

# 微波焙炒对葵花籽油品质和挥发性物质的影响

陈洁<sup>1</sup>, 洪振童<sup>1</sup>, 刘国琴<sup>1,2</sup>, 王远辉<sup>1</sup>

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450052) (2. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

**摘要:** 以油葵为原料, 研究了微波焙炒对压榨葵花籽油品质和挥发性物质的影响。结果表明: 随着微波功率和时间的增加, 葵花籽油色泽逐渐加深, 酸值变化不大, 过氧化值在中低功率下先升高后降低, 高功率下有降低趋势, 而诱导时间在中低功率下变化不大, 高功率下有升高趋势, 维生素 E 含量则逐渐降低。结合各种指标选出感官评分较高的 7 种葵花籽油 (700 W 5 min、700 W 4 min、700 W 3 min、560 W 4 min、560 W 5 min、420 W 5 min 和 420 W 6 min), 并用 HS-SPME-GC-MS 法分析葵花籽油的挥发性物质, 共检测出 65 种挥发性物质, 其中有 16 种醛类化合物, 6 种酮类化合物, 杂环类物质有 15 种, 12 种萜烯类物质, 4 种醇类物质, 9 种烷烃类物质, 2 种酯类和 1 种酸类物质, 共有的挥发性物质有 14 种。可见, 微波对葵花籽油品质有显著的影响, 并且经微波焙炒所得葵花籽油的风味是由葵花籽固有的植物清香, 油脂的氧化产物以及焙炒过程中的美拉德反应产物共同构成的。

**关键词:** 微波; 压榨; 葵花籽油; 品质; 挥发性物质

文章编号: 1673-9078(2015)8-211-218

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.8.034

## Effect of Microwave Roasting on the Quality and Volatile Compounds of Sunflower Oil

CHEN Jie<sup>1</sup>, HONG Zhen-tong<sup>1</sup>, LIU Guo-qin<sup>1,2</sup>, WANG Yuan-hui<sup>1</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

(2. College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** How microwave roasting affects the quality and volatile compounds of pressed sunflower oil was investigated here. The results showed that with an increase in microwave power and duration of treatment, the color of pressed sunflower oil gradually became deeper, while acid value did not change significantly. Peroxide value increased initially and then decreased under moderate and low microwave power, showing a decreasing trend under high microwave power. The induction time did not have a significant effect at middle and low microwave power, but showed an increasing trend at high power. Finally, vitamin E content decreased gradually. By referring to various indexes, seven sunflower oil samples (700 W 5 min, 700 W 4 min, 700 W 3 min, 560 W 4 min, 560 W 5 min, 420 W 5 min, and 420 W 6 min) with high total sensory scores were selected and their volatile compounds were analyzed using headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). A total of 65 kinds of volatile compounds were detected, including 16 aldehyde compounds, 6 ketone compounds, 15 heterocyclic compounds, 12 terpenes, 4 alcohols, 9 alkanes, 2 esters, and 1 acid. Additionally, the oil samples shared 14 volatile compounds in common. It can be seen from the results above that microwave roasting has a significant effect on the quality of sunflower oil. The characteristic flavor of sunflower oil is produced by the combination of the inherent natural fragrance of the sunflower seeds, lipid oxidation products, and Maillard reaction products during the roasting process.

**Key words:** microwave; pressed; sunflower oil; quality; volatile compounds

葵花籽是向日葵的果实和种子, 是一年生的草本植物, 因其是重要的油料作物, 因此对葵花籽油的研

收稿日期: 2014-11-03

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303072); 国家自然科学基金(31271885, 31471677)

作者简介: 陈洁(1963-), 女, 教授, 研究方向: 食品的加工及基础理论方面

通信作者: 刘国琴(1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 油脂与植物蛋白工程

究具有重要的意义。葵花籽油具有丰富的不饱和脂肪酸和维生素 B、维生素 C、维生素 E 等营养素, 能够降低胆固醇和血压, 并且葵花籽油中甾醇、亚油酸等成分的含量比例较均衡, 便于人体的吸收利用, 营养价值较高; 此外, 它的高烟点可以降低油烟对人体的伤害, 是营养保健油<sup>[1]</sup>。欧洲人、俄罗斯人也主要食用葵花籽油, 在众多的油脂中葵花籽油较为优异。压榨葵花籽油是最传统的取油方式, 操作简单, 没有溶剂污染, 且能保留葵花籽油特有的风味<sup>[2]</sup>。

