

# GC-MS 结合电子鼻分析甜瓜籽油 挥发性风味成分

吴忠红<sup>1,2</sup>, 谭慧林<sup>3</sup>, 赵雅霞<sup>4</sup>, 张健<sup>2</sup>, 孔建军<sup>2</sup>, 过利敏<sup>2</sup>, 吴斌<sup>2</sup>, 周琦<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院油料作物研究所 油料脂质化学与营养湖北省重点实验室, 武汉 430062; 2. 新疆农业科学院 农产品贮藏加工研究所, 乌鲁木齐 830091; 3. 阿克苏地区食品安全检测中心, 新疆 阿克苏 843000; 4. 新疆维吾尔自治区粮油产品质量监督检验站, 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**采用顶空固相微萃取(HS-SPME)、气相色谱-质谱联用(GC-MS)结合电子鼻技术对5个品种甜瓜籽油的挥发性风味成分进行了分析。结果表明:5个品种冷榨甜瓜籽油中共鉴定出35种挥发物,主要为醇类11种,占总挥发物的34.21%~68.18%,酯类6种,占总挥发物的11.74%~48.11%,醛类8种,占总挥发物的10.62%~22.81%。‘86-1’‘绿宝石’和‘伽师’3个品种的甜瓜籽油中醇类、酯类和醛类总含量占总挥发物的94.21%~98.45%,明显高于‘新蜜一号’和‘皇后’2个品种。其中‘86-1’品种甜瓜籽油以酯香为主,‘绿宝石’和‘伽师’品种甜瓜籽油以醇香为主,‘新蜜一号’品种甜瓜籽油挥发物以醇、酯为主,‘皇后’品种甜瓜籽油挥发物以醇、醛为主。5个品种甜瓜籽油在挥发物组成和相对含量方面存在较大差异。通过电子鼻获取的整体风味数据建立的雷达图和PCA模型能直观区分5个品种甜瓜籽油。GC-MS和电子鼻两种技术的结合使用为甜瓜籽油品质的区分、评价和溯源提供了思路和方法。

**关键词:**甜瓜籽油;挥发物;风味成分;GC-MS;电子鼻;PCA

中图分类号:TS225;TS207 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2020)12-0028-06

## Analysis of volatile flavor components of melon seed oil by GC-MS combined with electronic nose

WU Zhonghong<sup>1,2</sup>, TAN Huilin<sup>3</sup>, ZHAO Yaxia<sup>4</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>,  
KONG Jianjun<sup>2</sup>, GUO Limin<sup>2</sup>, WU Bin<sup>2</sup>, ZHOU Qi<sup>1</sup>

(1. Hubei Key Laboratory of Lipid Chemistry and Nutrition, Oil Crop Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430062, China; 2. Institute of Commodity Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 3. Aksu Regional Food Safety Testing Center, Aksu 843000, Xinjiang, China; 4. Xinjiang Uygur Autonomous Region Grain and Oil Products Quality Supervision and Inspection Station, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** The volatile flavor components of melon seed oils from five varieties were analyzed by headspace solid-phase micro-extraction, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

combined with electronic nose technology. A total of 35 volatiles were identified from five varieties of cold pressed melon seed oil, mainly including eleven kinds of alcohols, accounting for 34.21% - 68.18% of the total volatiles, six kinds of esters, accounting for 11.74% - 48.11% of the total volatiles, and eight kinds of aldehydes, accounting for 10.62% - 22.81% of the total volatiles. The total contents of alcohols, esters and

收稿日期:2020-03-13;修回日期:2020-06-22

基金项目:油料脂质化学与营养湖北省重点实验室开放课题(新疆农科院 201510);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTP-2016-OCRI)

作者简介:吴忠红(1979),女,副研究员,硕士,研究方向为农产品贮藏加工技术研究与应用(E-mail)wuzhonghong111@163.com。

通信作者:周琦,副研究员,硕士(E-mail)zhouqi01@caas.cn。

aldehydes in the melon seed oils of three varieties of 86-1, Lübaoshi and Jiashi accounted for 94.21% - 98.45% of the total volatiles, which were significantly higher than those of Xinmi No. 1 and Queen. Among them, the 86-1 melon seed oil was mainly ester fragrant, and the Lübaoshi and Jiashi oils were mainly alcohols fragrant. The volatiles of Xinmi No. 1 melon seed oil were mainly alcohols and esters, while the volatiles of Queen melon seed oil were mainly alcohol and aldehyde. There were significant differences in the composition and relative content of volatiles in the five varieties of melon seed oils. The radar chart and PCA model established by the overall flavor data obtained by the electronic nose could directly distinguish the five varieties of melon seed oils. The combination of GC-MS and electronic nose provided ideas and methods for the distinguishing, evaluation and traceability of melon seed oil quality.

