

## 两种工艺芝麻油中挥发性风味物质的鉴别分析

周易枚<sup>1</sup>, 吴达<sup>2</sup>, 蒋林惠<sup>1</sup>, 樊青青<sup>1</sup>, 石敏<sup>1</sup>, 胡雨<sup>1</sup>, 任翊<sup>1</sup>, 周楠<sup>1</sup>

(1. 南通市食品药品监督检验中心, 江苏南通 226006; 2. 南通市计量检定测试所, 江苏南通 226007)

**摘要:**旨在从不同芝麻油成品中找出共有的挥发性成分,为芝麻油掺伪鉴别提供数据支持。采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法检测市售的压榨与水代法两种加工工艺生产的共10个品牌一级芝麻油中的挥发性风味物质,分析鉴别两种工艺芝麻油中共有的挥发性成分。结果表明:7个品牌压榨芝麻油中共检出49种风味物质,其中16种为共有成分,主要为酚类、吡嗪类、醇类、酮类、吡咯类、吡啶类等化合物;3个品牌水代法芝麻油中共检出61种风味物质,其中30种为共有成分,主要为酚类、吡嗪类、酮类、吡啶类、吡咯类、醇类、醛类等化合物;两种工艺生产的芝麻油中存在13种共有挥发性成分,分别为愈创木酚、芝麻酚、2-甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪、2-羟基-5-甲基苯乙酮、1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙酮、5-甲基吡喃醛、2-吡咯甲醛、3-糠醛、(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇、2-乙酰基吡咯、3-吡喃甲醇。综上,不同工艺、品牌芝麻油中存在共有挥发性成分,可作为芝麻油的特征标志物,用于芝麻油掺伪鉴别分析。

**关键词:**芝麻油;挥发性成分;压榨;水代法;风味物质;掺伪鉴别

中图分类号:TS225.1;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2023)10-0039-07

### Identification and analysis of volatile flavor compounds in sesame oils prepared by two different processes

ZHOU Yimei<sup>1</sup>, WU Da<sup>2</sup>, JIANG Linhui<sup>1</sup>, FAN Qingqing<sup>1</sup>,  
SHI Min<sup>1</sup>, HU Yu<sup>1</sup>, REN Yi<sup>1</sup>, ZHOU Nan<sup>1</sup>

(1. Nantong Food and Drug Inspection Center, Nantong 226006, Jiangsu, China;

2. Nantong Metrology Verification and Testing Institute, Nantong 226007, Jiangsu, China)

**Abstract:** In order to provide data support for the identification of sesame oil adulteration, the common volatile components of sesame oil from different sesame oil products were identified. Headspace solid phase microextraction - gas chromatography - mass spectrometry was used to detect the volatile compounds in 10 brands of first - class sesame oil produced by the two processing technologies of pressing (pressed fragrant sesame oil) and aqueous extraction (ground fragrant sesame oil), and the common volatile compounds in the sesame oils of two processing technologies were analyzed and identified. The results showed that a total of 49 flavor compounds were detected in 7 brands of pressed fragrant sesame oil, of which 16 were common ingredients, mainly composed of phenols, pyrazines, alcohols, ketones, pyrroles, pyridines. There were 61 flavor compounds in 3 brands of ground fragrant sesame oil, of which 30 were common ingredients, mainly composed of phenols, pyrazines, ketones, pyridines, pyrroles,

alcohols, aldehydes, etc. There were 13 common volatile components in sesame oils produced by the two processes, which were guaiacol, sesamol, 2 - methylpyrazine, 3 - ethyl - 2, 5 - dimethyl pyrazine, 2 - ethyl - 6 - methyl pyrazine, 2 - hydroxy - 5 - methyl acetophenone, 1 - (5 - methyl - 2 - pyrazinyl) - ethanone, 5 - methyl

收稿日期:2022-06-19;修回日期:2023-05-30

基金项目:江苏省南通市市级社会民生面上科技项目 (MS12021027)

作者简介:周易枚(1983),女,高级工程师,研究方向为食品质量与安全(E-mail)yimei4876@163.com。

通信作者:周楠,工程师,硕士(E-mail)1211463432@qq.com。

furanal, pyrrole-2-carboxaldehyde, 3-furaldehyde, (1*S*, 2*S*)-1,2-di(pyridin-4-yl)ethane-1,2-diol, 2-acetylpyrrole and 3-furanmethanol. In summary, there are common components in different processes and brands of sesame oil, which can be used as characteristic markers of sesame oil for the identification of sesame oil adulteration.

