

不同木瓜果实香气成分的 GC-MS 分析

孟祥敏¹, 刘乐全², 徐怀德¹, 刘拉平¹

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨陵, 712100; 2 陕西省白河县科技局, 陕西 白河, 725800)

[摘 要] 为了深入了解木瓜的香气特征, 扩大木瓜的开发利用途径, 采用同步蒸馏-萃取法(SDE)对长俊、狮子头、玉兰3种木瓜果实的香气成分进行了提取, 并用GC-MS分析了3种木瓜果实香气成分的组成。结果表明, 长俊、狮子头和玉兰中分别含有香气成分62、60和53种, 其中三者共有的香气成分为21种; 3种木瓜果实中相对含量最高的成分相同, 均为4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮, 但其相对含量在不同品种间存在较大差异(长俊为11.38%, 狮子头为25.71%, 玉兰为17.72%); 三者共有成分中, (E)-2-己烯醛、(E)-2-己烯-1-醇、(Z)-3-己烯-1-醇具有强烈的清香和水果香气, 是木瓜产生水果清香的主要风味成分, β -紫罗兰酮系列成分由于具有浓郁的特色芳香, 也是木瓜的主要香气成分; 木瓜果实香气成分主要包括醇类、酮类、醛类、酯类和烃类, 其中醇类、酮类、醛类、酯类物质是构成其芳香风味的重要物质。检索结果表明, 试验检测出的(Z)-2-庚烯醛、十六醛、十八醛、甲酸叶醇酯、辛酸环己酯、4,6(E),8(E)-巨豆三烯、巨豆三烯酮等多种化合物, 在木瓜果实香气成分研究中尚属首次发现。

[关键词] 木瓜; 香气成分; 同步蒸馏-萃取法; 气相色谱-质谱联用

[中图分类号] S661.609.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)08-0125-06

GC-MS analysis of aroma components of different Chaenomeles fruits

MENG Xiang-min¹, LIU Le-quan², XU Huai-de¹, LIU La-ping¹

(1 College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Baihe Technical Bureau, Baihe, Shaanxi 725800, China)

Abstract: To study aroma characteristics of *Chaenomeles* fruits and expand developing channels of *Chaenomeles* industry, aroma components of three different cultivars of *Chaenomeles* fruits were extracted with the method of Simultaneous Distillation and Extraction (SDE) and identified by GC-MS. The results showed that 62, 60 and 53 different aroma compounds were identified from Changjun, Shi Zitou and Yulan separately, among which 21 components were identical. The compound of the highest relative content in these *Chaenomeles* fruits was 4-Methyl-5-penta-1,3-dienyltetrahydrofuran-2-one, but their relative contents were different (Changjun 11.38%, Shi Zitou 25.71% and Yulan 17.72%). 2-Hexenal, (E)-;2-Hexen-1-ol, (E)-;3-Hexen-1-ol, (Z)- were important components that contributed to the fruit aroma of *Chaenomeles*, and ionone senes such as β -ionone were also important because of their characteristic aroma. Aroma components of *Chaenomeles* fruits mainly included alcohols, ketones, aldehydes, esters and hydrocarbons and among them alcohols, ketones, aldehydes and esters were critical compounds that contributed to the particular flavor of *Chaenomeles* fruits. The searching result indicated that many components such as 2-Heptenal,

[收稿日期] 2006-07-07

[基金项目] 安康市白河县合作课题——白河县木瓜产业化开发研究

[作者简介] 孟祥敏(1981-), 女, 江苏徐州人, 在读硕士, 主要从事天然产物提取研究。

[通讯作者] 徐怀德(1964-), 男, 陕西榆林人, 副教授, 主要从事天然产物提取、果品蔬菜加工、软饮料研究。

E-mail: xuhuade@sohu.com

(Z)-, Hexadecanal, Octadecanal, Megastigma-4,6(E),8(E)-triene and Megastigmatrienone were identified the first time in studies of aroma components of *Chaenomeles* fruits.