一般对葵花籽的预处理手段是炒籽、烘烤等,虽然高温焙炒过程中由于美拉德反应能够增加葵花籽油的香味,且其产物还能增加其氧化稳定性<sup>[3]</sup>,而用时太长,容易导致营养物质的损失。微波比一般辐射加热的电磁波穿透性更好,波长更长,能够透入被加热物料的内部。使物料表面与内部的温度同时升高,加热均匀,微波焙炒较传统焙炒方式有明显的优势,如加热快、时间短、节约能量,并能够较好的保持物料中的营养成分<sup>[4]</sup>。近阶段关于微波对植物油影响的报道主要集中在微波辅助提油工艺<sup>[5]</sup>以及微波加热对橄榄油<sup>[6]</sup>等植物油品质的影响等研究上,对于微波预处理葵花籽对葵花籽油品质和挥发性风味物质的报道比较少见。本文探索了不同的微波功率和时间预处理葵花籽,其所得压榨葵花籽油的酸值、过氧化值等理化指标和脂溶性营养素维生素E含量以及感官评分的变化规律,并用顶空固相微萃取-气质联用(HS-SPME-GC-MS)的方法检测分析在不同的微波条件下,葵花籽油挥发性风味物质的变化。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 实验材料与设备

#### 1.1.1 实验原料

油葵(高油王),产自河北地区。

#### 1.1.2 主要实验试剂及设备

甲醇、正己烷为色谱纯;其他试剂均为分析纯;

YKY-6YL-550榨油机,龙岩中农机械制造有限公司;家用型微波炉,LG WD700(MG-5062SD1);WSL-2罗维朋比色仪,上海精密科学仪器有限公司;Rancimat743型氧化酸败仪,瑞士万通有限公司;凯氏定氮仪,上海晟声自动化分析仪器有限公司;气相色谱仪,美国安捷伦公司;高效液相色谱仪,Waters e2695;气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦公司(7890A/5975C)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 原料主要组分分析

水分含量测定方法依据 GB/T5528-2008;粗脂肪含量测定方法依据 GB/T5512-2008;粗蛋白含量测定方法依据 GB/T14489.2-2008。

#### 1.2.2 葵花籽油制备

葵花籽油制取的工艺流程:

葵花籽→清理→微波焙炒→螺旋压榨→出油→离心分离→葵花籽油

具体步骤:每次拣选出300g生葵花籽,用微波

炉进行焙炒,设定微波功率分别为700W、560W、420W、280W和140W,微波时间分别为2min、3min、4min、5min和6min。将经过微波焙炒的葵花籽放入螺旋榨油机中进行压榨,将得到的葵花籽油进行离心分离,放入4℃冰箱冷藏备用。

#### 1.2.3 葵花籽油的理化指标检测

采用 GB/T22460-2008 测定葵花籽油的色泽,用 $(R+Y/10)/2$ 表示<sup>[7]</sup>;GB/T5530-2005 测定葵花籽油酸价(AV);GB/T5538-2005 测定葵花籽油过氧化值(POV)。

葵花籽油氧化稳定性的测定:采用油脂氧化稳定性测试仪测定葵花籽油的氧化稳定性,用氧化诱导时间来表示,即油样在测定温度下电导率的二级导数的最大值所对应的反应时间。葵花籽油用量5.0g,测定温度120℃,空气流量20L/h。

#### 1.2.4 葵花籽油感官品质的测定

由10名对葵花籽油气味熟悉的感官评价人员对其进行评定,各样品随机排定,以确定葵花籽油的最佳炒籽条件。评分细则见表1<sup>[7]</sup>。

表1 葵花籽油感官品质测定评分细则

Table 1 Scoring rules of sunflower oil sensory quality

评分	描述
1~3分	无特征香味或有明显异味
4~6分	香气平淡但无异味
7~9分	香气浓郁

#### 1.2.5 葵花籽油生育酚的测定

精确称取0.5g葵花籽油于10mL的容量瓶中,用色谱正己烷溶解,并定容至刻度,摇匀,用0.45μm有机系微滤膜过滤后,进HPLC测定。根据相对保留时间定性,通过各自的回归方程分别计算出生育酚和生育三烯酚的含量,生育酚和生育三烯酚含量的总和即为葵花籽油中维生素E的含量。

高效液相色谱法测定维生素E的色谱条件:检测器:Waters 2475 荧光检测器,色谱柱:Sunfire C18(250mm×4.6mm,5μm),流动相:正己烷:异丙醚=99:1(V/V),流速:0.8mL/min,柱温:40℃,柱压:20kPa,激发波长:298nm,发射波长:325nm,进样量:10μL。

#### 1.2.6 葵花籽油挥发性风味物质的测定

SPME条件:分别称取3g葵花籽油样品放入15mL顶空瓶中,置于磁力搅拌器中心,把老化好的萃取头插入顶空瓶上部,在50℃温度下平衡30min,然后进气质解吸5min。

