

## 脱壳炒籽压榨对浓香葵花籽油风味的影响

孙国昊<sup>1</sup>, 刘玉兰<sup>1</sup>, 李 锦<sup>1</sup>, 刘昌树<sup>2</sup>, 刘春梅<sup>2</sup>

(1. 河南工业大学 粮油食品学院, 郑州 450001; 2. 佳格投资(中国)有限公司, 江苏 太仓 215400)

**摘要:** 分别对脱壳葵花籽、带壳葵花籽在相同条件下(160 ℃, 20 min)炒籽并压榨制取浓香葵花籽油, 利用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SPME-GC-MS)对两种葵花籽油中挥发性成分进行检测并进行主成分分析, 结合感官评价, 分析研究脱壳与否对浓香葵花籽油风味的影响。结果表明: 脱壳及带壳压榨葵花籽油中分别检出10类128种、10类139种挥发性成分, 其中含量最高的均为醛类, 分别为39.62%和31.10%, 其次是杂环类化合物, 分别为26.06%和29.20%, 烯类、醇类、酮类在两种葵花籽油中的含量分别为9.56%、8.65%、4.48%及10.59%、7.47%、3.29%; 脱壳压榨葵花籽油的风味与壬醛(2.63%)、(E)-2-庚烯醛(8.40%)、反式-2,4-癸二烯醛(4.00%)、正己醛(6.33%)、蘑菇醇(2.57%)、正戊醇(2.38%)的相关性较高, 这些成分在脱壳压榨葵花籽油中含量更高且(E)-2-庚烯醛、正己醛对清香味及反式-2,4-癸二烯醛、蘑菇醇、正戊醇对脂香味具有一定贡献; 带壳压榨葵花籽油的风味则与苯乙醛(1.43%)、正辛醛(2.01%)、己酸(2.73%)、醋酸(9.38%)的相关性较高, 这些成分在带壳压榨葵花籽油中的含量更高且苯乙醛、正辛醛对油脂的甜味及己酸、醋酸对油脂的不良风味具有一定贡献; 两种葵花籽油在焦糊味、油脂味、清香味等特征风味上具有差异, 脱壳压榨葵花籽油的整体风味明显优于带壳压榨葵花籽油。脱壳炒籽压榨对提升浓香葵花籽油风味有积极作用。

**关键词:** 葵花籽; 脱壳; 炒籽; 浓香葵花籽油; 挥发性成分; 主成分分析; 感官评价

中图分类号: TS224; TQ646

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2020)04-0032-09

### Effects of dehulling – roasting on the flavor of strong fragrant sunflower seed oil

SUN Guohao<sup>1</sup>, LIU Yulan<sup>1</sup>, LI Jin<sup>1</sup>, LIU Changshu<sup>2</sup>, LIU Chunmei<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. Standard Food Investment (China) Co., Ltd., Taicang 215400, Jiangsu, China)

**Abstract:** The dehulled sunflower seeds and non-dehulled sunflower seeds were roasted under the same condition (160 ℃, 20 min) and pressed to produce strong fragrant sunflower seed oils, then volatile constituents in different sunflower seed oils were determined by head-space solid-phase micro-extraction (HS-SPME) coupled with GC-MS and analyzed by principal component analysis. Combined with sensory evaluation, the effects of dehulling on the flavor of fragrant sunflower seed oils were studied. The results showed that ten kinds of volatile substances were detected in the two sunflower seed oils, among which 128 volatile substances in the dehulled pressed sunflower seed oil, and 139 in the non-dehulled pressed sunflower seed oil. Aldehydes was the highest volatile components, 39.62% for dehulled pressed

sunflower seed oil and 31.10% for non-dehulled pressed sunflower seed oil, followed by heterocyclic compounds, 26.06% and 29.20% respectively. The contents of alkenes, alcohols and ketones in the two sunflower seed oils were 9.56%, 8.65%, 4.48% and 10.59%, 7.47%, 3.29%, respectively. The content of nonanal (2.63%), (E)-2-heptenal (8.40%), trans-

收稿日期: 2019-08-23; 修回日期: 2019-11-19

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0401400)

作者简介: 孙国昊(1998), 男, 硕士研究生, 研究方向为油料加工对油脂风味及综合品质的影响(E-mail) Sun73774967@163.com。

通信作者: 刘玉兰, 教授, 硕士(E-mail) liuy17446@163.com。

2,4-decadienal (4.00%), *n*-hexanal (6.33%), mushroom alcohol (2.57%) and *n*-pentanol (2.38%) were higher in dehulled pressed sunflower seed oil, and these volatile contents had a higher contribution to the green and oily taste of sunflower seed oils. But phenylacetaldehyde (1.43%), *n*-octanal (2.01%), hexanoic acid (2.73%), and acetic acid (9.38%) were higher in non-dehulled pressed sunflower seed oil, and these volatile substances had a contribution to the sweetness flavor and off-flavor of the oil. Simultaneously, the characteristics flavor of the two sunflower seed oils had differences such as burnt flavor, oily flavor and green aroma. The total flavor of the dehulled pressed sunflower seed oil was obviously better than that of the non-dehulled pressed sunflower seed oil. Therefore, the dehulling-roasting had a positive effect on enhancing the flavor of strong fragrant sunflower seed oil.

