

## 油脂化学

## 不同产地浓香菜籽油中特征风味物质的研究

张谦益,包李林,熊巍林,邹燕娣,姜黎,汪增乾

(道道全粮油股份有限公司 国家油菜籽加工技术研发分中心,湖南 岳阳 414000)

**摘要:**以贵州、四川、安徽、湖北、湖南、江苏和内蒙7省油菜籽为原料,经烘炒热榨制取浓香菜籽油,采用顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术对浓香菜籽油中风味物质进行萃取和分离鉴定,在此基础上引入相对活度值法(ROAV)对鉴定出的风味物质进行活度分析,提取其中的特征风味物质。结果显示:丙烯基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯、壬醛、2,3,5,6-四氟苯甲醚、2,5-二甲基吡嗪是不同产地浓香菜籽油的共同特征风味物质。同时因产地不同浓香菜籽油又表现出风味差异,贵州、四川菜籽油中硫甙降解产物含量较高,表现出浓郁的辛辣味;湖北菜籽油中吡嗪类化合物含量较高,表现出浓郁的焙烤香味。

**关键词:**浓香菜籽油;特征香气成分;相对气味活度值

**中图分类号:**TS225.1;TQ646 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2018)08-0023-06

### Characteristic flavor substances of fragrant rapeseed oils from different regions

ZHANG Qianyi, BAO Lilin, XIONG Weilin, ZOU Yandi, JIANG Li, WANG Zengqian

(National R &amp; D Center for Rapeseed Processing, Daodaoquan Grain &amp; Oil Co., Ltd., Yueyang 414000, Hunan, China)

**Abstract:** With rapeseeds from Guizhou, Sichuan, Anhui, Hubei, Hunan, Jiangsu and Inner Mongolia as raw materials, fragrant rapeseed oils were produced by roasting and hot pressing. The flavor substances in fragrant rapeseed oils were extracted using headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and separated and identified using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), then the typical flavor substances were distinguished by the relative odor activity value methods. The results indicated that methallyl cyanide, 4-isothiocyanato-1-butene, nonanal, 2,3,5,6-tetrafluoroanisole, 2,5-dimethyl-pyrazine, were the common typical flavor substances in fragrant rapeseed oils from different regions. Meanwhile different fragrant rapeseed oils showed different flavor because of different regions, the Guizhou and Sichuan rapeseed oils presented strong spicy taste due to the high content of sulfur glucoside degradation products; the Hubei rapeseed oil showed a strong roasted smell for the high content of pyrazine compounds.

**Key words:** fragrant rapeseed oil; characteristic aroma component; relative odor activity value

随着国民生活水平的不断提高,饮食理念也发生了巨大变化,由温饱型向营养型、保健型发展。菜

籽油制取技术发展经历了由带壳压榨到剥壳压榨直到如今的炒籽压榨制取浓香型菜籽油的高新技术。浓香菜籽油因具备特有的气滋味,香味浓郁、口感滑爽,深受油菜产区消费者的喜爱,其特有的香气风味是产品品质的主要构成因素,也是感官评定的重要指标,因此搞清其风味特征成分很有必要。硫甙降解产生的辛辣味和高温美拉德反应的焙烤味是浓香

收稿日期:2017-09-13;修回日期:2018-05-23

基金项目:科技部“十三五”国家重点研发计划(2016YFD0401401)

作者简介:张谦益(1977),男,高级工程师,硕士,主要从事食用植物油脂新技术研究工作(E-mail)oiltech@126.com。

菜籽油的主要风味组成,不同产地的油菜籽硫甙、蛋白质和糖类含量差异较大,因此原料的选择和烘炒工艺是关键控制点。

顶空固相微萃取-气质(HS-SPME-GC-MS)联用方法是分析食品中挥发性物质的常用方法,具有操作时间短,进样量小,无需萃取溶剂,集采样、萃取、浓缩、进样于一体,能够尽可能减少被分析的挥发性物质的损失,较为真实反映风味成分等优点<sup>[1-3]</sup>。谢婧<sup>[4]</sup>、吴浪<sup>[5]</sup>、谭永华<sup>[6]</sup>等均采用该法对菜籽毛油、精炼菜籽油和油茶籽油进行了挥发性风味物质分析。本研究采用HS-SPME-GC-MS检测了7种不同产地油菜籽采取相同烘炒工艺制取的浓香菜籽油中风味物质组成,结合相对活度值分析了其主要的特征风味物质,研究了各产地浓香菜籽油风味的差异,以期生产特定风味的产品在原料选择上提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