GC条件:毛细管柱HP-5MS(30m×0.25mm×0.25μm),起始温度40℃,保持4min,以6℃/min升温

至 230 °C，保持 15 min，载气为 He，流速 1.0 mL/min；不分流进样。

MS 条件：电子轰击离子源 (EI)，电子能量 70 eV，离子源温度 230 °C，传输线温度 250 °C，全谱扫描，扫描范围 33~650 m/z。

数据分析方法：采用安捷伦自带系统进行数据处理，对未知化合物进行计算机检索，同时与 NIST11.L 谱库和 Wiley 谱库相匹配，把正反匹配度均大于 800 (最大值为 1000) 的鉴定结果予以报道，并结合文献对所测挥发性风味物质进行分析比较。

### 1.2.7 数据分析

采用安捷伦自带系统进行数据处理，对未知化合物进行计算机检索，同时与 NIST11.L 谱库和 Wiley 谱库相匹配，把正反匹配度均大于 800 (最大值为 1000) 的鉴定结果予以报道，并结合文献对所测挥发性风味物质进行分析比较。其他数据均做三次平行实验，采用 Excel 软件分析。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 原料葵花籽的组分分析

表 2 原料葵花籽的组分分析

名称	水分/%	粗脂肪/%	粗蛋白/%
葵花籽	5.20±0.19	42.70±2.26	14.00±0.51

### 2.2 微波焙炒对葵花籽油品质的影响

#### 2.2.1 不同微波条件对葵花籽油色泽的影响

色泽是人们评价葵花籽油最直观的指标，良好的色泽会赢得消费者的喜爱和认可。不同微波条件下的葵花籽榨出的油的色泽变化见图 1。

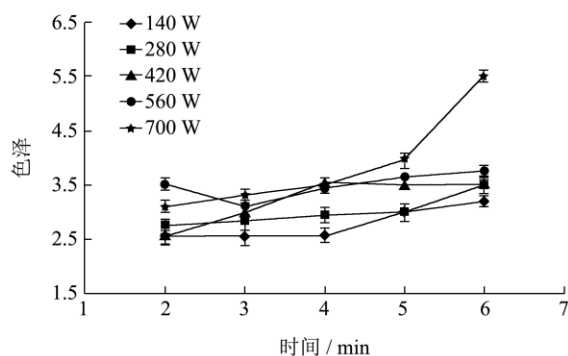


图 1 微波条件对葵花籽油色泽的影响

Fig.1 Effect of microwave roasting on the color of sunflower oil

随着微波时间的延长和微波功率的增大，葵花籽油的色泽逐渐加深，在低功率下 (140 W、280 W、420 W)，葵花籽油的色泽虽有升高趋势，但变化幅度不大；

而当功率达到 560 W 和 700 W 时，色泽升高趋势明显，这是由于随着微波时间和功率的增加，导致葵花籽内部温度升高，促进了美拉德反应的进行，油脂发生褐变，同时会产生类黑精色素<sup>[8]</sup>等产物，使得油的色泽明显加深。所以，为使葵花籽油有良好的色泽，应尽量控制葵花籽的微波时间不超过 5 min。

#### 2.2.2 不同微波条件对葵花籽油酸值的影响

不同微波条件下的葵花籽榨出的油的酸值变化见图 2。

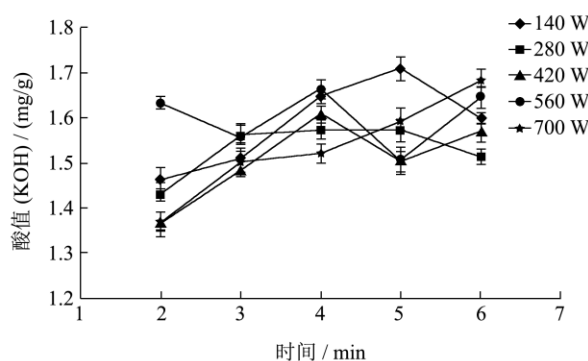


图 2 微波条件对葵花籽油酸值的影响

Fig.2 Effect of microwave roasting on the acid value of sunflower oil

经过微波焙炒过后的葵花籽油酸值在 1.3~1.8 mg/g 之间，小于国家标准。微波功率和微波时间对葵花籽油酸值的影响不大，这与丛珊对微波对水代芝麻油酸价的研究结果相一致<sup>[9]</sup>。

