-	-	1.2235
酰胺、苯类				
1-Propanamine, 3-(methylthio)-	1-丙胺, 3-(甲硫基)-	1.2852	-	-
Methanamine, N,N-dimethyl-, N-oxide	甲酰胺, N, N-二甲基-, N-氧化物	3.2923	-	-
4-Methoxy-N-(4-methyl-piperazin-1-carbothioyl)benzamide	4-甲氧基-N-(4-甲基哌嗪-1-碳硫基) 苯甲酰胺	2.9871	-	-

英文名称	中文名称	青马泡	黄马泡	野马泡
Bicyclo(2.2.1)heptane-2-carboxylic acid	双环 (2.2.1) 庚烷-2-羧酸	0.4284	-	-
1-Hexen-3-yne, 2-tert-butyl-	1-己烯-3-炔, 2-叔丁基-	0.5399	-	-
Benzene, nitroso-	苯, 亚硝基-	0.6866	-	-
N-Methoxy-N-acetyl-1,1-dimethyl-2-carbomethoxyethylamine	N-甲氧基-N-乙酰基-1,1-二甲基-2-羧甲氧基乙胺	4.6244	-	-
1-Alanine ethylamide,(s)-	1-丙氨酸乙酰胺, (s) -	-	-	251.9106
醛类				
alpha-sinensal (SP-RT=50.08)	α -甜橙醛	3.3392	-	-
2-Heptadecenal	2-七烯醛	0.3521	-	-
Acetaldehyde diisomyl acetal	乙醛二异戊缩醛	1.8838	-	-
Acetaldehyde	乙醛	-	5.3394	-
Benzaldehyde (FEMA 2127; RT=11.03)	苯甲醛	-	10.8616	-
trans-2-Nonenal(FEMA 3213;SP-RT=20.13)	反-2-壬烯醛	-	2.6628	-
Z-Citral(FEMA 2303; RT=23.20)	柠檬醛	-	1.4774	-
Geranial/trans-Citral(FEMA 2303;RT=24.41)	(E)-柠檬醛/香叶醛	-	3.6741	-
腈类				
Benzonitrile, 2,3,4-trimethoxy-	2,3,4-三甲氧基苯甲腈-	3.9143	-	-
4-Methyl-2-(3-methyl-but-2-enylideneamino)-pent-2-enenitrile	4-甲基-2-(3-甲基-但-2-烯基亚氨基)-戊-2-亚腈	0.6397	-	-
Benzeneacetonitrile, 3,4-dimethoxy-	3,4-二甲氧基苯乙腈-	0.5751	-	-
2,6-Nonadienal, (E,E)-	2,6-壬二酸, (E, E) -	-	3.7963	
3-(Methoxymethoxy)butanoic acid	3-(甲氧基甲氧基)丁酸	-	0.4031	
dl-Alanine	dl-丙氨酸	243.6737	-	
Eugenol (FEMA 2467; S0091; RT-SP=28.53min)	丁香酚	-	1.6851	
2-Chloro-8-methoxy-3-methylquinoline	2-氯-8-甲氧基-3-甲基喹啉	-	0.7906	
3,4-Dihydroxybenzaldehyde, bis(trimethylsilyl) ether	3,4-二羟基苯甲醛双(三甲基硅基)醚	-	0.1073	
2-(p-Chloroanilino)-5-thiazolyl thiocyanate	2-(对氯苯胺基)-5-噻唑基硫氰酸盐	-	0.4009	
2-Pentanol, propanoate	2-戊醇丙酸盐			4.2927
Naphthalene, decahydro-2-methyl-	萘, 十氢-2-甲基-			3.1121
Hexahydropyridine, 1-methyl-4-[4,5-dihydroxyphenyl]-	六氢吡啶, 1-甲基-4-[4,5-二羟基苯基]-			2.2045
Tert-octyldiphenylamine	叔辛基二苯胺			1.7600
1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-3-methyl-	4,5-二氢-3-甲基吡唑-	-	0.2115	-
Oxime-, methoxy-phenyl-	肟, 甲氧基苯基-	-	-	14.3001
		5830.8686	381.4106	1224.7397

根据表 1 分析得知: 马泡瓜与后代黄马泡、青马泡主要挥发物质为酯类、烯烃、酮、醇、烷烃、酰胺、苯、醛、腈、酸和其他类。乙酸乙酯; 乙酸异丁酯; 丁酸乙酯 2-甲基丁酸乙酯; 己酸乙酯; 乙酸己酯等酯类物质为马泡瓜及其后代品种的主要香气物质, 在瓜的品质上具有关键作用。青马泡、黄马泡两个杂交品种乙酸 2-甲基丁酯; 乙酸戊酯; 乙酸苄酯; 癸酸乙酯; 2,3-丁二醇双乙酸酯等物质含量较为丰富, 这些是野生马泡瓜所没有的, 这些物质增加了挥发性物质的香型。青马泡中有 26 种酯类物质是野生马泡瓜、黄马泡所没有的。黄马泡有 24 种酯类物质是野生马泡瓜和青马泡所没有的。野生马泡瓜有 10 种酯类物质是青马泡和黄