7种新鲜、籽粒饱满的优质油菜籽分别购自于湖南、湖北、安徽、四川、江苏、内蒙和贵州。

螺旋榨油机、滚筒炒籽机,四川青江机器股份有限公司;手动固相微萃取装置,50/30  $\mu\text{m}$  CAR/DVB/PDMS 萃取纤维头(2 cm),美国 Supelco 公司;HP6890/5975C GC-MS 联用仪,美国安捷伦科技公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 油样制备

以7种不同产地油菜籽为原料,加热烘炒至145~150  $^{\circ}\text{C}$ ,入榨水分1.5%~2%,送入螺旋榨油机,毛油经沉淀、过滤后进行挥发性风味物质测定。

#### 1.2.2 挥发性风味物质的固相微萃取

萃取头老化:将50/30  $\mu\text{m}$  CAR/DVB/PDMS 新萃取头使用前在气相色谱仪进样口270  $^{\circ}\text{C}$ 老化1 h。

萃取解吸:7种浓香菜籽油分别取10 g 连同搅拌子置于15 mL 棕色萃取瓶中,用带有聚四氟乙烯硅胶垫的盖子密封。在60  $^{\circ}\text{C}$  水浴搅拌器中平衡15 min,然后将SPME 针管穿过样品瓶的硅橡胶瓶垫,伸出纤维头,顶空萃取,待气相色谱仪处于准备状态后,将SPME 迅速穿过进样口硅胶隔垫,伸出纤维头解吸4 min。

#### 1.2.3 GC-MS 条件

GC 条件:HP-5MS 色谱柱(30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ );起始温度40  $^{\circ}\text{C}$ ,保持5 min,以5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速率升至60  $^{\circ}\text{C}$ ,再以3  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速率升至120  $^{\circ}\text{C}$ ,最后以5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的速率升到210  $^{\circ}\text{C}$ ,保持20

min;载气氦气;流速0.8 mL/min。

MS 条件:电子轰击离子源(EI);电子能量70 eV;离子源温度230  $^{\circ}\text{C}$ ;四级杆温度150  $^{\circ}\text{C}$ ;溶剂延迟从3 min 开始全谱扫描,扫描范围( $m/z$ )40~450。

#### 1.2.4 定性定量方法

定性:试验数据通过GC-MSD 化学工作站处理,未知化合物与NIST 谱库和Wiley 谱库进行匹配定性,且仅当正反匹配度(SI/RSI)均大于80(最大值为100)的鉴定结果才予以报道。

定量:通过Excel 数据处理系统,按面积归一化法求得各挥发性成分在浓香菜籽油中的相对含量。

#### 1.2.5 特征风味物质评价

相对活度值(ROAV)<sup>[7]</sup>是根据化合物在风味组分中的浓度结合阈值判断食品风味中主要呈味物质的方法之一,首先定义对样品风味贡献最大的组分 $ROAV_{\text{max}} = 100$ ,其他组分则有:

$$ROAV = 100 \times C_{ri} \times T_{\text{max}} / (C_{\text{max}} \times T_{ri})$$

式中: $T_{ri}$ 、 $C_{ri}$ 分别表示各化合物的感觉阈值和相对浓度, $T_{\text{max}}$ 、 $C_{\text{max}}$ 分别表示对总体风味贡献最大的组分的感觉阈值和相应浓度。

所有组分均满足 $0 < ROAV \leq 100$ ,且 $ROAV$ 越大的物质对菜籽油总体风味贡献也越大。 $ROAV \geq 1$ 时,挥发性成分为分析样品的主要风味物质,当 $0.1 \leq ROAV < 1$ 的挥发性成分对样品总体气味有重要的修饰和协同作用。

## 2 结果与讨论

### 2.1 浓香菜籽油中风味物质

7种不同产地浓香菜籽油经HS-SPME-GC-MS 分析,风味物质相对含量、部分风味物质感觉阈值和相对活度值(ROAV)见表1。表1中所有阈值由孙保国<sup>[8]</sup>、林祥云<sup>[9]</sup>、里奥·范海默特<sup>[10]</sup>等相关文献查得。