**Key words:** sunflower seed; dehulling; strong fragrant sunflower seed oil; volatile constituent; principal component analysis; sensory evaluation

葵花籽是我国的八大油料作物之一,主产于内蒙古、新疆、河北、山西等地,是世界上仅次于棕榈、大豆、油菜籽的第四大油料作物。葵花籽油中亚油酸含量高达48.3%~74.0%<sup>[1]</sup>,且富含维生素E、甾醇等生物活性成分,具有很高的营养价值。葵花籽油的制取工艺主要是预榨浸出法,产品为压榨葵花籽油和浸出葵花籽油,而浓香葵花籽油独特的香味更加符合我国消费者的饮食习惯,因此近年来葵花籽先炒籽再压榨制取浓香葵花籽油的工艺得到推广应用<sup>[2]</sup>。

葵花籽含壳20%~30%,壳中含花色苷、黑色素等多种天然色素,且蜡质含量占壳中总脂质的60%左右<sup>[3]</sup>。带壳压榨制油会使这些成分进入毛油从而对油脂精炼和产品质量造成不良影响,也会因葵花籽饼粕中很高的粗纤维含量(约20%)降低其利用价值<sup>[4]</sup>。Dimić等<sup>[5]</sup>研究发现葵花籽壳对冷榨葵花籽油的感官品质及产品质量产生不利影响。

油料脱壳或脱皮是油脂制取预处理的一个重要工序,但目前并没有脱壳炒籽压榨对浓香葵花籽油风味及其他品质影响的相关报道。因此,本实验分别对脱壳葵花籽、带壳葵花籽在相同条件下炒籽并压榨制取浓香葵花籽油,利用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SPME-GC-MS)方法对两种葵花籽油中挥发性风味成分进行测定并进行主成分分析,同时结合感官评价,分析研究脱壳与否对浓香葵花籽油风味的影响,以期对浓香葵花籽油生产工艺技术的进一步发展提供支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

油用葵花籽,产地新疆。

HN002型电加热炒籽锅;6YZ-180型自动液压榨油机;固相微萃取手动进样手柄、50/30 μm

DVB/CAR/PDMS萃取纤维头,美国Supelco Technology公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 浓香葵花籽油的制备

将新鲜葵花籽筛选除杂后,手工剥壳,分别取300g带壳葵花籽、葵花籽仁置于电加热炒籽锅中,根据张东东<sup>[6]</sup>确定的优化条件(160℃,20min)炒制,之后用脱脂纱布包裹放入液压榨油机中压榨,压榨油经过滤得到成品葵花籽油。

#### 1.2.2 葵花籽油的感官评价

参照周萍萍<sup>[7]</sup>方法并改进,由感官评价小组对每个样品进行感官评价。感官评价小组成员有3男3女共6名成员,均经过培训具有感官评价经验。样品的单个风味强度描述指标有坚果味、清香味、甜香味、烘烤味、油脂味、焦糊味6个,每个风味强度指标得分为0~9分,其中1分为极弱,9分为极强,6个风味强度指标的总得分即为该油脂样品的总体风味得分。

#### 1.2.3 葵花籽油挥发性成分的测定

参照周萍萍等<sup>[8]</sup>的方法并做部分改进。采用固相微萃取进行顶空萃取,利用GC-MS对葵花籽油中的风味物质进行定性定量分析。称取(4±0.1)g葵花籽油样品置于20mL顶空瓶中,在50℃水浴中恒温预热20min,将老化好的固相萃取头插入顶空瓶,吸附50min,拔出萃取头,将其立即插入气相色谱仪进样口,解吸2min,进行GC-MS分析。

GC条件:进样口温度250℃;不分流模式进样;载气为氦气(纯度≥99.999%);流速1.0mL/min,恒流模式;手动进样;升温程序为80℃保持1min,以20℃/min升至180℃,然后以3℃/min升至200℃,以6℃/min升至250℃保持3min,再以3℃/min升至300℃保持16min。MS条件:传输线

温度 300 °C; 电子轰击 (EI) 离子源; 离子源温度 300 °C; 电子能量 70 eV; 质量扫描范围 ( $m/z$ ) 30 ~ 500。定性定量分析: 将检测到的各组分质谱信息与安捷伦分析系统所带 NIST 质谱库并结合保留时间进行匹配定性, 仅报道正反匹配度均大于 80 (最大值 100) 的结果。采用面积归一化法计算各种化合物的相对含量。