马泡所没有的。柠檬烯、角鲨烯良庄物质是野生马泡瓜所特有的, 青马泡、黄马泡都没有。烯烃中, 黄马泡和青马泡分别有 7 种物质和 8 种物质是野生马泡瓜所没有的。酰胺、苯类物质只有青马泡含有。在同类物质中, 青马泡有 7 种物质是黄马泡和野生马泡瓜所没有的。而野生马泡瓜中丁位突厥酮是马泡瓜所特有的。醇类、烷烃类挥发物中, 三个品种各不相同。而醛类物质野生马泡瓜没有测出, 青马泡含 α -甜橙醛, 黄马泡含有柠檬醛; (E)-柠檬醛/香叶醛, 这增加了青马泡、黄马泡的香甜气, 这些与栽培甜瓜的香气成分非常相近。其他复杂成分包括腈类、酚类等物质三个品种所含成分和含量各不相同。

3.2 三种甜瓜果实中挥发性成分含量比较

表 2 三种甜瓜挥发性物质的含量及其占比

		青马泡	占比%	酯类占比%	黄马泡	占比	酯类占比%	野生马泡	占比%	酯类占比%
酯	共有部分	3137.16	53.80	0.66	106.48	27.92	39.97	400.73	32.72	71.59
	青、黄相同部分	3925.57	67.32	0.83	155.45	40.76	58.35	0	0.00	
	青、野生相同部分	3928.79	67.38	9.63				421.01	34.38	75.22
	黄、野生相同部分				163.84	42.96		492.80	40.24	88.05
	酯合计	4723.25	81.00		266.37	69.84		559.53	45.69	
烯	合计	407.71	6.99		34.98	9.17		0	0	
	相同部分	386.05	6.62		34.98	9.17		0	0	
酮		60.34	1.03		13.83	3.62		63.21	5.16	
醇		300.25	5.15		16.65	4.37		81.79	6.68	
烷烃		71.09	1.22		14.89	3.90		106.65	8.71	
酰胺、苯		13.84	0.24		0	0		251.91	20.57	
醛		5.58	0.09		24.01	6.29		0	0.00	
腈		5.13	0.09		0	0.00		0	0.00	
酸		0	0.00		4.19	1.10		0	0.00	
杂类		0	0.00		3.19	0.84		25.67	2.09	
总计		5830.87			381.41			1224.74		

注：表中数字四舍五入，保留 2 位小数。

从表 2 可知，青马泡、黄马泡、马泡瓜三种共有部分马泡瓜占比 53.8026%，其中脂类占比 0.6642%；黄马泡占比 27.9164%；其中酯类占比 39.9734%；马泡瓜占比 32.7197%，其中脂类占比 71.5993%。这说明三个品种香气挥发物共有成分以酯类为主。

表 3 三种品种挥发性物质成分含量

成分	青马泡	黄马泡	野生马泡
酯	81.00	69.84	45.69
烯	6.99	9.17	0.00
酮	1.03	3.62	5.16
醇	5.15	4.37	6.68
烷烃	1.22	3.90	8.71
酰胺、苯	0.24	0.00	20.57
醛	0.10	6.30	0.00
腈	0.09	0.00	0.00
酸	0.00	1.10	0.00
杂类	0.00	0.84	2.10

以果实重量和香气挥发物质的含量进行计算，从表 3 进一步分析可知，酯类物质，青马泡含量 81%，黄马泡 69.84%，野生马泡瓜 45.69%，青马泡主要为酯类和烯烃、醇类。黄马泡主要为酯类、烯烃、醛类物质。而野生马泡瓜主要为酯类、酰胺、苯和烷烃类。

4 讨论

马泡瓜与后代品种挥发性物质具有很大不同，杂交后代，较野生马泡瓜成分复杂，种类较多。这与前人的研究基本相同[11-16]，后代继承和增加了复杂香气成分，偏向于栽培甜瓜[11]。其香气成分主要为乙酸乙酯等酯类物质为主[16]。但是也增加了原来栽培甜瓜所没有的挥发性物质成分。与栽培甜瓜也有许多不同之处。野生马泡瓜中角鲨烯含量非常丰富。在目前文献所报道的范围内，栽培甜瓜品种没有检测出角鲨烯成分[1-8]。柠檬烯、丁位突厥酮也是也是野生马泡瓜的独有成分。这些成分增加了野生马泡瓜的香气神秘性，也是马泡瓜香气成分区别于栽培甜瓜的重要物质和感官品质指标之一。今后，能否通过杂交育种手段，使得栽培甜瓜也含有角鲨烯成分，还需要进一步进行育种田间鉴定。