由表1可知,不同产地浓香菜籽油风味化合物可以分为硫甙降解产物、氧化挥发物和杂环化合物三大类。其中硫甙降解产物主要有丙烯基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯、5-己腈、氰化苄、苯丙腈以及个别产地含有的不同于其他的硫化物。杨涓等<sup>[11]</sup>研究指出硫甙降解产物主要呈辛辣味,是菜籽油风味的重要组成部分,但由于阈值和含量不同,各种硫甙降解产物在风味中贡献即相对活度有差异,如5-己腈在所有产地浓香菜籽油中均含有且含量较高,但由于阈值较高,导致味觉不显著,整体风味活度很低。杂环化合物大部分由美拉德反应产生,其中以吡嗪类化合物为主,孙保国<sup>[8]</sup>、林祥云<sup>[9]</sup>等研究指出吡嗪类化合物阈值普遍较低,呈浓郁烤香气息;而其中

的吡啶、吡咯类由于阈值较高呈味较弱,对于风味总体贡献低;噻唑类含量和种类均较少,由于阈值较低且相对活度较高,对风味有一定的贡献作用。氧化挥发物主要是醛类、烯炔、醇、酸、酯、醚、酮等化合物。其中短碳链的醛类阈值低含量较高,是氧化挥

发物中主要呈味物质;酸、酯类由于阈值很高气味活度非常低,对于整体风味几乎没有贡献;烯炔、醇、酮、醚类阈值偏高,在不同类别中种类参差不齐,其总体的相对活度介于醛类和酸、酯之间,对于浓香菜籽油风味有一定的贡献。

表1 不同产地浓香菜籽油风味物质相对含量及相对活度值

化合物	感觉 阈值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	贵州籽		四川籽		湖北籽		湖南籽		安徽籽		江苏籽		内蒙籽	
		相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV
甲烯丙基氧	1 000	43.76	0.68	29.30	34.09	27.35	5.83	22.76	5.22	31.29	8.56	20.05	2.25	30.76	6.89
5-己腈	10 000	3.87	0.01	10.88	0.13	12.47	0.03	10.96	0.03	8.82	0.02	10.87	0.01	7.36	0.02
2-异硫氰酸酯-2-甲基丙烷	-			0.28				0.23							
5-甲基己腈	10 000					0.26	0.00	0.24	0.00			0.19	0.00		
4-异硫氰酸酯-1-丁烯	10	6.48	10.11	6.19	71.94	7.91	16.87	3.91	8.95	5.75	15.72	5.59	6.29	2.40	5.38
氰化苄	100	0.87	0.00	0.84	0.97	0.66	0.14	0.72	0.16	0.40	0.11	0.79	0.09	0.47	0.10
苯丙腈	500	10.62	0.33	15.06	3.50	8.23	0.35	7.94	0.36	10.05	0.55	7.92	0.18	7.97	0.36
烯丙基异硫氰酸酯	100	1.97	0.31							0.96	0.26				
2-甲硫基乙醇	5	4.85	15.13												
2,2-二甲基-1,3-二硫戊环	-	0.10													
1,3-二硫戊环	2	0.12	0.94												
甲基异丙基二硫化物	5	0.50	1.56												
2-异硫氰酸酯乙基苯	100	0.13	0.02	0.20	0.23							0.16	0.02		
1-甲乙基二硫化物	10	0.10	0.16	0.29	3.34										
5-(甲硫基)戊腈	50			1.07	2.50					0.43	0.24	1.26	0.28		
4-甲硫基丁腈	50									2.47	1.35				
2-乙酰基吡咯	100 000	0.48	0.00	0.40	0.00	0.52	0.00	0.59	0.00	0.44	0.00	0.42	0.00	0.53	0.00
2-吡咯烷酮	500	0.19	0.01	0.23	0.05	0.34	0.01	0.28	0.01			0.52	0.01		
2-乙基-4-甲噻唑	40			2.23	6.49	2.56	1.36	1.69	0.98						
1-甲基-1H-2-吡咯甲醛	5 000	0.32	0.00	0.40	0.01			0.50	0.00			0.23	0.00	0.27	0.00
2-甲基-1,3-二噻烷	50	0.55	0.17	0.22	0.51			0.24	0.11					0.26	0.12
吡啶	140	0.09	0.01	0.11	0.09					0.13	0.02	0.26	0.02		
甲基吡嗪	250	0.24	0.02	0.32	0.15			0.64	0.06	0.47	0.05	0.71	0.03	0.97	0.09
2,5-二甲基吡嗪	20	3.41	2.66	3.16	18.34	7.04	7.51	6.03	6.92	4.77	6.53	8.27	4.65	8.59	9.62
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	79	1.82	0.36	1.44	2.11	4.31	1.16	3.62	1.05	3.32	1.15	5.45	0.78	3.75	1.06
2-甲基-3-(2-丙烯基)吡嗪	0.9	0.22	3.76	0.17	21.66			0.27	6.76						
1-(6-甲基-2-吡嗪)-1-乙烷酮	10			0.28	3.30			1.00	2.29	0.27	0.75			0.51	1.14
2-乙基-5-甲基吡嗪	100					5.50	1.17								
3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	0.05	0.12	38.39			0.23	100	0.22	100	0.18	100	0.44	100	0.22	100
(E)-2-甲基-5-(1-丙烯基)吡嗪	0.9					0.44	10.36	0.22	5.71			0.67	8.73		