**Key words:** melon seed oil; volatiles; flavor component; GC-MS; electronic nose; PCA

甜瓜籽是葫芦科植物甜瓜(*Cucumis melon* L.)的种子,别名香瓜子<sup>[1]</sup>。我国是甜瓜生产大国,而甜瓜籽作为副产物常被作为废弃物处理。甜瓜籽含油12.50%~48.38%<sup>[1-2]</sup>,油中不饱和脂肪酸含量较高,且以亚油酸为主,对人体具有多种有益的生理功能,具有调节肠道菌群、降胆固醇、降血栓、提高免疫力和抑制糖尿病等<sup>[1-3]</sup>作用,可用于制造代黄油、糕饼酥脆油和用作烹饪用油<sup>[4]</sup>。另外,以甜瓜籽油为原料制备的生物柴油,其性能指标满足欧盟和美国的相关标准,是生产生物柴油的潜在来源<sup>[5]</sup>。

近年来,对于甜瓜籽油的研究主要集中在提取技术<sup>[6]</sup>和脂肪酸组成分析方面<sup>[2,7]</sup>,而对其风味的研究鲜见报道。甜瓜籽油具有独特的风味,其风味物质是影响感官特性、质量和消费者行为的重要因素。目前,气相色谱-质谱联用(GC-MS)和电子鼻技术被广泛应用于食品中挥发物的检测<sup>[8-9]</sup>。GC-MS检测获取的是被测油脂中各种挥发物组分的定性和定量结果;电子鼻不仅可以对不同油脂的气味信息进行简单的比对分析,而且可以通过挥发物信息建立雷达图和主成分分析模型,从而直观观察不同油脂样品间的区别,是针对油脂中挥发成分整体信息的综合评价。将两者结合可以实现挥发物与整体气味相结合的风味综合分析,已经应用在肉制品<sup>[10]</sup>、金针菇<sup>[11]</sup>和包埋香精<sup>[12]</sup>中的风味分析和溯源鉴别方面。

本文采用顶空固相微萃取(HS-SPME)、GC-MS和电子鼻结合的分析方法,通过主成分分析(PCA)和雷达图对5个品种的甜瓜籽油的挥发性风味成分进行分析,为甜瓜籽油的品质评价、溯源和质量控制提供参考,为甜瓜籽油的进一步开发利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

选用新疆常规栽培甜瓜品种‘86-1’‘伽师’

‘皇后’‘绿宝石’‘新蜜一号’的种子(来源于新疆农业科学院园艺作物研究所西甜瓜种业),采用低温压榨法提取甜瓜籽油。正构烷烃标准品(C7~C30),德国Sigma公司;其他试剂除甲醇、正己烷为色谱纯外,均为分析纯。

Agilent 7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦公司;CAR/DVB/PDMS 萃取头(1 cm),美国Supelco公司;HP-5MS 弹性石英毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),美国安捷伦公司;Heidolph LR4002 旋转蒸发仪,德国海道尔夫公司;KOMET CA59G 型低温压榨机,德国IBG公司;α-FOX4000 电子鼻,法国Alpha M. O. S公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 GC-MS 分析

##### 1.2.1.1 GC-MS 分析条件

参考 Yang 等<sup>[11]</sup>的方法,略有改动。

萃取头的活化:气质联用仪的进样口温度设置为270℃,将萃取头插入进样口进行活化,以除去吸附在萃取头的物质,活化时间为30~60 min。

顶空固相微萃取(HS-SPME):取2 g 油脂于20 mL 顶空瓶中,加入搅拌子后,置于40℃ 恒温水浴中加热平衡20 min,通过隔热垫将已活化好的SPME 萃取头插入顶空瓶中(距离液面1 cm),吸附萃取30 min,在GC 进样口推出纤维头,在250℃ 条件下解吸5 min。