Key words: *Chaenomeles* fruits; aroma components; Simultaneous Distillation and Extraction (SDE); GC-MS analysis

木瓜属蔷薇科木瓜属植物,为多年生落叶灌木或小乔木,是集食用、药用、观赏于一体的多用途植物。木瓜果实成熟后色泽金黄、气味浓郁,是人们美化环境和馈赠好友的佳品,置于室内可使满屋飘香,因此深受人们喜爱。据《别录》记载,木瓜主治“湿痹邪气,霍乱大吐下,转筋不止”等症^[1]。

现有研究^[2-3]表明,木瓜富含多种氨基酸及多种营养元素,并含有黄酮、超氧化物歧化酶、齐墩果酸等多种活性物质,具有抗肿瘤、保肝护肝、降血脂、降血糖、抑制变态反应等功效。近年来,人们开发了木瓜果脯、果酱、罐头、饮料等产品,但对木瓜果实芳香成分的研究尚不多见,对不同品种木瓜果实香气成分之间的差异也未作深入的研究。木瓜果实芳香成分代表着木瓜的典型香气特征,是构成和影响果品鲜食和加工质量的重要因素。为此,本文对不同木瓜果实的香气成分进行了 GC-MS 分析,以期为进一步认识木瓜的香气特征、开发木瓜天然香料及改善木瓜产品风味等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2005 年 10 月在西北农林科技大学食品学院、西北农林科技大学测试中心进行。试材分别为皱皮木瓜“长俊”,取样于陕西省咸阳市郊;光皮木瓜“狮子头”、“玉兰”,分别取样于陕西省白河县和陕西省杨凌区西北农林科技大学校园。

以感官分析为基础,辅以手持折光仪测定,采取无病虫害、无机械损伤且已具有成熟特征的果实。采收时,长俊、狮子头、玉兰的可溶性固形物含量分别为 83,81,112 g/kg,均达到了生理成熟。

1.2 仪器与试剂

所用仪器有美国 Finnigan 公司生产的 TRACE DSQ 气相色谱-质谱联用仪、旋转蒸发仪、手持折光仪和同步蒸馏-萃取 (SDE) 装置等。所用试剂有二氯甲烷、氯化钠、无水硫酸钠等,均为分析纯。

1.3 试验方法

1.3.1 木瓜果实香气成分的提取(同步蒸馏-萃取法, SDE) 取 100 g 木瓜果实,将样品破碎、打浆后

迅速装入 1 000 mL 圆底烧瓶,加入 500 mL 2 mol/L 氯化钠溶液,同时加入少量沸石,用电热套加热保持样品微沸;另取 50 mL 二氯甲烷置于 100 mL 圆底烧瓶中,在水浴锅上 60 °C 加热,同时蒸馏萃取 2 h。二氯甲烷萃取液经无水硫酸钠干燥后,用旋转蒸发仪浓缩至 1 mL,供 GC-MS 分析^[4]。

1.3.2 GC-MS 分析 色谱柱为 DB-WAX(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)弹性石英毛细管柱;色谱条件:载气高纯氮气,流速 1.0 mL/min;分流比 20:1;进样口温度 220 °C;程序升温为初始柱温 40 °C,保留 2.5 min,以 6 °C/min 升至 230 °C,保留 5 min。质谱条件:EI 离子源,70 eV;离子源温度 250 °C,传输线温度 220 °C;发射电流 100 mA。

1.3.3 数据处理 利用随机 Xcalibur 工作站 NIST2002 标准谱库自动检索各组分的质谱数据,参考有关文献资料^[5-7]及标准谱图对机检结果进行核对和确认,按面积归一化法计算各组分的相对含量。

2 结果与分析

2.1 不同木瓜果实香气成分的 GC/MS 分析

3 种木瓜果实香气成分的分析结果见表 1。由表 1 可以看出,从长俊、狮子头、玉兰中共鉴定出 108 种成分,其中三者共有的成分为 21 种。三者相对含量最高的成分相同,均为 4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮,但其在 3 种木瓜果实中的相对含量存在较大差异(长俊为 11.38%,狮子头为 25.71%,玉兰为 17.72%),从而反映出木瓜属中不同种及同一种不同品种之间果实香气成分存在差异。

三者共有的成分还有 α-金合欢烯、(E)-2-己烯醛、(E)-2-己烯-1-醇、(Z)-3-己烯-1-醇、正己醇、二氢-β-紫罗兰醇、β-紫罗兰酮、4,6(E),8(E)-巨豆三烯等。其中(E)-2-己烯醛、(E)-2-己烯-1-醇、(Z)-3-己烯-1-醇均具有较强烈的清香和水果香气,是木瓜能够产生水果清香的主要风味成分^[5,8]。由于β-紫罗兰酮系列成分具有浓郁的特色芳香及较低的阈值^[7],故其对木瓜的香气也有重要贡献。