**Key words:** sesame oil; volatile component; pressing method; aqueous extraction method; flavor compound; adulteration identification

芝麻油营养丰富,香味宜人,深受人们的喜爱。受暴利驱使,芝麻油掺假情况时有发生,但目前芝麻油中掺伪检测方法还未有有效标准,属于技术空白。目前仅有芝麻油中添加乙基麦芽酚的补充检测方法(BJS 201708)。食用油的种类可通过其气味进行判断,气味又由各种挥发性风味物质组成,挥发性风味物质主要来自原料、加工过程及非法添加。因此,研究芝麻油中风味物质对于芝麻油掺伪检测具有重要意义。

目前关于芝麻油中挥发性风味物质的研究主要集中在风味物质的种类、含量以及不同焙炒工艺对芝麻油风味的影响<sup>[1]</sup>等方面。如:赵赛茹等<sup>[2]</sup>研究了芝麻油中的挥发性成分随焙炒时间的变化规律;尹文婷等<sup>[3]</sup>研究了芝麻原油、压榨芝麻油、冷榨芝麻油、精炼芝麻油等不同工艺芝麻油中的挥发性成分。然而,对于不同原料、加工工艺的芝麻油挥发性风味物质的共性成分方面的研究较少。刘乾坤等<sup>[4]</sup>用水蒸气蒸馏、溶剂萃取结合柱分离测定了自制芝麻油的挥发性成分,共鉴定出43种成分。刘鑫等<sup>[5]</sup>研究了3种不同芝麻油中的挥发性风味物质,发现水代法芝麻油中检出99种、压榨芝麻油中检出97种、商品芝麻油中检出70种,并认为3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、4-甲基噻唑、愈创木酚可作为区别3种芝麻油的关键风味物质。万茵等<sup>[6]</sup>对7个不同品牌的芝麻油样品中挥发性成分进行了检测

分析,共分离鉴定出56种化合物,认为其中甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-甲基吡嗪、苯甲醛、5-甲基-2-糠醛7种化合物为芝麻油香气组成的主要挥发性成分。油脂中挥发性气味物质测定的前处理方法有超临界流体萃取法(SFE)、蒸馏萃取法(ED)及顶空固相微萃取法(HS-SPME)<sup>[7]</sup>等。与超临界流体萃取法及蒸馏萃取法比较,顶空固相微萃取法具有处理时间短、步骤较简单,不会对油脂中的挥发性物质造成破坏等优点。

按照GB/T 8233—2018,以芝麻为原料加工制取的芝麻油分为芝麻原油、小磨芝麻香油(水代法制取)、芝麻香油(压榨或压滤工艺制取)和精炼芝麻油<sup>[8]</sup>。本文以市场上主要销售的一级芝麻香油(加工工艺为压榨)和小磨芝麻香油(加工工艺为水代法)为研究对象,采用顶空固相微萃取法进行前处理,采用气相色谱-质谱联用仪进行检测,并通过谱库检索及人工谱图分析,分析了两种加工工艺生产的芝麻油中存在的共性挥发性成分及其含量范围,以期为芝麻油掺伪鉴别提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