续表 1

化合物	感觉 阈值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	贵州籽		四川籽		湖北籽		湖南籽		安徽籽		江苏籽		内蒙籽	
		相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV
(E)-2,5-二甲基-3-(1-丙烯基)吡嗪	0.9							0.16	3.98						
2-氨基-4-喹啉醇	380 000	0.14	0.00									0.15	0.00		
1,2,3,6-四氢吡啶	-	0.23													
N,N-二甲基-3-氨基吡啶	47 000	2.54	0.00							3.88					
4,5-二甲基噻唑	100	0.27	0.04			0.19	0.04								
1-(5-甲基-2-吡嗪)-1-乙烷酮	10	0.29	0.45									0.38	0.43	0.48	1.14
2-乙酰基-3-甲基吡嗪	100	0.34	0.05			0.64	0.14					0.43	0.05		
6,7-亚甲基二氧-噻吩并(2,3-b)噻啉	-	0.28													
2-异烯丙基-3-甲基吡嗪	0.9									0.29	8.75				
2,6-二乙基吡嗪	6											1.29	2.42		
2,3-二乙基-5-甲基吡嗪	0.05											0.14	31.85		
(E)-2-甲基-6-(1-丙烯基)吡嗪	0.9													0.42	10.52
糠醛	3 000	0.53	0.00	2.48	0.10	2.28	0.02	3.20	0.02	0.33	0.00			3.86	0.03
5-甲基-2-糠醛	6 000	1.35	0.00	5.79	0.11			4.19	0.02	3.08	0.01	1.06	0.00	2.18	0.01
3-甲基戊醛	200			2.68	1.56										
(E)-2-庚烯醛	200													0.52	0.06
(E)-2-辛烯醛	3													0.51	3.82
(E,E)-2,4-庚二烯醛	30	0.23	0.12												
壬醛	3.5	0.60	2.67	0.71	23.55	1.03	6.29	1.04	6.83	0.65	5.10	0.93	2.99	2.47	15.80
癸醛	7													0.26	0.82
(E)-2-癸烯醛	0.35	0.73	32.58	0.28	94.25			0.34	22.13	0.29	22.41				
(Z)-2-癸烯醛	100					0.35	0.07								
$\alpha$ -亚乙基苯乙醛	40	0.28	0.11					0.14	0.08			0.13	0.04		
2-十一烯醛	3.5									0.19	1.48			0.56	3.60
2-十二烯醛	6 300			0.27	0.00	0.30	0.00	0.36	0.00						
2,4-癸二烯醛	0.07	0.45	100	0.75	21.74										
1,4-戊二烯-3-酮	1.2											0.28			
3-甲基-1,2-环戊二酮	100	0.13	0.02												
2-癸酮	9													0.48	1.19
2,3,5,6-四氟苯甲醚	10	1.70	2.65	8.61	100	5.58	11.90	12.11	27.76	7.31	20.00	13.43	15.11	3.79	8.50
1-壬基-环己烯	-	0.19				0.19	-	0.13							
2-庚烯	-					2.10	-								
8-十七烯	500	0.10	0.00	0.25	0.06	0.27	0.01	0.32	0.01	0.26	0.01	0.19	0.00	0.39	0.02
(Z)-3-十七烯	500					0.23	0.00					0.16	0.00		
(E)-5-十八烯	-	0.12													
D-柠檬烯	34									2.29	1.85				