表 1 长俊、狮子头、玉兰果实香气成分的 GC/MS 分析结果

Table 1 GC/MS analysis of aroma components of Changjun, Shi Zitou and Yulan

序号 No.	化合物名称 Name	分子式 Molecular formula	相对含量/ % Relative content		
			长俊 Changjun	狮子头 Shizitou	玉兰 Yulan
	醛类 Aldehydes		9.32	5.08	10.73
1	糠醛 Furfural	C ₅ H ₄ O ₂			1.73
2	3-呋喃甲醛 3-Furaldehyde	C ₅ H ₄ O ₂	2.96	2.85	
3	己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O		0.19	1.74
4	2-甲基-4-戊烯醛 4-Pentenal, 2-methyl-	C ₆ H ₁₀ O			0.40
5	(E)-2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-	C ₆ H ₁₀ O	3.18	1.80	5.68
6	(Z)-2-庚烯醛 2-Heptenal, (Z)-	C ₇ H ₁₂ O		0.24	0.30
7	庚醛 Heptanal	C ₇ H ₁₄ O			0.29
8	(E)-2-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-	C ₉ H ₁₆ O			0.22
9	壬醛 Nonanal	C ₉ H ₁₈ O			0.37
10	2-异丙基叉-5-甲基己烯-4-醛 2-Isopropylidene-5-methyl-hex-4-enal	C ₁₀ H ₁₆ O	0.81		
11	(E,E)-2,4-癸二烯醛 2,4-Decadienal, (E,E)-	C ₁₀ H ₁₆ O	0.36		
12	Δ ⁴ -二甲基-3-环己烯基-1-乙醛 3-Cyclohexene-1-acetaldehyde, Δ ⁴ -dimethyl-	C ₁₀ H ₁₆ O	0.30		
13	3-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丙烯醛 2-Propenal, 3-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	C ₁₂ H ₁₈ O	0.33		
14	十六醛 Hexadecanal	C ₁₆ H ₃₂ O	0.98		
15	十八醛 Octadecanal	C ₁₈ H ₃₆ O	0.40		
	酯类 Esters		15.91	4.31	5.46
16	3-(甲基噻唑)丙酸乙酯 3-(Methylthio)propanoic acid ethyl ester	C ₆ H ₁₂ O ₂ S	0.48		
17	甲酸叶醇酯 3-Hexen-1-ol, formate, (Z)-	C ₇ H ₁₂ O ₂		0.50	
18	己酸乙酯 Hexanoic acid, ethyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂	1.98	0.18	
19	乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂			0.72
20	乙酸叶醇酯 3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	C ₈ H ₁₄ O ₂	0.89	0.14	1.11
21	乙酸(E)-2-己烯-1-醇酯 2-Hexen-1-ol, acetate, (E)-	C ₈ H ₁₄ O ₂	0.32		1.44
22	3-己烯酸乙酯 3-Hexenoic acid, ethyl ester	C ₈ H ₁₄ O ₂		0.17	
23	己酸丁酯 Hexanoic acid, butyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	2.54	0.34	
24	丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.89	0.25	
25	辛酸乙酯 Octanoic acid, ethyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	2.51	0.27	0.53
26	2-甲基丁酸己酯 Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0.74		
27	辛酸-2-丁酯 Octanoic acid, 2-butyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂			0.32
28	4-癸烯酸乙酯 4-Decenoic acid, ethyl ester	C ₁₂ H ₂₂ O ₂			0.42
29	反-4-癸烯酸乙酯 Ethyl trans-4-decenoate	C ₁₂ H ₂₂ O ₂			0.37
30	癸酸乙酯 Decanoic acid, ethyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂			0.25
31	己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1.38	0.41	
32	辛酸丁酯 Butyl caprylate	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	2.54	0.42	
33	己酸-5-己烯酯 Hexanoic acid, 5-hexenyl ester	C ₁₂ H ₂₂ O ₂		1.23	
34	丁酸辛酯 Butanoic acid, octyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.36		
35	5-氯代十二酸氯甲酯 Chloromethyl 5-chlorododecanoate	C ₁₃ H ₂₄ Cl ₂ O ₂	0.25		
36	辛酸环己酯 Octanoic acid, cyclohexyl ester	C ₁₄ H ₂₆ O ₂		0.19	
37	辛酸己酯 Octanoic acid, hexyl ester	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.70	0.21	
38	十二酸甘油酯 Dodecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	C ₁₅ H ₃₀ O ₄			0.30
39	2,5-十八,二酸甲酯 2,5-Octadecadiynoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₀ O ₂	0.33		
	醇类 Alcohols		13.69	22.76	42.69
40	正丁醇 1-Butanol	C ₄ H ₁₀ O			0.26
41	2-甲基正丙醇 1-Propanol, 2-methyl-	C ₄ H ₁₀ O		0.40	
42	正己醇 1-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	0.52	1.16	4.57
43	1-己烯-3-醇 1-Hexen-3-ol	C ₆ H ₁₂ O		0.25	
44	1,5-己二烯-3-醇 1,5-Hexadien-3-ol	C ₆ H ₁₀ O		0.15	