10个不同品牌市售芝麻油:均购于大型超市,具体信息见表1。

表1 10个不同品牌芝麻油产品信息

序号	品牌	加工工艺	质量等级	生产日期	产地
1	太太乐	压榨	一级	2021-04-07	中国大陆
2	福临门	水代法	一级	2021-03-09	安徽省合肥市
3	金龙鱼	压榨	一级	2021-01-15	山东省青岛
4	燕庄	压榨	一级	2021-07-29	安徽省合肥市
5	恒顺	压榨	一级	2021-07-23	江苏省镇江市
6	鲁花	压榨	一级	2021-09-16	山东省烟台市
7	李锦记	压榨	一级	2021-04-14	广东省江门市
8	长康	压榨	一级	2021-09-17	湖南省岳阳市
9	五鹿香	水代法	一级	2021-11-15	河北省邯郸市
10	乡韵	水代法	一级	2021-11-10	河南省商丘市

手动固相微萃取装置、50/30 μm CAR/DVB/

PDMS 萃取纤维头,美国 Supelco 公司;7890 + 7000D

GC-MS、HP-5 MS 色谱柱、DB-WAX 色谱柱,美国安捷伦公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 芝麻油中挥发性风味物质的顶空固相微萃取

萃取头的处理:首次使用前进行老化,老化温度 270 °C、老化时间 1 h,之后每次使用前,将其在进样口 250 °C 下解吸 5 min,以去除上一次实验在萃取纤维头上的残留物质。

萃取、解吸:取 5 mL 芝麻油样品置于 20 mL 由聚四氟乙烯硅胶垫的盖子密封的棕色顶空瓶中。先将样品在 70 °C 水浴中加热 30 min,然后将萃取头针头插入顶空瓶内,伸出纤维头,吸附挥发性物质 30 min,吸附完成后,手动进样,在气相色谱仪进样口解吸 2 min。

### 1.2.2 芝麻油中挥发性风味物质的 GC-MS 测定

GC 条件:DB-WAX 色谱柱(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm);色谱柱升温程序为 40 °C 保持 5 min,以

5 °C/min 升温至 180 °C,再以 10 °C/min 升温至 220 °C,保持 5 min;进样口温度 250 °C;载气 He,流速 1.0 mL/min;溶剂无延迟;不分流模式进样;进样量 1 μL。

MS 条件:EI 离子源;电子轰击能量 70 eV;离子源温度 230 °C;传输线温度 280 °C;质量扫描范围 30 ~ 450 u。

### 1.2.3 挥发性风味物质定性定量分析

采用 Qualitative Workflows B.08.00 软件通过解卷积的方式,对图谱进行定性分析,仅报道匹配度分数大于或等于 80%、峰面积相对基峰含量大于或等于 1% 的成分。结合 NIST14 谱库检索及匹配度分析,再结合文献资料进行人工谱图分析,确定各个挥发性成分,并采用峰面积归一化法进行定量分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 压榨加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分

1、3、4、5、6、7、8 号压榨加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分及相对含量见表 2。

表 2 压榨加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分及相对含量(n=3)