GC 条件:HP-5MS 弹性石英毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),以高纯氦气(纯度≥99.999%)为载气,恒定流速1.45 mL/min;柱温箱采用程序升温,起始温度40℃,保持5 min,以5℃/min 的升温速率升到200℃,保持5 min;不分流进样模式,进样口温度250℃。

MS 条件:采用全扫描模式采集信号,电离方式EI,电子轰击能量70 eV;GC-MS 接口温度280℃,离子源温度230℃,四极杆温度150℃,扫描质量范

围 40 ~ 450 u, 扫描频率 4.58 s<sup>-1</sup>。

### 1.2.1.2 挥发物的定性定量

分离出的化合物经计算机检索, 选择与 NIST147 library 谱库匹配度大于 800 的鉴定结果, 同时结合相对保留指数定性, 采用峰面积归一化法定量。

取 C7 ~ C30 正构烷烃标准品, 以正己烷为溶剂配制 0.1% 的标准溶液, 应用 1.2.1.1 GC-MS 分析条件进行分离, 测定各正构烷烃的保留时间。根据 Kovats 公式计算各挥发物的保留指数 ( $I$ ):  $I = 100n + 100(t_x - t_n)/(t_{n+1} - t_n)$ 。式中:  $t_x$  为被分析组分流出峰的保留时间, min;  $t_n$  为碳原子数为  $n$  的正构烷烃流出峰的保留时间, min;  $t_{n+1}$  为碳原子数为  $n+1$  的正构烷烃流出峰的保留时间, min。且  $t_n < t_x < t_{n+1}$ 。

### 1.2.2 电子鼻分析

参考 Renata 等<sup>[12]</sup>的方法, 略有改动。分别取 0.5 g 油脂样品置于 10 mL 顶空瓶中, 加盖密封, 常温平衡 15 min 后, 依次用电子鼻进行检测, 具体分析参数如表 1 所示。同时, 利用 Alpha Soft 9.1 软件建立主成分分析 (PCA) 和雷达图。

表 1 油脂样品的电子鼻分析参数

项目	指标
载气	高纯氮气
干燥空气流速/(mL/min)	150
顶空产生参数	
产生时间/s	900
产生温度/°C	60
搅动速度/(r/min)	500
顶空注射参数	
注射体积/mL	2
注射速度/(mL/s)	2
注射针总体积/mL	5
注射针温度/°C	70
获取参数	
获取时间/s	120
延滞时间/s	360

### 1.2.3 数据统计分析

所有实验重复 3 次取平均值, 利用软件 SPSS 19.0  $F$  检验法进行方差分析, 采用 Duncan 检验法分析差异显著性,  $P < 0.05$  为差异显著, 利用软件 Sigmaplot 16.0 作图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 挥发性成分(见表 2)

由表 2 可知, 5 个品种甜瓜籽油的挥发物种类

和相对含量存在较大差异。整体上, 共鉴定出 35 种挥发物, 其中醇类、酯类和醛类是甜瓜籽油的主要挥发物, 也是甜瓜籽油风味物质的主要来源, 主要物质分别是乙醇、乙酸乙酯和己醛。醇类为主要挥发物, 有 11 种, 占总挥发物的 34.21% ~ 68.18%, 平均为 50.01%; 其次是酯类, 有 6 种, 占总挥发物的 11.74% ~ 48.11%, 平均为 23.28%; 再次是醛类, 有 8 种, 占总挥发物的 10.62% ~ 22.81%, 平均为 16.25%; 其他挥发物含量均较低, 主要为酸类、酮类、烯类、呋喃类。

对 35 种挥发物分析发现, 在所有检测出酯类中含量相对较高的乙酸乙酯具有类似菠萝的香甜气味<sup>[13]</sup>。在 C6 主要挥发物中, 己醛具有青草的气味<sup>[14]</sup>, 正己醇具有类似于嫩树枝叶的气味<sup>[15]</sup>, 己酸是我国规定允许使用的食用香料<sup>[16]</sup>。另外, 分析发现挥发物中含有少量的呈现清新、香甜的果汁气味成分, 如: 反式-2,4-癸二烯醛呈橙子似香味; 1-辛烯-3-醇可用于日化和食用香精; 2-戊基呋喃具有豆香、果香、泥土、清香及类似蔬菜的香韵<sup>[16]</sup>; 壬醛具有玫瑰、柑橘等香气, 有强的油脂气味, 贡献坚果烤香味<sup>[16-17]</sup>。微量成分与主要酯类、醛类和醇类构成了甜瓜籽油特有的香味成分。