#### 1.2.4 数据分析

数据统计分析采用 Excel 365。GC-MS 获取的

表 1 脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油中挥发性成分组成及相对含量

序号	保留时间/min	挥发性成分	相对含量/%	
			带壳压榨葵花籽油	脱壳压榨葵花籽油
1	0.304	异丁醛	0.23 ± 0.23	0.27 ± 0.27
2	0.671	巴豆醛	0.32 ± 0.32	0.43 ± 0.01
3	0.714	异戊醛	0.56 ± 0.00	0.40 ± 0.01*
4	0.818	(E)-2-丁烯醛	0.54 ± 0.06	-
5	0.970	2-甲基丁醛	2.75 ± 0.01	2.56 ± 0.04
6	1.294	戊醛	1.08 ± 0.01	1.98 ± 0.02**
7	4.265	正己醛	4.20 ± 0.04	6.33 ± 0.08**
8	5.481	糠醛	3.56 ± 0.14	3.23 ± 0.15
9	6.563	2-己烯醛	0.44 ± 0.03	0.85 ± 0.01*
10	8.515	庚醛	0.50 ± 0.02	0.47 ± 0.01
11	8.737	3-甲硫基丙醛	0.37 ± 0.02	0.07 ± 0.00*
12	10.906	(E)-2-庚烯醛	4.28 ± 0.04	8.40 ± 0.07**
13	11.026	苯甲醛	0.37 ± 0.00	0.45 ± 0.04
14	12.962	正辛醛	2.01 ± 0.21	0.61 ± 0.03*
15	14.033	5-乙基环戊烯-1-甲醛	0.24 ± 0.00	0.37 ± 0.03
16	14.565	苯乙醛	1.43 ± 0.13	0.29 ± 0.05*
17	15.198	反-2-辛烯醛	2.21 ± 0.03	3.03 ± 0.05*
18	17.046	壬醛	1.15 ± 1.15	2.63 ± 0.03
19	19.120	2-壬烯醛	0.65 ± 0.20	0.79 ± 0.25
20	20.839	癸醛	0.22 ± 0.00	0.15 ± 0.01
21	21.097	(E,E)-2,4-壬二烯醛	0.27 ± 0.01	0.36 ± 0.03
22	21.590	5-羟甲基糠醛	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.00
23	22.789	2-癸烯醛	1.14 ± 0.05	0.97 ± 0.05
24	23.171	2-苯基-2-丁烯醛	0.16 ± 0.02	0.05 ± 0.05
25	24.212	2-十一烯醛	0.70 ± 0.06	0.59 ± 0.06
26	24.650	反式-2,4-癸二烯醛	1.41 ± 0.77	4.00 ± 0.00
27	26.703	4,5-二环氧(E)-2-癸烯醛	0.21 ± 0.21	0.21 ± 0.21
		醛类物质小计	31.10 ± 1.39	39.62 ± 0.26
28	0.184	乙酸甲酯	-	0.30 ± 0.30
29	0.283	醋酸乙烯酯	0.35 ± 0.10	-
30	0.763	丙酮酸丙酯	-	0.09 ± 0.00*
31	2.079	异氰酸甲酯	-	0.04 ± 0.04
32	8.941	γ-丁内酯	1.52 ± 0.01	1.28 ± 0.03*
33	10.812	γ-戊内酯	0.09 ± 0.03	0.06 ± 0.02
34	12.273	正己酸乙酯	0.26 ± 0.13	0.51 ± 0.22
35	14.997	γ-己内酯	0.37 ± 0.00	0.30 ± 0.00*

风味成分数据利用 Unscramble 软件进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 脱壳与否对浓香葵花籽油中挥发性成分的影响

为了客观评价两种葵花籽油的感官风味, 对两种葵花籽油中挥发性成分进行了定量检测, 结果如表 1 所示。

续表 1

序号	保留时间/min	挥发性成分	相对含量/%	
			带壳压榨葵花籽油	脱壳压榨葵花籽油
36	16.541	丁位己内酯	0.14 ± 0.14	0.18 ± 0.01
37	16.677	2-乙基己酸乙酯	-	0.38 ± 0.38
38	23.638	左旋乙酸冰片酯	0.12 ± 0.01	0.06 ± 0.01
		酯类物质小计	2.86 ± 0.09	3.21 ± 0.55
39	0.949	丙酮醇	0.34 ± 0.02	-*
40	2.222	异戊醇	0.07 ± 0.00	0.03 ± 0.03
41	2.985	正戊醇	1.25 ± 0.01	2.38 ± 0.03**
42	3.703	(R,R)-(-)-2,3-丁二醇	0.15 ± 0.15	0.28 ± 0.03
43	3.802	(2S,3S)-(+) -2,3-丁二醇	0.28 ± 0.02	0.12 ± 0.12
44	3.937	2,3-丁二醇	0.16 ± 0.16	0.11 ± 0.11
45	6.621	糠醇	0.56 ± 0.03	0.18 ± 0.18
46	7.140	正己醇	1.84 ± 0.04	1.55 ± 0.00
47	12.000	蘑菇醇	0.91 ± 0.01	2.57 ± 0.07*
48	12.739	1,3-二氧戊环-2-甲醇	-	0.33 ± 0.33
49	14.190	1-苯基-1,2-丙二醇	0.13 ± 0.13	0.14 ± 0.14
50	14.206	苯醇	0.14 ± 0.14	-
51	15.652	2-辛烯-1-醇	0.28 ± 0.03	0.20 ± 0.20
52	15.780	正辛醇	0.42 ± 0.03	0.32 ± 0.02
53	16.673	烯丙基正戊基甲醇	-	0.28 ± 0.28
54	16.700	4,5-二甲基-2-庚烯-3-醇	0.19 ± 0.19	-
55	17.333	苯乙醇	0.21 ± 0.01	0.06 ± 0.06
56	18.544	马鞭草烯醇	0.21 ± 0.02	-
57	19.602	正壬醇	0.14 ± 0.01	0.11 ± 0.02
58	22.248	2,4-二乙基庚烷-1-醇	0.19 ± 0.19	-
		醇类物质小计	7.47 ± 0.54	8.65 ± 0.17
59	0.197	3-甲基-2-戊酮	0.21 ± 0.21	-
60	0.520	丁酮	-	0.70 ± 0.70
61	1.520	3-羟基-2-丁酮	0.07 ± 0.01	0.03 ± 0.00
62	2.186	3-戊烯-2-酮	0.25 ± 0.25	0.19 ± 0.19
63	2.328	戊-3-烯-2-酮	0.25 ± 0.25	0.23 ± 0.23
64	4.507	2-羟基-3-戊酮	0.04 ± 0.00	-
65	7.293	乙酰氧基-2-丙酮	0.13 ± 0.00	0.07 ± 0.07
66	7.816	4-环戊烯-1,3-二酮	0.19 ± 0.01	0.23 ± 0.03
67	8.128	2-庚酮	0.20 ± 0.01	0.34 ± 0.02*
68	9.503	4,6-二甲基-2,7-Nonadien-5-酮	0.04 ± 0.00	-
69	11.871	1-己酮	-	0.48 ± 0.00**
70	12.209	2,3-辛二酮	0.11 ± 0.00	-
71	14.433	3-辛烯-2-酮	0.48 ± 0.09	0.85 ± 0.01
72	18.393	(3E)-3-壬烯-2-酮	0.14 ± 0.14	0.28 ± 0.28
73	20.918	马鞭草烯酮	0.46 ± 0.01	0.16 ± 0.16
74	20.932	马苳烯酮	-	0.19 ± 0.19
75	22.916	1-氧螺环[4.5]癸-2-酮	0.10 ± 0.10	-
76	22.920	2-丁基环己酮	0.10 ± 0.10	0.07 ± 0.07
77	25.511	3-壬烯-2-酮	0.48 ± 0.12	0.60 ± 0.07
78	29.982	4-(2,6,6-三甲基-1,3-环己二烯基)-3-丁烯-2-酮	0.05 ± 0.05	0.06 ± 0.01
		酮类物质小计	3.29 ± 0.85	4.48 ± 0.59