化合物	CAS 号	相对含量/%						
		1 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号
愈创木酚	90-05-1	5.30	5.70	6.39	5.90	4.33	5.85	5.13
2-甲基吡嗪	109-08-0	4.87	6.78	3.66	6.87	7.83	7.57	6.29
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	13360-65-1	4.76	3.90	2.59	3.15	6.27	3.65	4.17
2-吡咯甲醛	1003-29-8	3.27	2.99	2.88	3.45	1.63	3.37	2.52
芝麻酚	533-31-3	3.23	4.65	5.44	1.66	0.78	0.90	1.89
2-羟基-5-甲基苯乙酮	1450-72-2	3.21	2.85	4.39	2.96	3.21	0.90	1.90
3-氨基-2,6-二甲基吡啶	3430-33-9	2.78	-	-	2.56	4.95	2.98	3.16
(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇	5486-06-6	2.05	2.41	2.69	1.40	0.82	2.14	1.04
3-糠醛	498-60-2	1.89	2.74	1.08	3.35	2.29	2.43	2.81
2-乙基-(5或6)-甲基吡嗪	13360-64-0	1.88	1.76	0.76	2.17	4.18	2.20	1.56
均三甲苯	108-67-8	1.87	2.09	1.68	1.98	1.47	2.19	2.08
2-乙基-6-甲基吡嗪	13925-03-6	1.82	2.03	0.88	1.71	3.22	2.04	1.91
5-甲基呋喃醛	620-02-0	1.80	2.34	1.63	3.69	2.21	2.40	2.30
3-呋喃甲醇	4412-91-3	1.45	1.76	1.32	1.98	1.98	0.77	2.24
2,6-二甲基-4-氨基吡啶	3512-80-9	1.35	1.45	1.42	1.44	2.01	1.67	1.36
1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙酮	22047-27-4	1.23	2.30	1.79	2.95	0.99	2.31	3.21
2-乙酰基吡咯	1072-83-9	1.04	1.47	1.29	1.53	0.80	1.33	1.24
2-甲基-4-羟基嘧啶	77164-93-3	0.87	0.93	1.14	0.82	-	-	-
毒芹分碱	622-39-9	0.87	-	-	1.37	0.88	1.11	-
2,3-二甲基吡嗪	5910-89-4	0.81	0.49	-	-	1.30	0.80	0.63
2-氨基-4,6-二甲氧基嘧啶	36315-01-2	0.79	-	3.48	-	0.34	-	-
2,5-二甲基苯甲醛	5779-94-2	0.51	-	-	-	-	-	0.35
2,4-二甲基噻唑	541-58-2	0.46	-	0.29	0.58	1.45	0.91	0.13
2-乙烷基-3,5-二甲基吡嗪	13925-07-0	0.45	-	-	0.90	-	0.84	1.26
A-柏木萜烯	50894-66-1	0.43	-	-	0.25	-	-	0.24

续表 2

化合物	CAS 号	相对含量/%						
		1 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号
2-异丙基-4-甲基噻唑	15679-13-7	0.42	-	0.38	-	0.49	0.41	0.47
$\alpha$ -亚乙基-苯乙醛	4411-89-6	0.34	0.34	-	-	0.31	-	-
十二烷基七聚乙二醇醚	3055-97-8	0.34	-	0.07	-	0.16	0.16	-
正己醛	66-25-1	0.32	0.40	-	0.28	0.24	0.39	0.24
4-甲基噻唑	693-95-8	0.09	0.51	-	0.07	-	0.41	-
烟酸甲酯	93-60-7	-	-	0.84	0.51	-	0.49	0.49
对氨基苯腈	873-74-5	-	-	0.76	-	-	-	-
1-(2-丙炔)吡咯烷	7223-42-9	-	4.13	-	-	-	-	5.12
1,4-二羟基萘	571-60-8	-	0.42	0.19	0.17	-	-	0.22
3-氨基苯乙炔	54060-30-9	-	-	0.61	0.20	-	0.13	-
2-丁基吡啶	5058-19-5	-	-	1.09	-	-	-	1.93
辛烯二醇单正十二烷基酯	3055-98-9	-	1.32	0.67	-	-	-	-
2-甲氧基-6-甲基吡嗪	2882-21-5	-	1.21	-	-	-	0.45	-
反式-2,4-癸二烯醛	25152-84-5	-	-	-	2.24	0.77	1.83	2.36
顺式-香柠檬烯	18252-46-5	-	0.39	0.53	-	-	-	-
4,6-二甲基嘧啶	1558-17-4	-	-	-	4.26	8.83	4.29	-
2-乙基吡嗪	13925-00-3	-	0.87	-	3.54	2.35	-	0.93
4-甲基-5-( $\beta$ -羟乙基)噻唑	137-00-8	-	0.19	0.36	-	-	0.15	-
2,6-二乙基吡嗪	13067-27-1	-	0.87	0.62	-	1.66	-	-
壬醛	124-19-6	-	0.41	-	-	-	-	0.89
2,5-二甲基吡嗪	123-32-0	-	0.89	1.55	-	-	-	-
2,6-二甲基吡嗪	108-50-9	-	2.44	-	-	3.15	-	2.17
苯甲醛	100-52-7	-	0.79	-	0.96	0.80	0.85	1.02
苯甲醇	100-51-6	-	-	-	-	-	-	1.12