对比不同品种甜瓜籽油挥发物组成发现, ‘皇后’和‘86-1’所含的挥发物种类明显多于其他 3 种, 分别为 31 种和 30 种, ‘新蜜一号’和‘伽师’次之, 分别为 26 种和 23 种, ‘绿宝石’含有的挥发物种类最少, 仅检测到 19 种。‘86-1’‘绿宝石’和‘伽师’3 个品种甜瓜籽油中醇类、酯类和醛类总含量占总挥发物的 94.21% ~ 98.45%, 明显高于‘新蜜一号’和‘皇后’2 个品种, 其含量占总挥发物的 78.73% ~ 81.12%。从风味物质贡献率来看, ‘86-1’甜瓜籽油以酯香为主, 酯类相对含量占总挥发物的 48.11%, 其中乙酸乙酯约是乙醇含量的 3.36 倍, 显著高于其他 4 个品种 ( $P < 0.05$ ); ‘绿宝石’和‘伽师’2 个品种的甜瓜籽油以醇香为主, 醇类相对含量分别占总挥发物的 68.18%、62.20%, 二者存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 其中乙醇含量分别是乙酸乙酯含量的 3.08 倍和 1.79 倍, ‘绿宝石’品种的甜瓜籽油中酯类是‘伽师’的 1.67 倍, 差异显著。‘新蜜一号’品种甜瓜籽油以醇类、酯类为主, 合计占总挥发物的 66.45%; ‘皇后’品种甜瓜籽油以醇类、醛类为主, 合计占总挥发物的 63.28%, ‘新蜜一号’甜瓜籽油中醇类和酯类含量均显著高于‘皇后’品种, 且前者酯类含量是后者的 1.39 倍, 醛类含量较后者少 35.69%, 也存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。

表2 不同品种甜瓜籽油挥发性成分的GC-MS分析结果

序号	出峰时间/ min	保留指数	化合物	含量/%				
				86-1	伽师	皇后	绿宝石	新蜜一号
1	1.52	503	乙醇	13.42	18.96	12.98	54.25	14.06
2	1.97	602	乙酸	nd	3.11	7.19	nd	15.89
3	2.12	617	乙酸乙酯	45.10	10.60	12.51	17.64	18.86
4	2.46	652	3-甲基正丁醛	2.31	1.96	2.46	2.16	4.27
5	2.96	702	戊醛	1.73	1.62	2.77	1.83	2.51
6	3.13	710	4-甲基戊醇	1.25	0.54	1.36	1.20	1.67
7	3.54	731	3-甲基-1-丁醇	1.12	1.97	1.94	1.45	1.63
8	4.19	765	正戊醇	0.80	26.23	6.34	1.24	7.58
9	4.47	779	2,3-丁二醇	7.88	8.04	6.58	3.28	7.78
10	4.71	791	2,4-丁二醇	7.18	3.74	5.59	4.04	7.98
11	4.92	802	己醛	6.19	16.57	13.67	4.08	5.90
12	6.12	841	3-甲基丁酸	0.40	nd	0.61	nd	nd
13	6.34	848	2-甲基丁酸乙酯	0.98	0.46	1.10	1.45	1.34
14	6.91	867	正己醇	1.08	1.83	4.18	1.91	1.46
15	7.17	876	乙酸异戊酯	1.06	0.55	0.62	0.56	1.14
16	7.46	885	戊酸	0.33	nd	0.72	nd	0.29
17	7.59	890	2-庚酮	0.43	0.32	1.17	0.48	0.61
18	7.93	901	戊醛	nd	0.16	0.90	0.46	0.50
19	8.31	911	丁内酯	0.67	0.13	0.91	nd	nd
20	8.99	930	蒎烯	nd	0.24	0.32	nd	nd
21	9.94	957	苯甲醛	1.23	0.93	1.90	1.72	1.19
22	10.38	969	1-庚醇	0.23	0.79	0.57	0.81	2.18
23	10.96	985	己酸	3.77	0.64	10.14	nd	nd
24	11.14	990	2-戊基咪喃	nd	0.53	nd	1.06	1.69
25	11.98	1 013	乙酸己酯	0.15	nd	nd	nd	nd
26	12.69	1 032	苯甲醇	0.44	0.10	0.33	nd	0.14
27	13.02	1 041	苯乙醛	0.13	nd	0.20	nd	nd
28	13.42	1 051	$\gamma$ -己内酯	0.15	nd	0.31	nd	0.12
29	13.58	1 056	1-辛烯-3-醇	0.35	nd	0.60	nd	0.38
30	14.62	1 084	四甲基吡嗪	0.33	nd	0.51	nd	0.50
31	14.83	1 089	十一碳烯	0.31	nd	0.59	nd	nd
32	15.31	1 102	壬醛	0.30	nd	0.64	0.37	0.30
33	15.59	1 110	苯乙醇	0.46	nd	nd	nd	0.13
34	18.49	1 189	2-甲氧基-5-甲基苯酚	0.20	nd	nd	nd	nd
35	22.75	1 313	反式-2,4-癸二烯醛	nd	nd	0.27	nd	nd
			醇类	34.21e	62.20b	40.47d	68.18a	44.99c
			醛类	11.89c	21.24a	22.81a	10.62c	14.67b
			酯类	48.11a	11.74d	15.45c	19.65b	21.46b
			酸类	4.50b	3.75b	18.66a	nd	16.18a
			其他	1.27b	1.09b	2.59a	1.54b	2.80a