续表 1

序号	保留时间/min	挥发性成分	相对含量/%	
			带壳压榨葵花籽油	脱壳压榨葵花籽油
79	8.005	苯乙烯	0.04 ± 0.00	0.02 ± 0.02
80	9.867	2-蒎烯	5.35 ± 0.05	5.28 ± 0.12
81	10.435	蒎烯	0.14 ± 0.01	0.07 ± 0.07
82	10.500	3-乙基-3-甲基-1-戊烯	0.15 ± 0.03	0.10 ± 0.10
83	10.543	2-乙基-3-甲基-1-戊烯	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.09
84	11.662	桉烯	0.84 ± 0.22	0.61 ± 0.18
85	11.697	(-)-β-蒎烯	0.25 ± 0.25	0.23 ± 0.23
86	13.941	右旋萘二烯	0.82 ± 0.02	0.58 ± 0.02*
87	14.055	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	0.14 ± 0.14	0.20 ± 0.20
88	16.662	4,4-二甲基-1-己烯	0.16 ± 0.16	0.26 ± 0.26
89	27.161	β-榄香烯	0.08 ± 0.02	0.02 ± 0.02
90	28.420	白菖烯	1.17 ± 0.07	0.80 ± 0.04
91	30.746	(S)-1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲基-4-己烯基)环己烯	0.76 ± 0.03	0.68 ± 0.00
92	44.568	贝壳杉-16-烯	0.58 ± 0.03	0.60 ± 0.03
		烯类物质小计	10.59 ± 0.89	9.56 ± 0.05
93	3.078	甲苯	0.05 ± 0.00	0.06 ± 0.00
94	6.936	间二甲苯	-	0.10 ± 0.01
95	7.216	异腈基正丁烷	0.66 ± 0.66	-
96	13.783	邻异丙基甲苯	0.18 ± 0.01	0.06 ± 0.06
97	14.722	3-戊基环己烷	-	0.11 ± 0.11
98	14.758	(2-甲基丁基)环己烷	0.12 ± 0.12	0.10 ± 0.10
99	24.120	正十三烷	0.17 ± 0.03	0.09 ± 0.03
		烷烃类物质小计	1.18 ± 0.73	0.50 ± 0.05
100	0.919	2,3-二氢-5-甲基咪喃	0.08 ± 0.00	-
101	1.830	2-乙烯基咪喃	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.00
102	2.171	吡嗪	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.00
103	2.413	吡啶	0.91 ± 0.00	1.21 ± 0.16
104	2.792	吡咯	0.14 ± 0.02	0.25 ± 0.02
105	4.844	2-乙基吡咯	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.03
106	4.984	2-甲基吡嗪	2.05 ± 0.07	2.14 ± 0.12
107	5.971	2-甲基-1H-吡咯	0.09 ± 0.01	0.06 ± 0.06*
108	6.355	3-甲基吡咯	0.26 ± 0.00	0.54 ± 0.01
109	6.465	3-咪喃甲醇	-	0.20 ± 0.20
110	8.089	2-正丁基咪喃	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.04
111	8.783	2,5-二甲基吡嗪	9.59 ± 0.02	9.13 ± 0.12
112	8.949	4-乙酰咪唑	0.10 ± 0.10	-
113	8.956	2-氨基-5-甲基吡啶	-	0.18 ± 0.18
114	9.008	2-乙基吡嗪	0.22 ± 0.22	0.22 ± 0.22
115	9.025	2(5H)-咪喃酮	0.37 ± 0.06	0.18 ± 0.18
116	9.218	2,3-二甲基吡嗪	0.20 ± 0.04	0.25 ± 0.02
117	11.250	5-甲基咪喃醛	0.26 ± 0.01	0.25 ± 0.02
118	12.479	咪喃酮	0.29 ± 0.29	0.28 ± 0.28
119	12.673	2-乙基-6-甲基吡嗪	0.50 ± 0.03	0.96 ± 0.68
120	12.724	2-乙基-5-甲基吡嗪	2.01 ± 0.07	1.64 ± 0.00
121	12.820	2,3,5-三甲基吡嗪	1.33 ± 0.06	1.05 ± 0.06
122	12.893	3-氨基-2,6-二甲基吡啶	0.15 ± 0.15	-