注：-表示未检出。下同

从表 2 可看出,7 个压榨芝麻油中共检出 49 种挥发性风味物质,其中 1、3、4、5、6、7、8 号分别检出 30、33、31、31、31、32、34 种化合物。7 个压榨芝麻油中的共有挥发性成分有 16 种,具体见表 3。

表 3 7 个压榨加工工艺生产的芝麻油中的共有挥发性成分

化合物	CAS 号	含量范围/%
2-甲基吡嗪	109-08-0	3.66~7.83
2,6-二甲基-4-氨基吡啶	3512-80-9	1.35~2.01
2-乙基-6-甲基吡嗪	13925-03-6	0.88~3.22
2-乙基-(5 或 6)-甲基吡嗪	13360-64-0	0.76~4.18
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	13360-65-1	2.59~6.27
3-糠醛	498-60-2	1.08~3.35
5-甲基呋喃醛	620-02-0	1.63~3.69
均三甲苯	108-67-8	1.47~2.19
3-呋喃甲醇	4412-91-3	0.77~2.24
1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙酮	22047-27-4	0.99~3.21

续表 3

化合物	CAS 号	含量范围/%
愈创木酚	90-05-1	4.33~6.39
2-乙酰基吡咯	1072-83-9	0.80~1.53
2-吡咯甲醛	1003-29-8	1.63~3.45
(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇	5486-06-6	0.82~2.69
2-羟基-5-甲基苯乙酮	1450-72-2	0.90~4.39
芝麻酚	533-31-3	0.78~5.44

## 2.2 水代法加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分

2、9、10 号水代法加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分及相对含量见表 4。

从表 4 可看出,3 个水代法芝麻油中共检出 61 种挥发性风味物质,其中 2 号检出 44 种,9 号检出 47 种,10 号检出 54 种。3 个水代法芝麻油中的共有挥发性成分有 30 种,具体如表 5 所示。

表4 水代法加工工艺生产的芝麻油中挥发性风味成分及相对含量( $n=3$ )

化合物	CAS号	相对含量/%		
		2号	9号	10号
愈创木酚	90-05-1	9.21	10.64	8.61
2-甲基吡嗪	109-08-0	6.20	5.50	6.08
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	13360-65-1	4.50	4.18	4.60
芝麻酚	533-31-3	4.10	4.09	3.19
1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙酮	22047-27-4	4.00	3.39	4.05
2-吡咯甲醛	1003-29-8	3.40	3.51	3.28
5-甲基呋喃醛	620-02-0	3.10	2.47	3.29
2-羟基-5-甲基苯乙酮	1450-72-2	3.08	2.70	4.00
2,5-二甲基吡嗪	123-32-0	3.01	2.79	3.20
3-氨基-2,6-二甲基吡啶	3430-33-9	2.38	2.43	2.83
2-乙基-6-甲基吡嗪	13925-03-6	2.31	2.00	2.55
2-乙酰基吡咯	1072-83-9	2.21	2.37	2.11
3-呋喃甲醇	4412-91-3	2.07	1.89	2.10
2,6-二甲基吡嗪	108-50-9	1.89	1.77	2.10
(1 <i>S</i> ,2 <i>S</i> )-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇	5486-06-6	1.72	1.93	1.66
2-乙基吡嗪	13925-00-3	1.39	1.37	1.71
3-糠醛	498-60-2	1.36	0.99	1.45
2,6-二乙基吡嗪	13067-27-1	1.28	1.35	1.00
1,5-二甲基-2-吡咯甲脒	56341-36-7	0.87	-	0.95
3-甲氧基吡啶	7295-76-3	0.78	-	0.93
2-氨基-4,6-二甲氧基嘧啶	36315-01-2	0.65	-	0.87
烟酸甲酯	93-60-7	0.63	0.94	0.57
2,3-二甲基吡嗪	5910-89-4	0.49	0.47	0.58
4-甲基噻唑	693-95-8	0.49	0.48	0.51
吡啶	110-86-1	0.43	0.43	-
3-氨基-4-甲基苯酚	2836-00-2	0.43	0.63	-
苯甲醛	100-52-7	0.42	0.33	0.56
吡嗪	120-72-9	0.42	-	0.56
2-乙烯基吡嗪	4177-16-6	0.42	-	0.39
2,4,6-三甲基-1,3-苯二胺	3102-70-3	0.41	0.39	0.39
对氨基苯脒	873-74-5	0.41	0.39	0.39
1,4-二羟基萘	571-60-8	0.37	0.40	0.34
2-甲基-6-乙烯基吡嗪	13925-09-2	0.36	-	0.40
2,6-二甲氧基苯酚	91-10-1	0.34	0.42	0.28
叔丁基苯醚	6669-13-2	0.32	-	0.56
匹罗卡品	92-13-7	0.22	0.25	0.23
2-丁基苯并呋喃	4265-27-4	0.21	0.13	-
5-氨基吡嗪	5192-03-0	0.21	-	0.17
A-柏木萜烯	50894-66-1	0.20	0.12	0.21
胡椒醛	120-57-0	0.17	0.19	0.15
2,4-二甲基噻唑	541-58-2	0.17	0.33	0.14
(+)- $\alpha$ -蒎烯	7785-70-8	0.12	-	0.13
鸟嘌呤	73-40-5	0.09	0.12	-
2-丙基吡嗪	18138-03-9	0.07	-	0.09
4-二甲氨基吡啶	1122-58-3	-	1.39	1.50
吡啶-3-羧酸甲酯	15366-34-4	-	0.32	0.39