续表 1 Continued of table 1

序号 No.	化合物名称 Name	分子式 Molecular formula	相对含量/ % Relative content		
			长俊 Changjun	狮子头 Shizitou	玉兰 Yulan
45	(E)-3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol, (E)-	C ₆ H ₁₂ O		0.15	
46	(Z)-3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol, (Z)-	C ₆ H ₁₂ O	3.20	14.13	7.26
47	(E)-2-己烯-1-醇 2-Hexen-1-ol, (E)-	C ₆ H ₁₂ O	0.52	0.60	4.61
48	2,5-二甲基-3-己炔-2,5-二醇 3-Hexyne-2,5-diol, 2,5-dimethyl-	C ₈ H ₁₄ O ₂			2.41
49	4-甲氧基-苯甲醇 Benzenemethanol, 4-methoxy-	C ₈ H ₁₀ O ₂	0.27		
50	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	0.26		
51	氧化芳樟醇 Linalool oxide (fr. 1)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.34	0.18	0.60
52	α,α,4-三甲基-3-环己烯基-1-甲醇 3-Cyclohexene-1-methanol, α,α,4-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	1.14	0.37	0.33
53	2,6-二甲基-5,7-辛二烯-2-醇 5,7-Octadien-2-ol, 2,6-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	0.89		
54	α,α,4-三甲基-3-环己烯基-1-甲醇 3-Cyclohexene-1-methanol, α,α,4-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	1.36		
55	顺-2,4,5,6,7,7a-六氢-4,4,7a-三甲基-2-苯并呋喃甲醇 2-Benzofuranmethanol, 2,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,4,7a-trimethyl-, cis-	C ₁₂ H ₂₀ O ₂		0.53	4.82
56	α,2-二甲基-2-(4-甲基-3-戊烯基)-环丙烷甲醇 Cyclopropanemethanol, α,2-dimethyl-2-(4-methyl-3-pentenyl)-	C ₁₂ H ₂₂ O			0.21
57	α-紫罗兰醇 3-Buten-2-ol, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	C ₁₃ H ₂₂ O	0.97		0.30
58	2,2,6,6-四甲基-双环[4.3.0]-1(9),7-壬二烯-5-醇 2,2,6,6-Tetramethylbicyclo[4.3.0]nona-1(9),7-dien-5-ol	C ₁₃ H ₂₀ O	1.25	0.23	0.74
59	二氢β-紫罗兰醇 4-(2,6,6-Trimethyl-cyclohex-1-enyl)-butan-2-ol	C ₁₃ H ₂₄ O	0.52	1.39	5.34
60	2,4,5-三甲基-β-异丁基苯甲醇 Benzyl alcohol, βisobutyl-2,4,5-trimethyl-	C ₁₄ H ₂₂ O			1.01
61	4-(6,6-二甲基-2-亚甲基-3-环己烯基)戊-2-醇 4-(6,6-Dimethyl-2-methylenecyclohex-3-enylidene)pentan-2-ol	C ₁₄ H ₂₂ O	1.11	3.47	10.68
62	2-甲基-4-(1,3,3-三甲基-7-氧杂二环[4.1.0]-2-庚基)-3-丁烯-2-醇 3-Buten-2-ol, 2-methyl-4-(1,3,3-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-2-yl)-	C ₁₄ H ₂₄ O ₂			0.30
63	1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢-α,α,4a,8-四甲基-2-萘甲醇 2-Naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydro-α,α,4a,8-tetramethyl-, 酮类 Ketones	C ₁₅ H ₂₆ O	1.34		
64	3-羟基-2-丁酮 2-Butanone, 3-hydroxy-	C ₄ H ₈ O ₂	15.18	28.57	21.06
65	4-甲基-4-羟基-2-戊酮 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.06	0.16	0.25
66	4-甲氧基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮 3(2H)-Furanone, 4-methoxy-2,5-dimethyl-	C ₇ H ₁₀ O ₃		0.16	
67	6-甲基-6-硝基庚-2-酮 6-Methyl-6-nitroheptan-2-one	C ₈ H ₁₅ NO ₃			0.30
68	2-乙基-4-甲氧基环己酮 Cyclohexanone, 2-ethyl-4-methoxy-	C ₉ H ₁₆ O ₂		0.33	
69	4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮 4-Methyl-5-penta-1,3-dienyltetrahydrofuran-2-one	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	11.38	25.71	17.72
70	6,10-二甲基-5,9-十一,二烯-2-酮 5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-	C ₁₃ H ₂₂ O		0.19	
71	二氢β-紫罗兰酮 2-Butanone, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)	C ₁₃ H ₂₂ O	0.36	0.22	0.75
72	2,4,5,6,7,7a-六氢-3-(1-甲基乙基)-7-α-甲基-1H-2-二氢茛酮 1H-2-Indenone, 2,4,5,6,7,7a-hexahydro-3-(1-methylethyl)-7a-methyl	C ₁₃ H ₂₀ O	0.16		
73	巨豆三烯酮 Megastigmatrienone	C ₁₃ H ₁₈ O	0.31		
74	β-紫罗兰酮 β-ionone	C ₁₃ H ₂₀ O	0.60	0.71	0.84
75	2-羟基β-紫罗兰酮 3-Buten-2-one, 4-(2-hydroxy-2,6,6-trimethylcyclohexyl)-	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	0.66	0.23	0.75
76	3,4,4-三甲基-3-(3-氧基丁烯基)-二环[4.1.0]庚-2-酮 3,4,4-Trimethyl-3-(3-oxobut-1-enyl)-bicyclo[4.1.0]heptan-2-one	C ₁₄ H ₂₀ O ₂		0.46	