续表 1

序号	保留时间/min	挥发性成分	相对含量/%	
			带壳压榨葵花籽油	脱壳压榨葵花籽油
123	12.925	4-二甲氨基吡啶	0.11 ± 0.11	-
124	13.611	1-(1(4H)-吡啶基)乙酮	0.08 ± 0.08	0.08 ± 0.08
125	14.100	2-乙酰基吡啶	0.14 ± 0.06	0.04 ± 0.04
126	14.228	二氢-3-羟基-4,4-二甲基-2(3H)呋喃酮	0.64 ± 0.01	0.29 ± 0.29
127	14.739	2-乙酰基-3,4,5,6(1,4,5,6)-四氢吡啶	0.13 ± 0.13	-
128	15.356	3-乙酰基吡咯	0.30 ± 0.30	-
129	15.375	2-乙酰基吡咯	0.56 ± 0.06	0.42 ± 0.02
130	15.457	2-正戊基呋喃	2.20 ± 0.02	1.95 ± 0.03*
131	15.591	2-吡咯烷酮	0.78 ± 0.37	0.49 ± 0.03
132	15.672	2-(羟基甲基)四氢吡喃	0.48 ± 0.48	-
133	16.004	3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	2.84 ± 0.12	2.14 ± 0.07
134	16.235	2,6-二乙基吡嗪	0.06 ± 0.06	0.04 ± 0.04
135	16.317	2,3-二甲基-5-乙基吡嗪	0.18 ± 0.01	0.13 ± 0.01
136	16.650	2-丁基四氢呋喃	0.15 ± 0.15	-
137	16.783	2-甲基-6-[(E)-1-丙烯基]吡嗪	0.43 ± 0.02	0.35 ± 0.01
138	18.456	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	0.62 ± 0.62	0.22 ± 0.22
139	18.970	2,3-二乙基-5-甲基吡嗪	0.10 ± 0.01	0.03 ± 0.03
140	19.059	3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	0.27 ± 0.00	0.17 ± 0.00**
141	20.462	2-丁基吡啶	-	0.41 ± 0.41
142	20.478	2-戊基吡啶	-	0.33 ± 0.33
143	20.500	2-丙基吡啶	0.18 ± 0.18	-
144	21.853	1,2,3,4-四氢喹啉	0.07 ± 0.00	0.05 ± 0.00
145	23.287	4-甲基-5-羟乙基噻唑	0.24 ± 0.07	0.23 ± 0.01
		杂环类物质小计	29.20 ± 0.76	26.06 ± 1.33
146	24.560	2-甲氧基-5-乙烯基苯酚	0.19 ± 0.01	0.04 ± 0.04
		酚类物质小计	0.19 ± 0.01	0.04 ± 0.04
147	0.490	醋酸	9.38 ± 0.18	6.80 ± 0.60*
148	2.881	异氰酸	0.23 ± 0.23	0.04 ± 0.04
149	3.258	乙酰氧基乙酸	0.54 ± 0.08	0.40 ± 0.01
150	8.368	正戊酸	0.29 ± 0.00	-
151	6.843	2-甲基丁酸	0.30 ± 0.07	-
152	12.936	己酸	2.73 ± 2.73	-*
		酸类物质小计	13.47 ± 2.79	7.26 ± 0.57
153	2.763	3,3-二乙氧基-1-丙炔	0.03 ± 0.00	0.01 ± 0.01
154	16.551	乙氧基乙炔	0.13 ± 0.13	-
		炔类物质小计	0.16 ± 0.13	0.01 ± 0.01

注:相对含量为“平均值 ± 相对标准偏差”;“-”表示未检出,定义为 <0.01%;\*表示与带壳压榨葵花籽油相比  $P < 0.05$ ; \*\*表示与带壳压榨葵花籽油相比  $P < 0.01$ 。

从表1可以看出,脱壳压榨葵花籽共检出10类128种挥发性成分,其中醛类26种、酯类10种、醇类15种、酮类15种、烯类14种、烷烃类6种、杂环类37种、酚类1种、酸类3种及炔类1种。带壳压

榨葵花籽油共检出10类139种挥发性成分,其中醛类27种、酯类7种、醇类18种、酮类17种、烯类14种、烷烃类5种、杂环类42种、酚类1种、酸类6种及炔类2种。两种葵花籽油中含量最高的挥发性成

分均为醛类化合物,含量分别为 39.62% (脱壳)和 31.10% (带壳),其次是杂环类化合物,含量分别为 26.06% (脱壳)和 29.20% (带壳)。本实验检出的挥发性成分种类与周萍萍等<sup>[8]</sup>的报道一致,但是周萍萍等<sup>[8]</sup>研究报道浓香葵花籽油中含量最多的为酸类化合物(46.42%),醛类化合物仅为 5.76%,这与本文的实验结果具有较大差别,可能是原料和加工条件的不同所致。

对脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油进行多重比较发现,仅有少部分挥发性成分存在显著性差异。其中挥发性物质占比最多的醛类物质中异戊醛、戊醛、正己醛、2-己烯醛、3-甲硫基丙醛、(E)-2-庚烯醛、正辛醛、苯乙醛、反-2-辛烯醛具有显著性差异。油脂中醛类物质的生成途径主要有两个,一个是通过油脂自氧化生成过氧化物,然后进一步裂解生成脂肪族醛、酮、醇等物质,另一个则是通过 Strecker 降解,将美拉德初期产物氨基酸酮糖和氨基酸醛糖等非挥发性物质降解为还原酮、还原葡萄糖醛酮和糠醛<sup>[9-10]</sup>。(E)-2-庚烯醛(清香味)、2-己烯醛(清香味)、正己醛(弱果香味、清香味)等成分与油脂的清香味具有一定关系,而反式-2,4-癸二烯醛(油脂味、油炸味)、壬醛(油脂味、果香味)、反-2-辛烯醛(油脂味)则与油脂味有关<sup>[7,11-14]</sup>。这些醛类成分在脱壳压榨葵花籽油中含量更高,其原因可能与油脂氧化程度有关<sup>[15-16]</sup>,脱壳后再炒籽生成的过氧化物较多,裂解生成的醛、酮类物质含量也就相应更高。糠醛(焦糖味)、正辛醛(甜味、橘子味)、苯乙醛(花香、蜂蜜香)等物质对甜味和焦糊味具有一定的贡献<sup>[12,17-18]</sup>,糠醛、苯乙醛与 Strecker 降解有关,而正辛醛则是脂肪氧化产物<sup>[9,18-19]</sup>,这些醛类在带壳压榨葵花籽油中含量更高。此外,异戊醛(烘烤味、麦芽味)作为 Strecker 降解产物与烘烤味相关,在带壳压榨葵花籽油中含量更高;而戊醛作为亚麻酸氧化产物,具有果香味,其相对含量在脱壳压榨葵花籽油中含量更高<sup>[20]</sup>。

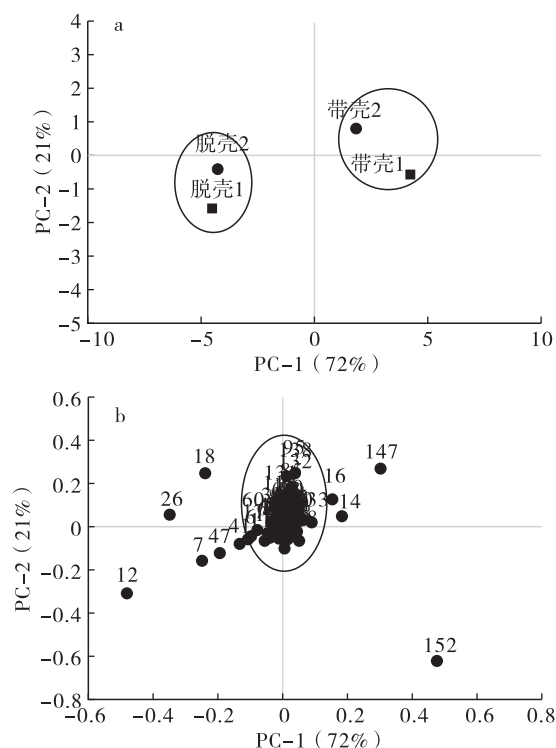
杂环类化合物在两种葵花籽油中也具有较高的含量,其中吡嗪类化合物含量最高,分别为 18.28% (脱壳)和 19.80% (带壳),脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油中吡嗪类物质相对含量并无显著性差异。而吡嗪类化合物如 2,5-二甲基吡嗪、2,6-二乙基吡嗪等成分对烤坚果味(也称烤香味)具有很大的贡献<sup>[15]</sup>。呋喃类化合物在两种油脂中的含量分别为 3.24% (脱壳)、4.05% (带壳)。呋喃类

化合物对风味的贡献主要为坚果味、焦糖味<sup>[21]</sup>。两种葵花籽油中除 2-正戊基呋喃含量具有显著差异外,其余的呋喃类化合物在两种葵花籽油中的含量并无明显差异。

脱壳压榨葵花籽油中醇类物质含量(8.65%)高于带壳压榨葵花籽油的(7.47%)。其中正戊醇和蘑菇醇的含量具有显著差异,脱壳压榨葵花籽油中正戊醇与蘑菇醇的含量分别为 2.38% 和 2.57%,而带壳压榨葵花籽油中则仅为 1.25% 和 0.91%。正戊醇具有油脂味、甜味以及清香味,蘑菇醇则具有蘑菇味和油脂味,分别为油酸与亚油酸氧化产物<sup>[22]</sup>,对油脂味及清香味具有一定的贡献。脱壳压榨葵花籽油中酸类物质的含量(7.26%)明显低于带壳压榨葵花籽油的酸类物质含量(13.47%),其中具有较高含量的是醋酸和己酸,含量分别为 9.38% 和 2.73%,而脱壳压榨葵花籽油中则仅为 6.80% 和未检出。己酸(土壤味、干草味、酸味)和醋酸(醋味)会使油脂产生不良风味<sup>[23]</sup>,这两种酸类物质的含量在两种葵花籽油中具有显著差异。