续表 4

化合物	CAS 号	相对含量/%		
		2 号	9 号	10 号
反式-2,4-癸二烯醛	25152-84-5	-	0.52	-
4-乙基-2-甲基苯酚	2785-89-9	-	1.07	0.87
4,5-二甲基-1,2-苯二胺	3171-45-7	-	-	0.20
二甲基三硫	3658-80-8	-	0.39	0.21
$\alpha$ -亚乙基-苯乙醛	4411-89-6	-	-	0.09
2,3-二氢苯并呋喃	496-16-2	-	-	0.14
4-苯基-1-环己烯	4994-16-5	-	0.48	0.45
NA, N $\Omega$ -二苄氧羰基-L-精氨酸	53934-75-1	-	0.63	-
3-氨基苯乙炔	54060-30-9	-	0.60	-
苯乙醇	60-12-8	-	0.98	0.61
二甲基二硫醚	624-92-0	-	0.40	0.09
2-噻吩甲醇	636-72-6	-	0.18	0.16
二硫化碳	75-15-0	-	0.55	0.62
2'-脱氧鸟苷	961-07-9	-	-	0.13
2-噻吩甲醛	98-03-3	-	0.18	0.23

表 5 水代法加工工艺生产的芝麻油中的共有挥发性成分

化合物	CAS 号	含量范围/%
2-甲基吡嗪	109-08-0	5.50~6.20
4-甲基噻唑	693-95-8	0.48~0.51
2,4-二甲基噻唑	541-58-2	0.14~0.33
2,5-二甲基吡嗪	123-32-0	2.79~3.20
2,6-二甲基吡嗪	108-50-9	1.77~2.10
2-乙基吡嗪	13925-00-3	1.37~1.71
2,3-二甲基吡嗪	5910-89-4	0.47~0.58
2-乙基-6-甲基吡嗪	13925-03-6	2.00~2.55
3-氨基-2,6-二甲基吡啶	3430-33-9	2.38~2.83
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	13360-65-1	4.18~4.60
3-糠醛	498-60-2	0.99~1.45
2,6-二乙基吡嗪	13067-27-1	1.00~1.35
苯甲醛	100-52-7	0.33~0.56
2,4,6-三甲基-1,3-苯二胺	3102-70-3	0.39~0.41
5-甲基呋喃醛	620-02-0	2.47~3.29
A-柏木萜烯	50894-66-1	0.12~0.21
3-呋喃甲醇	4412-91-3	1.89~2.10
1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙醇	22047-27-4	3.39~4.05
烟酸甲酯	93-60-7	0.57~0.94
愈创木酚	90-05-1	8.61~10.64
2-乙酰基吡咯	1072-83-9	2.11~2.37
对氨基苯腈	873-74-5	0.39~0.41
2-吡咯甲醛	1003-29-8	3.28~3.51
(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇	5486-06-6	1.66~1.93
2-羟基-5-甲基苯乙酮	1450-72-2	2.70~4.00
胡椒醛	120-57-0	0.15~0.19
2,6-二甲氧基苯酚	91-10-1	0.28~0.42
1,4-二羟基萘	571-60-8	0.34~0.40
匹罗卡品	92-13-7	0.22~0.25
芝麻酚	533-31-3	3.19~4.10