续表 1 Continued of table 1

序号 No.	化合物名称 Name	分子式 Molecular formula	相对含量/ % Relative content		
			长俊 Changjun	狮子头 Shizitou	玉兰 Yulan
77	4-(6,6-二甲基-2-亚甲基-3-环己烯基)戊-2-酮 4-(6,6-Dimethyl-2-methylene-cyclohex-3-enylidene)-pentan-2-one	C ₁₄ H ₂₀ O		0.24	
78	(E,E)-6,10,14-三甲基-5,9,13-十五,三烯-2-酮 5,9,13-Pentadecatrien-2-one,6,10,14-trimethyl-,(E,E)- 烃类 Hydrocarbons	C ₁₈ H ₃₀ O	0.81		0.45
79	乙苯 Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	30.16	36.43	13.81
80	邻二甲苯 o-Xylene	C ₈ H ₁₀	3.84	4.52	
81	对二甲苯 p-Xylene	C ₈ H ₁₀	2.90	13.26	
82	丙苯 Benzene, propyl-	C ₉ H ₁₂	7.66		
83	4-甲基-1-乙基苯 Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	C ₉ H ₁₂	0.54	0.52	
84	3-甲基-1-乙基苯 Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	C ₉ H ₁₂	6.90		
85	1,3,5-三甲苯 Benzene, 1,3,5-trimethyl-	C ₉ H ₁₂	7.43	0.53	
86	1,2,3,5,8,8a-六氢-7-甲基-萘 7-Methyl-1,2,3,5,8,8a-hexahydronaphthalene	C ₁₁ H ₁₆	1.20	1.27	
87	4,7-二甲基十一烷 Undecane, 4,7-dimethyl-	C ₁₃ H ₂₈			0.29
88	2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺[4.5]癸-6-烯 2,6,10,10-Tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5]dec-6-ene	C ₁₃ H ₂₂ O	0.69	1.04	0.64
89	1,2,3,4-四氢-1,1,6-三甲基-萘 Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,1,6-trimethyl-	C ₁₃ H ₁₈	2.13	0.57	1.78
90	4,6(E),8(E)-巨豆三烯 Megastigma-4,6(E),8(E)-triene	C ₁₃ H ₂₀	0.35	0.35	1.35
91	2,6,6-三甲基-1-(3-甲基-1,3-丁二烯基)-1,3-环己二烯 1,3-Cyclohexadiene,2,6,6-trimethyl-1-(3-methyl-1,3-butadienyl)-	C ₁₄ H ₂₀	0.28	0.28	0.54
92	α金合欢烯 αFarnesene	C ₁₅ H ₂₄	0.28	0.28	4.06
93	1,4-二甲基-7-(1-甲基乙基)-甘菊蓝 Azulene, 1,4-dimethyl-7-(1-methylethyl)-	C ₁₅ H ₁₈	2.74	7.02	4.64
94	二十八烷 Octacosane	C ₂₈ H ₅₈	0.68	0.17	0.21
	其他 others		15.06	2.70	3.94
95	γ-癸内酯 2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂		0.18	1.10
96	二氢海葵内酯 2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)-	C ₁₁ H ₁₆ O ₂		0.50	1.69