## 2.2 葵花籽油挥发性成分的主成分分析(PCA)

对两种葵花籽油的挥发性成分的数据集进行主成分分析,以明确两种葵花籽油中挥发性成分是否与脱壳有关及具体差异,结果如图 1 所示。



注:图 1b 中数字与表 1 中挥发性成分序号一致。

图 1 脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油主成分分析分值图(a)和载荷图(b)

从图 1 可以看出,两种葵花籽油的第一主成分

(PC-1)与第二主成分(PC-2)对于总方差的贡献率分别为72%与21%,累积贡献率为93%,这表明PC-1和PC-2可以反映原始数据的信息。两种葵花籽油分布于分值图(图1a)的左右两侧,且葵花籽油的挥发性成分同样分布在载荷图(图1b)的左右两侧,具有明显的分离趋势,表明脱壳炒籽对于油脂的挥发性成分有一定影响。其中,脱壳压榨葵花籽油与PC-1呈负相关,同时载荷图上则有正己醛(7)、(E)-2-庚烯醛(12)、壬醛(18)、反式-2,4-癸二烯醛(26)、正戊醇(41)、蘑菇醇(47)也与PC-1呈负相关,表明这几类物质可能对脱壳压榨葵花籽油风味具有更大的贡献。而带壳压榨葵花籽油与PC-1呈正相关,载荷图上则有正辛醛(14)、苯乙醛(16)、醋酸(147)、己酸(152)与PC-1呈正相关,表明这几类物质可能对带壳压榨葵花籽油风味具有更大的贡献。

### 2.3 脱壳与否对浓香葵花籽油感官风味的影响

对两种葵花籽油分别进行感官风味评价,其单项和总体平均得分如图2所示。

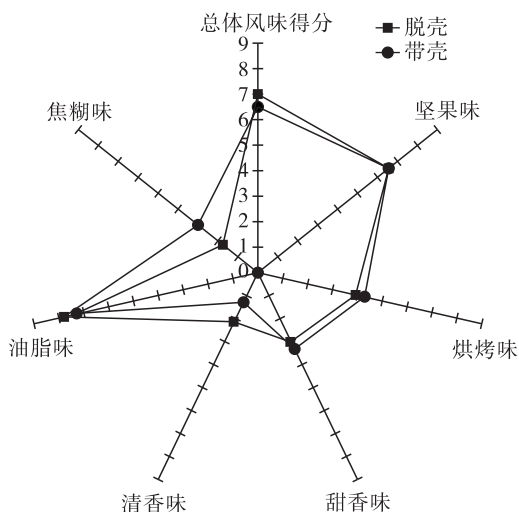


图2 脱壳压榨葵花籽油及带壳压榨葵花籽油感官风味评价

从图2可以看出,从单一风味来看,两种葵花籽油在清香味、焦糊味、油脂味得分上具有差异。带壳压榨葵花籽油与脱壳压榨葵花籽油相比,其焦糊味明显,但清香味和油脂味弱,坚果味差别不大,甜香味及烘烤味得分略高。带壳压榨葵花籽油较强的焦糊味可能缘于葵花籽壳在炒籽过程中受热产生了类似于烧木头的味道。脱壳压榨葵花籽油的总体风味得分高于带壳压榨葵花籽油。因此,脱壳压榨对于葵花籽油整体风味的提升具有积极影响。

将上述HS-SPME-GC-MS检测结果、主成分分析结果及感官评价结果综合起来进一步分析,

可以发现,脱壳与否对于浓香葵花籽油的风味及挥发性成分具有很大的影响,脱壳压榨葵花籽油的整体风味更好,且清香味、油脂味得分更高。脱壳压榨葵花籽油中正己醛、(E)-2-庚烯醛、壬醛、反式-2,4-癸二烯醛、正戊醇、蘑菇醇含量更高,这些物质可能是脱壳压榨葵花籽油中的特征挥发性成分。而带壳压榨葵花籽油整体风味较差,且正辛醛、苯乙醛、醋酸、己酸含量高于脱壳压榨葵花籽油,这些成分可能是带壳压榨葵花籽油的特征挥发性成分。

### 3 结论

采用HS-SPME-GC-MS检测并结合主成分分析、感官评价对脱壳炒籽压榨、带壳炒籽压榨所制浓香葵花籽油中挥发性成分进行了分析比较。结果表明:脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油中分别检出10类128种、10类139种挥发性成分,其中含量最高的均为醛类,分别为39.62%和31.10%,其次是杂环类化合物,分别为26.06%和29.20%,烯类、醇类、酮类在脱壳压榨葵花籽油与带壳压榨葵花籽油中的含量分别为9.56%、8.65%、4.48%及10.59%、7.47%、3.29%;对挥发性成分进行主成分分析并结合感官评价发现,脱壳压榨葵花籽油的风味与壬醛(2.63%)、(E)-2-庚烯醛(8.40%)、反式-2,4-癸二烯醛(4.00%)、正己醛(6.33%)、蘑菇醇(2.57%)、正戊醇(2.38%)的相关性较高,带壳压榨葵花籽油的风味则与苯乙醛(1.43%)、正辛醛(2.01%)、己酸(2.73%)、醋酸(9.38%)的相关性较高。两种葵花籽油在焦糊味、油脂味、清香味等特征风味上具有差异,脱壳压榨葵花籽油的整体风味明显优于带壳压榨葵花籽油。脱壳炒籽压榨对提升浓香葵花籽油风味有积极作用。