## 2.3 两种工艺芝麻油中的共有挥发性成分

通过对比表 3、表 5 发现,两种工艺芝麻油中有 13 种共有挥发性风味物质,将此 13 种化合物进行归类,具体见表 6。

表 6 两种工艺芝麻油中 13 种共有挥发性成分分类

类别	化合物	CAS 号	含量范围/%
酚类	愈创木酚	90-05-1	4.33~10.64
	芝麻酚	533-31-3	0.78~5.44
吡嗪类	2-甲基吡嗪	109-08-0	3.66~7.83
	3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	13360-65-1	2.59~6.27
	2-乙基-6-甲基吡嗪	13925-03-6	0.88~3.22
酮类	2-羟基-5-甲基苯乙酮	1450-72-2	0.90~4.39
	1-(5-甲基吡嗪-2-基)-乙酮	22047-27-4	0.99~4.05
醛类	5-甲基呋喃醛	620-02-0	1.63~3.69
	2-吡咯甲醛	1003-29-8	1.63~3.51
醇类	3-糠醛	498-60-2	0.99~3.35
	(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇	5486-06-6	0.82~2.69
	3-呋喃甲醇	4412-91-3	0.77~2.24
吡咯类	2-乙酰基吡咯	1072-83-9	0.80~2.37

从表 6 可看出,两种工艺芝麻油的 13 种共有挥发性风味物质中含量最高的是酚类,包括愈创木酚和芝麻酚,其中,愈创木酚具有特殊的甜香香气,是由木质素降解形成的<sup>[4]</sup>,而芝麻酚具有芳香气味,是由芝麻林素在加热过程中不断分解产生的<sup>[9]</sup>。其次是吡嗪类物质,其中 2-甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪具有坚果香、烤香<sup>[10]</sup>,吡嗪类化合物是由美拉德反应产生的<sup>[11]</sup>。之后是酮类物质,包括 2-羟基-5-甲基苯乙酮和 1-(5-甲基吡嗪-

2-基)-乙酮。之后是醛类物质,包括5-甲基呋喃醛、2-吡咯甲醛和3-糠醛,其中5-甲基呋喃醛又称5-甲基糠醛,其可以作为一种食用香料,在GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中被列入了允许使用的食品用合成香料名单,2-吡咯甲醛具有咖啡的风味。再是醇类物质,包括(1S,2S)-1,2-二(吡啶-4-基)乙烷-1,2-二醇和3-呋喃甲醇。最后是吡咯类物质,其是由糖的降解物与氨基酸Strecker降解物作用的结果<sup>[12]</sup>。

本实验仅选取10个不同品牌芝麻油进行检测,数据有限,后续实验中将继续选取其他品牌芝麻油进行检测,以期扩大样品量,从而建立芝麻油中挥发性风味物质的特征指纹图谱谱库,使得实验结果和结论更加准确。本实验发现,不同品牌芝麻油中含有共有挥发性成分,这些共同成分可以作为芝麻油的特征标志物,根据这些特征标志物,可为芝麻油掺伪鉴别提供技术支持。