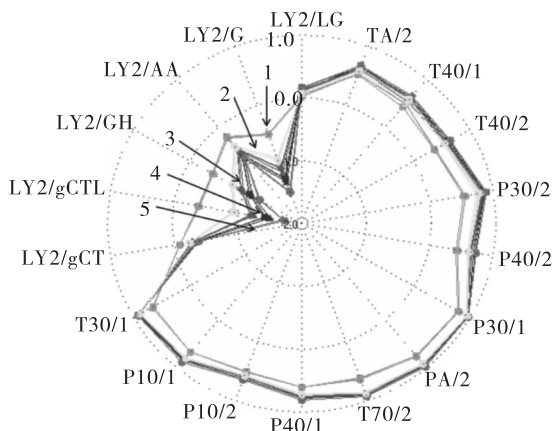
注:nd表示未检出;同行不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

## 2.2 电子鼻区分不同品种的甜瓜籽油风味

### 2.2.1 雷达图分析(见图1)

从图1可以看出,5个品种甜瓜籽油对18个传感器的反应信号强度不同,其中‘皇后’的强度明显小于其他4种,说明‘皇后’中的挥发物成分的种类

和含量的综合指标最低。由此表明,‘皇后’品种甜瓜籽油的香味性挥发物明显少于其他4种,这与GC-MS鉴定结果一致。另外,其他4个品种的整体风味成分的反应强度相当,品种间的区分距离不明显,需构建主成分分析图进行更为明显的直观分析。