97	顺-3,5,6,8a-四氢-2,5,5,8a-四甲基-2H-1-苯并吡喃 2H-1-Benzopyran,3,5,6,8a-tetrahydro-2,5,5,8a-tetramethyl-, cis-	C ₁₃ H ₂₀ O	4.30	0.36	0.93
98	2-乙基基-四氢-2,6,6-三甲基-2H-吡喃 2H-Pyran,2-ethenyltrahydro-2,6,6-trimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O	0.34		
99	丁香酚 Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	4.69	0.57	
100	顺-1,2,3,4-四氢-3,3-二甲基-1,2-萘二酚 1,2-Naphthalenediol,1,2,3,4-tetrahydro-3,3-dimethyl-, cis-	C ₁₂ H ₁₆ O ₂			0.22
101	1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-4a,8-二甲基-2-(2-丙烯基)-1-萘酚 1-Naphthalenol,1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,8-dimethyl-2-(2-propenyl)-	C ₁₅ H ₂₄ O	0.33		
102	丁基羟基甲苯 Butylated Hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O		0.20	
103	月桂酸酐 Lauric anhydride	C ₂₄ H ₄₆ O ₃	0.52	0.17	
104	己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.85	0.33	
105	辛酸 Octanoic Acid	C ₈ H ₁₆ O ₂		0.16	
106	正癸酸 n-Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂		0.23	
107	对烯丙基苯甲醚 Anisole, p-allyl-	C ₁₀ H ₁₂ O	2.23		
108	丁香酚甲醚 Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	0.80		

2.2 皱皮木瓜长俊与光皮木瓜狮子头、玉兰三者间香气成分的比较

在狮子头和玉兰两个光皮木瓜品种中,从狮子头中鉴定出的成分较多,为 60 种。其中相对含量较高的 5 种成分依次为:4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮(25.71%)、(Z)-3-己烯-1-醇(14.13%)、

邻二甲苯(13.26%)、α金合欢烯(7.02%)、乙苯(4.52%)。从玉兰中共鉴定出 53 种成分,其中相对含量较高的 5 种成分依次为:4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮(17.72%)、4-(6,6-二甲基-2-亚甲基-3-环己烯基)戊-2-醇(10.68%)、(Z)-3-己烯-1-醇(7.26%)、(E)-2-己烯醛(5.68%)、二氢-β紫罗

兰醇(5.34%)。两个光皮木瓜品种共有成分为 28 种,且二者相对含量较高的几种芳香成分类似,说明它们是构成光皮木瓜特殊芳香的主要成分。

从皱皮木瓜长俊中共鉴定出 62 种香气成分,较狮子头的香气成分多 2 种,较玉兰的香气成分多 9 种。其中相对含量较高的几种成分依次为:4-甲基-5-(1,3-二戊烯基)-四氢呋喃-2-酮(11.38%)、对二甲苯(7.66%)、3-甲基-1-乙基苯(7.43%)、丁香酚(4.69%)、顺-3,5,6,8a-四氢-2,5,5,8a-四甲基-2H-1-苯并吡喃(4.30%)、乙苯(3.84%)、(E)-2-己烯醛(3.18%)等。