### 3 结论

7个品牌压榨加工工艺生产的芝麻油中检测出49种风味物质,其中16种为共有成分。3个品牌水代法加工工艺生产的芝麻油中检测出61种风味物质,其中30种为共有成分。两种工艺生产的芝麻油中含有13种共有挥发性成分,分别是酚类、吡嗪类、醛类、酮类、吡咯类、醇类物质。本研究分析的芝麻油样本量较少,未能排除芝麻原料产地和品种不同带来的差异,后续可用此方法对不同产地、不同品种芝麻加工的芝麻油进行分析,以期更好地为芝麻油

掺伪鉴别提供数据支撑。同时,对各成分的气味活性进行分析,以确定各成分对香味总体贡献的大小。

### 参考文献:

- [1] 赵赛茹. 高温焙炒对芝麻主要成分及芝麻油风味的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2015.
  - [2] 赵赛茹,张丽霞,黄纪念,等. 焙炒时间对芝麻油风味及芝麻氨基酸含量的影响[J]. 中国粮油学报,2016,31(8):30-38.
  - [3] 尹文婷,马雪停,汪学德. 不同工艺芝麻油的挥发性成分分析和感官评价[J]. 中国油脂,2019,44(12):8-13.
  - [4] 刘乾坤,周瑞宝. 芝麻香油挥发性风味成分研究[J]. 郑州工程学院学报,1993,14(1):1-14.
  - [5] 刘鑫,李睿,徐漪沙,等. 不同加工处理方式对芝麻油风味的影响研究[J]. 保鲜与加工,2020,20(6):148-156.
  - [6] 万茵,宋莹蕾,白丽霞,等. 基于香气强度的芝麻油特征香气成分分析[J]. 粮食与油脂,2016,29(11):31-34.
  - [7] 李萍萍. 芝麻油香气成分检测及其在香气形成机制与质量评价中的应用[D]. 北京:中国农业科学院,2010.
  - [8] 芝麻油:GB/T 8233—2018[S]. 北京:中国标准出版社,2018.
  - [9] 乔青莲. 芝麻酚对高脂高果糖诱导的肥胖及胰岛素抵抗的调控作用与机制研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2017.
  - [10] 肖新生,周旭,蒋黎艳. 植物油加工工艺对风味物质影响的研究进展[J]. 中国油脂,2021,46(9):51-56,70.
  - [11] 魏超昆. 亚麻籽源肉味美拉德反应产物的风味形成机理及安全评价[D]. 合肥:合肥工业大学,2020.
  - [12] 艾萍. 芝麻油挥发性风味成份的研究[C]//2006年全国芝麻及芝麻制品新技术论坛会刊. 上海:中国粮油学会油脂专业分会,2006.
- 
- (上接第38页)
- [56] AZIZ A A, NORDIN F N M, ZAKARIA Z, et al. A systematic literature review on the current detection tools for authentication analysis of cosmetic ingredients[J]. J Cosmet Dermatol, 2022,21(1):71-84.
  - [57] AGARWAL S, ARYA D, KHAN S. Comparative fatty acid and trace elemental analysis identified the best raw material of jojoba (*Simmondsia chinensis*) for commercial applications[J]. Ann Agric Sci, 2018,63(1):37-45.
  - [58] ZEMSTOV A, GADDIS M, MONTALVO-LUGO V M, et al. Moisturizing and cosmetic properties of emu oil: a pilot double blind study[J]. Australas J Dermatol, 1996, 37(3):159-162.
  - [59] 刘国艳,王兴国,金青哲,等. 不同地区茶叶籽油理化指标及脂肪酸组成的比较分析[J]. 中国油脂,2013, 38(7):85-88.
  - [60] 刘纲勇. 化妆品配方设计与生产工艺[M]. 北京:化学工业出版社,2019:22.
  - [61] TOMASZKIEWICZ-POTEPA A, SLIWA K, LASON E, et al. Shea butter (beurre de karite). Part 3. Use of shea butter in food, cosmetics and pharmaceutical industry [J]. Przem Chem, 2015,94(7):1099-1103.
  - [62] 董银卯. 化妆品配方工艺手册[M]. 北京:化学工业出版社,2005:134.