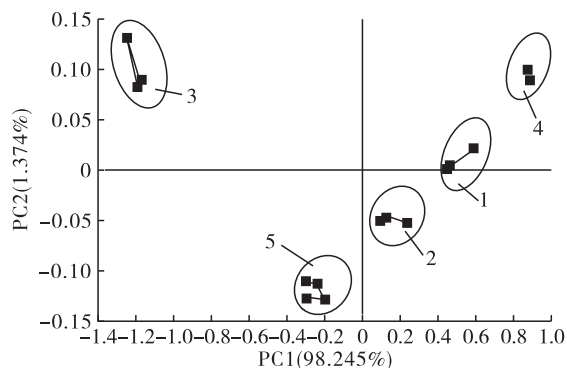


注: 1~5 依次为‘皇后’‘新蜜一号’‘伽师’‘86-1’‘绿宝石’品种甜瓜籽油的 3 次重复。

图 1 电子鼻测定甜瓜籽油挥发物雷达图

## 2.2.2 主成分分析

电子鼻检测各品种甜瓜籽油风味时所用的样品与 GC-MS 相同, 每个样品均做 3~4 次重复, 并通过 PCA 分析相关数据, 结果见图 2。



注: 1~5 依次为‘86-1’‘伽师’‘皇后’‘绿宝石’‘新蜜一号’5 个品种甜瓜籽油的 3~4 次重复。

图 2 基于电子鼻采集甜瓜籽油风味数据构建的 PCA 模型

从图 2 可以看出, 由于传感器不稳定性, 每个样品的重复检测存在小范围波动, 但是不同品种组甜瓜籽油间的风味物质存在的区分界限较明显, 这个结果也证实了金属氧化物传感器 (MOS) 能够通过相似度指纹图谱来准确区分不同风味物的样品组。所有样品被分为 5 大群组, 不同样品的分离发生在主成分 1 (PC1) 上, 第一主成分的贡献率达 98.245%, 第二主成分贡献率为 1.374%, 总贡献率为 99.619%, 能较好地反映原始高维矩阵数据的信息, 主成分 1 的方差贡献率远大于主成分 2, 表明 PC1 轴向右距离越大, 样品差异性越大。以竖线为分隔, 将 5 个品种的甜瓜籽油分成左右 2 个组, 右侧是‘86-1’‘伽师’和‘绿宝石’3 个品种, 左侧是‘新蜜一号’和‘皇后’2 个品种, 且‘皇后’与‘新蜜一号’距离较远, 这与 GC-MS 的分析结果一致。由此表明, ‘86-1’

‘伽师’和‘绿宝石’3 个品种的样品簇与‘新蜜一号’和‘皇后’2 个品种的样品簇存在显著差异, 而且‘皇后’品种的样品簇与‘新蜜一号’品种的样品簇同样存在显著差异。与雷达图相比, 5 个品种的样品簇之间清晰可分, 差异特性显示更为直观, 这一结果弥补了雷达图分析不能直观区分‘86-1’‘伽师’‘绿宝石’和‘新蜜一号’品种间的特性差异的缺点。

5 个品种甜瓜籽油挥发物存在明显差异可能与品种间的亲缘关系远近相关。根据陈芸等<sup>[18]</sup>对国内外 61 个品种的甜瓜种质资源遗传多样性分析发现, 种间亲缘关系较远, 而且新疆甜瓜遗传多样性更为丰富, 不仅表现在常见的果肉风味多样性方面, 也表现在种子脂肪酸组成方面, 这种差异性在不同品种的西瓜种子<sup>[19]</sup>、橄榄油<sup>[20]</sup>中也存在。研究表明, 在‘伽师’种子油脂中含有 6~12 种脂肪酸<sup>[2,6,21]</sup>, 在其他品种油脂中脂肪酸组成差异较大, 少则有 7~12 种<sup>[1,3,22]</sup>, 多则有 15~23 种<sup>[7,23-24]</sup>。由此表明, 油脂挥发物的差异与品种有一定关系。

## 3 结论

本实验采用顶空固相微萃取、GC-MS 联用, 并结合电子鼻技术分析比较了‘86-1’‘伽师’‘皇后’‘绿宝石’和‘新蜜一号’甜瓜籽油中的挥发性风味成分。从样品中共鉴定出 35 种挥发物, 主要为醇类 11 种, 占总挥发物的 34.21%~68.18%; 酯类 6 种, 占总挥发物的 11.74%~48.11%; 醛类 8 种, 占总挥发物的 10.62%~22.81%。5 个品种甜瓜籽油在挥发物组成和相对含量方面存在较大差异。‘86-1’‘绿宝石’和‘伽师’3 个品种的甜瓜籽油中醇类、酯类和醛类总含量占总挥发物的 94.21%~98.45%, 明显高于‘新蜜一号’和‘皇后’2 个品种。其中‘86-1’品种甜瓜籽油以酯香为主, ‘绿宝石’和‘伽师’品种甜瓜籽油以醇香为主, ‘新蜜一号’品种甜瓜籽油挥发物以醇类、酯类为主, ‘皇后’品种甜瓜籽油挥发物以醇类、醛类为主。通过电子鼻获取的整体风味数据建立的雷达图和 PCA 模型可知, 雷达图和 PCA 的结合具有优势互补作用, 检测结果重复性好, 数据信息量完整, 能直观区分 5 个品种甜瓜籽油, 与 GC-MS 结论一致。GC-MS 和电子鼻两种技术的结合使用为甜瓜籽油品质的区分、评价和溯源提供了思路和方法。

## 参考文献:

- [1] MANOHAR S H, MURTHY H N. Fatty acid profile of *Cucumis melovar acidulus* (culinary melon) seed oil[J]. J Am Oil Chem Soc, 2014, 91: 815-816.