续表 1

化合物	感觉 阈值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	贵州籽		四川籽		湖北籽		湖南籽		安徽籽		江苏籽		内蒙籽	
		相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV	相对 含量/ %	ROAV
2-己基-1-癸醇	1 000					0.20	0.00					0.20	0.00		
(E)-2-壬烯-1-醇	26							0.31	0.15					0.38	0.33
(Z)-11-十六烯-1-醇	-					0.48		0.17							
2-环己烯-1-醇	-											0.29		1.51	
2-甲氧基-4-乙炔苯酚	3			1.56	60.51	1.87	13.27	3.49	26.04	3.82	34.81	6.83	51.01	5.38	40.20
2,4-二(2-戊烯-4-)-6-甲基苯酚	-													0.35	
2-甲基-1,3-苯二胺	1 000 000			1.56				4.90	0.00						
4-甲基-1,2-苯二胺	1 000 000											6.83	0.00		
4-甲基-1,2-苯二酰胺	97 000													6.40	0.00
N-乙基-N-甲基乙酰胺	6 000 000											6.74	0.00		
N-苄基-N-乙基-p-异丙基苯甲酰胺	-							2.95				0.14			
香紫苏内酯	-							0.20							
丙酸-2-甲基丙酯	58									0.23	0.11				
十六酸甲酯	4 000 000	0.11	0.00			0.17	0.00								
(Z)-9-十八烯酸甲酯	1 000 000					0.30	0.00			0.19	0.00	0.22	0.00	0.27	0.00
3-羟基-2,6,6-三甲基-庚-4-烯酸	-			0.29											
6-十八烯酸	1 000 000			0.11	0.00	0.16	0.00								
乙基环丁烷	-	3.89		0.22				1.66		2.08					
2,3-二甲基辛烷	940			0.11	0.00			0.13	0.00						
十七烷	300 000	0.12	0.00	0.11	0.00	0.19	0.00	0.13	0.00	0.12	0.00	0.14	0.00	0.17	0.00
十九烷	-	0.12				0.19		0.12				0.14			
1,7-二羟基萘	100 000							0.21	0.00						
环丁基[de]萘	50	0.22	0.07							0.15	0.08				

2.2 浓香菜籽油中特征风味物质

为了由风味主要贡献物质分析不同产地浓香菜籽油风味的差异,在此筛选出不同产地浓香菜籽油特征风味物质( $ROAV \geq 1$ ),结果见表 2。

由表 2 可知,硫甬降解产物主要以甲烯丙基氰和 4-异硫氰酸酯-1-丁烯两种呈味物质为主,贵州、四川浓香菜籽油特征风味物质中硫甬降解产物种类和含量均较多,安徽次之,湖北、湖南、江苏和内蒙较低。硫甬在不同条件下可降解为异硫氰酸酯类、腈类、硫氰酸烯丙酯和 1-氰-2,3-环硫丙烷 4 种物质,而这些硫甬降解产物正是辛辣冲味的主要来源<sup>[12]</sup>。由于硫甬降解产物中甲烯丙基氰含量最高,4-异硫氰酸酯-1-丁烯阈值较低,这两种物质风味贡献率高于其他硫甬降解产物,所以菜籽油风

味中辛辣冲味主要来源于甲烯丙基氰和 4-异硫氰酸酯基-1-丁烯。

杂环化合物的风味物质主要以吡嗪类为主,呈现烘焙香、烤香、烟熏气味<sup>[13]</sup>,是菜籽油风味主要来源之一。3,5-二乙基-2-甲基吡嗪阈值最低(0.05  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ),是菜籽油最主要呈味物质之一,2,5-二甲基吡嗪和 3-乙基-2,5-二甲基吡嗪也对风味有一定的贡献。

氧化挥发物中以醛类为主要呈味物质,壬醛呈油脂、柑橘、青味,(E)-2-癸烯醛、2,4-癸二烯醛呈油脂味,一些烯醇类呈青香,2-甲氧基-4-乙炔苯酚呈丁香药香<sup>[14]</sup>,这些气味大多对浓香菜籽油的辛辣冲味和焙烤香味起一定的修饰和协同增味作用。

表2 不同产地浓香菜籽油特征风味物质 (ROVA $\geq$ 1)