木瓜果实香气成分以酯类、醇类、烃类、醛类和酮类为主,在相同的分析条件下,不同木瓜果实中各类芳香物质的种类和相对含量存在很大差异。长俊果实中具有典型水果香气的酯类物质相对含量明显高于其他两个品种,占香气总含量的 15.91%;玉兰果实中醇类、酮类居多,二者占香气总含量的 54.75%,此外醛类含量也较高,为 10.73%;狮子头则以烃类、酮类、醇类为主,三者占香气成分总含量的 87.76%,而具有浓郁香味的酯类、醛类均较少。由此可见,醇类、酮类、醛类、酯类物质是构成木瓜果实芳香风味的主要物质。

3 讨 论

香气成分可以通过多种代谢途径形成,同时也受到多种因素的影响,如原料品种、栽培条件、外界生长环境、香气成分提取方法等,其中原料品种对果实的香气特征影响较大^[9],这是造成狮子头和玉兰虽同为木瓜属光皮木瓜品种,香气成分之间相似点较多,但还存在一定差异的主要原因。皱皮木瓜长俊与光皮木瓜狮子头、玉兰两个品种相比,具有酸含量低、氨基酸含量较高的特点^[10],而研究表明氨基酸是重要的风味前体物质^[11],水果香气中的脂肪族酯类、醇类和酸类化合物很大一部分是以支链氨基酸为前体生物合成的,因此氨基酸含量高很可能是造成长俊香气成分较多的原因之一。

史亚歌等^[6]从同一产地的光皮木瓜中鉴定出

46 种成分,本试验在光皮木瓜的两个品种中分别鉴定出 60 和 53 种香气成分,分别较文献^[6]多出 14 种和 7 种。与 Schreyen 等^[12]的研究结果相比,被认为具有典型木瓜风味的 2-甲基-2-丁烯酸乙酯在 3 个品种中均未检出。Satoru 等^[7]认为,形成木瓜芳香风味的成分主要有酯类、醇类、醛类、酮类,这与本文研究结果一致。与文献^[6-7,12]相比,本试验检测出的(Z)-2-庚烯醛、十六醛、十八醛、甲酸叶醇酯、5-氯代十二酸氯甲酯、辛酸环己酯、2,5-十八,二酸甲酯、丁基羟基甲苯、4-(6,6-二甲基-2-亚甲基-3-环己烯基)戊-2-醇、4,6(E),8(E)-巨豆三烯、巨豆三烯酮等多种化合物,在木瓜果实香气成分的以前研究中尚未见报道,属首次发现。

[参考文献]

- [1] 唐春红,叶志义,项昭保,等.木瓜营养保健作用研究动态[J].天然产物研究与开发,2000,12(4):97-100.
- [2] 周幅萍,汪芳安,高冰.木瓜醋的研制[J].中国酿造,2005(3):56-58.
- [3] 项昭保,任绍光,石铁松.木瓜资源的开发与利用[J].中国野生资源,2002,21(5):26-27.
- [4] 杨京,刘钟栋,陈肇铨,等.信阳毛尖储藏期间茶香气的变化[J].郑州工程学院学报,2002,23(2):1-4.
- [5] 孙宝国,何坚.香料化学与工艺学[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [6] 史亚歌,刘拉平.光皮木瓜挥发油成分[J].西北农业学报,2005,14(3):163-166.
- [7] Satoru M,Hideki T,Osamu N,et al. Volatile Components of Chinese Quince (*Pseudocydonia sinensis* Schneid)[J].J Agric Food Chem,1987,35(4):532-537.
- [8] 涂正顺,李华,王华,等.猕猴桃果实采后香气成分的变化[J].园艺学报,2001,28(6):512-516.
- [9] 陈计雷,周珊,闫师杰,等.丰水梨、砀山梨、南果梨的香气成分分析[J].园艺学报,2005,32(2):117-119.
- [10] 王绍美,何照范,郁建平.木瓜营养成分分析[J].营养学报,2000,22(2):190-192.
- [11] 孙爱东.苹果汁加工中典型芳香成分的形态、变化及香气调控的研究[D].山东:山东农业大学,2002.
- [12] Schreyen L,Dirinck P,Sandra P. Flavor Analysis of Quince [J].J Agric Food Chem,1979,27(4):872-876.