### 参考文献:

- [1] GB/T 10464—2017,葵花籽油[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [2] 张亚丽,黄庆德,马建国,等.浓香葵花籽油生产技术研究[J].中国油脂,2016,41(12):9-14.
- [3] 魏丽.向日葵籽壳花色苷的提取、纯化及结构初步鉴定的研究[D].新疆石河子:石河子大学,2010.
- [4] 伦志国.蛋白饲料原料葵花籽粕的应用[J].饲料广角,2017(4):46-47.
- [5] DIMIĆ E, PREMOVIĆ T, TAKAČI A. Effects of the contents of impurities and seed hulls on the quality of cold-pressed sunflower oil[J]. Czech J Food Sci, 2012,30(4): 343-350.
- [6] 张东东.炒香型油脂生产中多环芳烃的控制[D].郑州:河南工业大学,2016.



- [7] 周萍萍. 葵花籽烘烤对葵花籽油风味和品质的影响 [D]. 江苏 无锡:江南大学, 2013.
- [8] 周萍萍, 黄健花, 宋志华, 等. 浓香葵花籽油挥发性风味成分的鉴定 [J]. 食品工业科技, 2012, 33 (14): 128 - 131.
- [9] 刘晓君. 炒籽对花生油风味和品质的影响 [D]. 江苏 无锡:江南大学, 2011.
- [10] OZKARA K T, AMANPOUR A, GUCLU G, et al. GC - MS - olfactometric differentiation of aroma - active compounds in Turkish heat - treated sausages by application of aroma extract dilution analysis [J]. Food Anal Method, 2019, 12(3): 729 - 741.
- [11] LEE G H, SHIN Y, OH M J. Aroma - active components of *Lycii fructus* (kukija) [J]. J Food Sci, 2008, 73 (6): C500 - C505.
- [12] UENO H M, SHIOTA M, UEDA N, et al. iron - lactoferrin complex reduces iron - catalyzed off - flavor formation in powdered milk with added fish oil [J]. J Food Sci, 2012, 77(8): C853 - C858.
- [13] AGILA A, BARRINGER S. Effect of roasting conditions on color and volatile profile including HMF level in sweet almonds (*Prunus dulcis*) [J]. J Food Sci, 2012, 77(4): C461 - C468.
- [14] ZHOU Q, LIU S, LIU Y, et al. Comparative analysis of volatiles of 15 brands of extra - virgin olive oils using solid - phase micro - extraction and solvent - assisted flavor evaporation [J]. Molecules, 2019, 24(8): 1512.
- [15] TIES P, BARRINGER S. Influence of lipid content and lipoxygenase on flavor volatiles in the tomato peel and flesh [J]. J Food Sci, 2012, 77(7): C830 - C837.
- [16] KOCADAĞLI T, GÖNCÜOĞLU N, HAMZALIOĞLU A, et al. In depth study of acrylamide formation in coffee during roasting; role of sucrose decomposition and lipid oxidation [J]. Food Funct, 2012, 3(9): 970 - 975.
- [17] AVALOS - MARTÍNEZ E, PINO J A, SÁYAGO - AYERDI S, et al. Assessment of volatile compounds and sensory characteristics of Mexican hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces hot beverages [J]. J Food Sci Technol, 2019, 56(1): 360 - 366.
- [18] LEE J, XIAO L, ZHANG G, et al. Influence of storage on volatile profiles in roasted almonds (*Prunus dulcis*) [J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(46): 11236 - 11245.
- [19] LIU H, WANG Z Y, ZHANG D Q, et al. Characterization of key aroma compounds in Beijing roasted duck by gas chromatography - olfactometry - mass spectrometry, odor - activity values, and aroma - recombination experiments [J]. J Agric Food Chem, 2019, 67(20): 5847 - 5856.
- [20] PINTO J, OLIVEIRA A S, AZEVEDO J, et al. Assessment of oxidation compounds in oaked Chardonnay wines; a GC - MS and H - 1 NMR metabolomics approach [J]. Food Chem, 2018, 257: 120 - 127.
- [21] CHO I H, LEE S, JUN H, et al. Comparison of volatile Maillard reaction products from tagatose and other reducing sugars with amino acids [J]. Food Sci Biotechnol, 2010, 19(2): 431 - 438.
- [22] ZHANG M, CHEN X, HAYAT K, et al. Characterization of odor - active compounds of chicken broth and improved flavor by thermal modulation in electrical stewpots [J]. Food Res Int, 2018, 109: 72 - 81.
- [23] UBEDA C, SAN - JUAN F, CONCEJERO B, et al. Glycosidically bound aroma compounds and impact odorants of four strawberry varieties [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(24): 6095 - 6102.



为更好地服务于广大读者,《中国油脂》杂志社常年办理《中国油脂》逾期补订和过刊订阅业务;常年办理油脂专业书籍邮购业务,书目、代号、价格请查阅近期《中国油脂》杂志社专业书籍征订广告。

订阅、邮购地址:西安市劳动路 118 号,《中国油脂》杂志社读者服务部  
邮编:710082 电话:029 - 88631255 联系人:潘亚萍