产地	硫甙降解产物	杂环化合物	氧化挥发物
贵州	4-异硫氰酸酯-1-丁烯、2-甲硫基乙醇、甲基异丙基二硫化物	2,5-二甲基吡嗪、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪、2-甲基-3-(2-丙烯基)吡嗪	壬醛、(E)-2-癸烯醛、2,4-癸二烯醛、2,3,5,6-四氟苯甲醚
四川	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯、1-甲基二硫化物、5-(甲硫基)-戊腈、苯丙腈	2-乙基-4-甲噻唑、2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2-甲基-3-(2-丙烯基)吡嗪、1-(6-甲基-2-吡嗪)-1-乙烷酮	3-甲基戊醛、壬醛、(E)-2-癸烯醛、2,4-癸二烯醛、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚
安徽	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯、4-甲硫基丁腈	2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2-异烯丙基-3-甲基吡嗪、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	壬醛、(E)-2-癸烯醛、2-十一烯醛、D-柠檬烯、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚
湖北	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯	2-乙基-4-甲噻唑、2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪、(E)-2-甲基-5-(1-丙烯基)吡嗪	壬醛、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚
湖南	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯	2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2-甲基-3-(2-丙烯基)吡嗪、1-(6-甲基-2-吡嗪)-1-乙烷酮、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪、(E)-2-甲基-5-(1-丙烯基)吡嗪、(E)-2,5-二甲基-3-(1-丙烯基)吡嗪	壬醛、(E)-2-癸烯醛、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚
江苏	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯	2,5-二甲基吡嗪、2,6-二乙基吡嗪、(E)-2-甲基-5-(1-丙烯基)吡嗪、2,3-二乙基-5-甲基吡嗪、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	壬醛、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚
内蒙	甲烯丙基氰、4-异硫氰酸酯-1-丁烯	2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、(E)-2-甲基-6-(1-丙烯基)吡嗪、1-(5-甲基-2-吡嗪)-1-乙烷酮、1-(6-甲基-2-4-乙炔苯酚)-1-乙烷酮、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	(E)-2-辛烯醛、壬醛、2-十一烯醛、2-癸酮、2-甲氧基-4-乙炔苯酚、2,3,5,6-四氟苯甲醚

### 3 结论

风味化学研究指出人的嗅觉对于较刺激性气味(辛辣味、烟熏香、烘烤味)的敏感度大于较舒适的气味(花香、果香),因此对于浓香菜籽油主要的风味来自于硫甙降解产物和杂环化合物。根据以上分析结果显示,贵州、四川菜籽油中硫甙降解产物含量较高,表现出浓郁的辛辣味;湖北菜籽油中吡嗪类化合物含量较高,表现出浓郁的焙烤香味。

风味的感官特性主要是由所有呈味物质共同作用的结果,所以不能单纯认为主要呈味物质多的风味就好。应针对不同区域消费者口味喜好,选择适当的油菜籽做原料,加工成适合当地消费者口味的浓香菜籽油,是浓香型菜籽油加工的较适宜方案。

#### 参考文献:

- [1] VAZ J M. Screening direct analysis of PAHs in atmospheric particulate matter with SPME [J]. *Talanta*, 2003, 60(4): 687-693.
- [2] LIN H H, SUNG Y H, HUANG S D. Solid-phase micro-extraction coupled with high-performance liquid chromatography for the determination of phenylurea herbicides in aqueous samples [J]. *J Chromatogr A*, 2003, 1012(1):57-66.
- [3] CAMARA J S, ALVES M A, MARQUES J C. Multivariate analysis for the classification and differentiation of Madeira wines according to main grape varieties [J]. *Talanta*, 2006, 68(5):1512-1521.
- [4] 谢婧,徐俐,吴浪,等. SPME-GC-MS对菜籽毛油和精炼菜籽油挥发性风味成分的分析[J]. *中国油脂*, 2012, 37(8):84-87.
- [5] 吴浪,徐俐,谢婧,等. 不同炒制温度对菜籽毛油挥发性风味物质的影响[J]. *中国油脂*, 2012, 37(11):39-43.
- [6] 谭永华,王道平,潘卫东,等. 油茶籽油香气成分的SPME-GC/MS分析[J]. *亚热带农业研究*, 2013, 9(4):243-246.
- [7] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. *食品科学*, 2008, 29(7):370-374.
- [8] 孙保国,陈海涛. 食用调香术[M]. 3版. 北京:化学工业出版社, 2015.
- [9] 林祥云. 调香术[M]. 3版. 北京:化学工业出版社, 2013.
- [10] [荷]里奥·范海默特. 化合物香味阈值汇编[M]. 刘强,冒德寿,汤峨,译. 2版. 北京:科学出版社, 2015.
- [11] 杨涓,刘昌盛,周琦,等. 加工工艺对菜籽油主要挥发性风味成分的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32(4):551-557.
- [12] 何榕. 对辣根中硫代葡萄糖甙的纯化与鉴定及水解条件的研究[D]. 天津:天津商业大学, 2007.
- [13] 沈晓玲,李晨. 脂类物质与肉的风味[J]. *肉类研究*, 2008, 109(3):25-28.
- [14] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.