5 结论

马泡瓜为野生甜瓜的一个种，马泡瓜与杂交后代的果实挥发性成分不同，杂交后代比野生型马泡瓜的香气成分更加复杂。野生马泡瓜 46 种，青马泡 92 种，

黄马泡 79 种化合物。其主要成分为酯类、烯烃、醇、烷烃类、酰胺类。并且三种品种所含物质均不同。野生马泡瓜果实挥发性物质角鲨烯是后代品种青马泡、黄马泡中所没有的。野生马泡瓜果实含有独特的物质成分，是一种具有较高植物学利用价值的野生甜瓜育种资源，可以作为甜瓜育种提供优良基因材料，与栽培甜瓜杂交，可以获得更为丰富的基因型材料，这为遗传改良甜瓜香气育种提供了新途径。下一步，我们将野生马泡瓜的优良基因：雌性系、抗逆性强，光合作用效率高等优点通过杂交手段转育到栽培甜瓜中，培育和创制更多的育种材料。

参考文献

- [1] Pang Xueli, Guo Xingfeng, Qin Zihan, Yao Yubo, Hu Xiaosong, Wu Jihong. Identification of aroma-active compounds in Jiashi muskmelon juice by GC-O-MS and OAV calculation. [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2012, 60 (17).
- [2] Mohamed Zarid, Mar á C. Bueso, J. Pablo Fernández-Trujillo. Seasonal effects on flesh volatile concentrations and texture at harvest in a near-isogenic line of melon with introgression in LG X [J]. Scientia Horticulturae, 2020, 266 (266).
- [3] Shi Jianda, Wu Haibo, Xiong Mu, Chen Yanjun, Chen Jihao, Zhou Bo, Wang Hui, Li Liangliang, Fu Xiaofa, Bie Zhilong, Huang Yuan. Comparative analysis of volatile compounds in thirty nine melon cultivars by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. [J]. Food chemistry, 2020, 316 (316).
- [4] Emilio Senesi, Luigi F Di Cesare, Caterina Prinzivalli, Roberto Lo Scalzo. Influence of ripening stage on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (Cucumis melo L var reticulatus Naud) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85 (8).
- [5] Emilio Senesi, Roberto Lo Scalzo, Caterina Prinzivalli, Armando Testoni. Relationships between volatile composition and sensory evaluation in eight varieties of netted muskmelon (Cucumis melo L var reticulatus Naud) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002, 82 (6).
- [6] Elazar Fallik, Sharon Alkali-Tuvia, Batia Horev, Azika Copel, Victor Rodov, Yair Aharoni, Detlef Ulrich, Hartwig Schulz. Characterisation of 'Galia' melon aroma by GC and mass spectrometric sensor measurements after prolonged storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 22 (1).
- [7] 赵光伟, 徐志红, 孔维虎, 张健, 徐永阳. 3 个甜瓜品种果实香气成分的 HS-SPME/GC-MS 比较分析 [J]. 果树学报, 2015, 32 (02): 259-266.
- [8] 张悦凯, 戚正华, 胡佳丽, 王雪. SPME-GC-MS 法分析中甜 2 号甜瓜香气成分 [J]. 浙江农业科学, 2013 (05): 538-540.
- [9] 郝璐瑜, 于泽源, 李兴国. 薄皮甜瓜后熟过程中香气成分的动态分析 [J]. 中国蔬菜, 2011 (16): 79-85.
- [10] 周莉, 刘莉, 刘翔, 徐伟欣, 张平, 李志文. 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 (03): 102-108.
- [11] 王硕硕, 巩彪, 陈媛媛, 荆鑫, 刘鑫, 史庆华, 聂文婧. 不同类型甜瓜亲本及其 F₁ 代果实挥发性物质成分的比较 [J]. 北方园艺, 2017 (23): 34-41.
- [12] 刘圆, 齐红岩, 王宝驹, 郭亮, 苏欣. 不同品种甜瓜果实成熟过程中香气物质动态分析 [J]. 华北农学报, 2008 (02): 49-54.
- [13] 张少慧, 刘莉, 周莉, 刘翔, 高星, 张平, 李志文. 甜瓜不同变种及其杂交后代的香气特征研究 [J]. 西北植物学报, 2015, 35 (04): 816-823.
- [14] 文乐欣. 甜瓜种质资源香气成分多样性研究 [D]. 天津大学, 2012.
- [15] 张容鸽, 邓浩, 梁振深, 李远颂, 冯建成, 方宗壮. 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 (06): 98-105.
- [16] 张少慧, 刘莉, 周莉, 刘翔, 高星, 张平, 李志文. 甜瓜不同变种及其杂交后代的香气特征研究 [J]. 西北植物学报, 2015, 35 (04): 816-823.

作者简介

马宗新

1975 年生, 高级农艺师, 研究方向: 园艺作物栽培、育种。

E-mail: mzxslm965@163.com