- [2] 张正方, 白希, 刘睿婷, 等. 新疆伽师瓜籽油理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2011, 36(9): 68-70.
- [3] 高铭媛, 王淼, 侯哲, 等. GC-FID/MS法测定甜瓜籽中脂肪酸组成及含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2015, 32(7): 556-560.
- [4] HAGHAYEGH G H, ZAVEHZAD N. Utilization of melon seed flour as fat replacer in production of low fat oil cake and evaluation quantitative and qualitative of final product [J]. J Food Sci Tech, 2016, 53(13): 1-9.
- [5] RASHID U, REHMAN H A, HUSSAIN I, et al. Muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed oil: a potential non-food oil source for biodiesel production[J]. Energy, 2011, 36: 5632-5639.
- [6] 唐军, 王强, 白希, 等. 超声辅助提取伽师瓜籽油工艺及其脂肪酸成分研究[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2011, 28(2): 226-230.
- [7] MELLO M L S D, BORA P S, NARAIN N. Fatty and amino acids composition of melon (*Cucumis melo* var. *saccharinus*) seeds [J]. J Food Compos Anal, 2001, 14: 69-74.
- [8] SONG S, ZHANG X, HAYAT K, et al. Coordinating fingerprint determination of solid-phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry and chemometric methods for quality control of oxidized tallow [J]. J Chromatogr A, 2013, 1278: 145-152.
- [9] 祝愿, 李俊, 王震, 等. 电子鼻、电子舌系统及国内外研究现状[J]. 食品安全导刊, 2018(36): 52-53.
- [10] 王勇勤, 郭新, 黄笠原, 等. 基于电子鼻和气相色谱-质谱联用技术分析不同贮藏时间羊肉火腿香气成分[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 215-221.
- [11] YANG W J, YU J, PEI F, et al. Effect of hot air drying on volatile compounds of *Flammulina velutipes* detected by HS-SPME-GC-MS and electronic nose [J]. Food Chem, 2016, 196(1): 860-866.
- [12] RENATA B, PETRAS R V, ALGIRDAS G, et al. Testing of microencapsulated flavours by electronic nose and SPME-GC[J]. Food Chem, 2005, 92(1): 45-54.
- [13] 王鹏, 田洪磊, 詹萍, 等. 采用GC-MS技术分析新疆蟠桃鲜果及其果汁制品中的挥发性物质[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(11): 199-205.
- [14] 杨敏, 周围, 魏玉梅. 桃品种间香气成分的固相微萃取-气质联用分析[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 389-392.
- [15] 秦玲, 康文怀, 张志雯, 等. HS-SPME-GC-MS分析油桃果实C6醇醛挥发性成分变化[J]. 现代食品科技, 2015, 31(8): 301-307.
- [16] 张飞, 谷令彪, 秦召, 等. 三种方法提取蒲公英净油中挥发性和半挥发性香味成分比较分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 83-89.
- [17] 邓龙, 刘雄飞, 刘贤标, 等. GC-MS-O结合电子鼻对橄榄油挥发性成分的分析与鉴别[J]. 中国食品学报, 2019, 19(5): 276-286.
- [18] 陈芸, 李冠, 王贤磊. 甜瓜种质资源遗传多样性的SRAP分析[J]. 遗传, 2010, 32(7): 744-751.
- [19] MABALEHA M B, MITEI Y C, YEBOAH S O. A comparative study of the properties of selected melon seed oils as potential candidates for development into commercial edible vegetable oils[J]. J Am Oil Chem Soc, 2007, 84: 31-36.
- [20] 雷春妮, 张雅珩, 李经纬, 等. 不同品种与加工工艺对初榨橄榄油挥发性风味成分的影响[J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 35-42.
- [21] 董海丽. 甜瓜籽油的超临界CO<sub>2</sub>提取及组成分析[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 169-171.
- [22] 古丽米热·卡哈尔, 张君萍, 古丽娜尔·卡斯木, 等. 超临界CO<sub>2</sub>萃取甜瓜籽油工艺及其脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2014, 39(12): 13-16.
- [23] 马云肖, 王建新. 关于几种甜瓜籽油的特性分析[J]. 粮油加工, 2014(3): 33-35.
- [24] 武鹏凯, 林宏英, 黄建梅, 等. 新疆产番茄、哈密瓜、葡萄、石榴籽油脂脂肪酸组成的GC-MS分析[J]. 特产研究, 2015(1): 50-57.

· 公益广告 ·



# 节能减排，提质增效！

《中国油脂》宣