#### 2.2.3 不同微波条件对葵花籽油过氧化值的影响

不同微波条件下压榨出的葵花籽油的过氧化值变化见图 3。

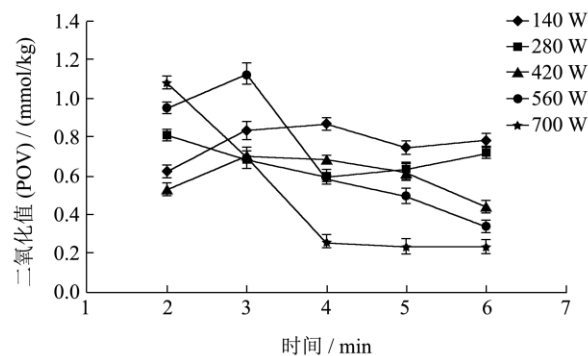


图 3 微波条件对葵花籽油过氧化值的影响

Fig.3 Effect of microwave roasting on the peroxide value of sunflower oil

微波焙炒后得到的葵花籽油过氧化值在 0.2~1.2 mmol/Kg 之间，符合国家标准。在中低功率 (560 W、420 W、280 W、140 W) 下，葵花籽油的过氧化值随着时间的延长呈现出先升高后降低的趋势，这主要是

因为葵花籽油中不饱和脂肪酸含量较多，在微波辐射下，极易生成过氧化物<sup>[10]</sup>，另外在此过程中，容易诱导自由基的产生，这也是过氧化值升高的原因；而在高功率（700 W）时过氧化值有降低的趋势，这是因为高功率下，微波能够使得葵花籽内部温度瞬间升高，导致不稳定的过氧化物很快分解成醛、酮等小分子物质，使得过氧化值降低；另外当微波辐射程度增大时，参与氧化反应的氨基酸或蛋白质发生碳化<sup>[9]</sup>，只有部分能参与氧化反应，故过氧化值呈现出下降趋势。

### 2.2.4 微波条件对葵花籽油氧化稳定性的影响

不同的微波条件对葵花籽油的氧化诱导时间的影响如图4。

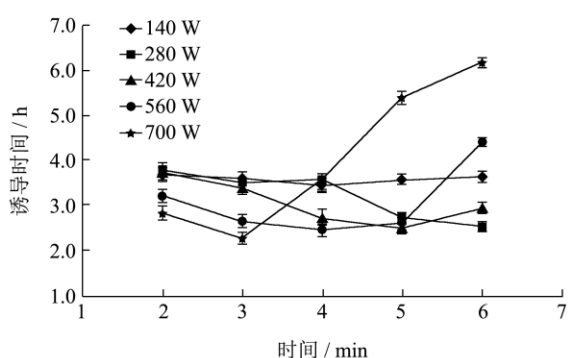


图4 微波条件对葵花籽油诱导时间的影响

Fig.4 Effect of microwave roasting on induction time of sunflower oil

低功率微波焙炒得到的葵花籽油氧化诱导时间随着微波时间的增加变化趋势不大，高功率下微波焙炒得到的葵花籽油随着微波时间的变化呈现升高的趋势，这可能是由于这是由于葵花籽油中本身就含有维生素E和花色苷类<sup>[11]</sup>等抗氧化成分，并且微波加热程度加深，温度升高，美拉德反应的产物也具有一定的抗氧化作用，所以诱导时间升高。而在低功率下，随着微波时间增加，温度变化不大，所以氧化诱导时间变化不大。

### 2.2.5 不同微波条件对葵花籽油维生素E的影响

维生素E是葵花籽油中主要的脂溶性营养物质，本实验测定了在不同的微波焙炒条件下葵花籽油中维生素E含量的变化，见图5。

随着微波时间和功率的增加，葵花籽油中的维生素E含量逐渐降低，这可能是因为微波能够透射到分子内部，不仅能够使葵花籽温度升高，还可能会诱发其他的反应，而葵花籽油中生育酚种类主要是 $\alpha$ -生育酚，随着温度的增加很容易发生降解，导致维生素E含量降低<sup>[12]</sup>。

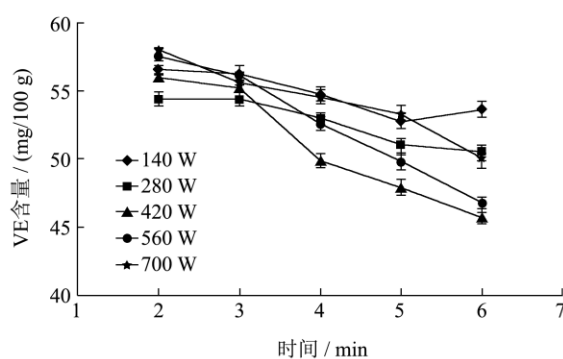


图5 微波条件对葵花籽油维生素E含量的影响

Fig.5 Effect of microwave roasting on the vitamin E content of sunflower oil

### 2.2.6 微波条件对葵花籽油感官品质的影响

对在不同微波时间和功率下炒籽得到的压榨葵花籽油进行感官评价，结果见表3，其雷达图见图6。

表3 感官评分结果

Table 3 Results of sensory quality analysis

微波条件	评价得分	微波条件	评价得分
700 W 2 min	7.62±0.78	420 W 5 min	7.49±0.64
700 W 3 min	8.21±0.71	420 W 6 min	7.64±0.99
700 W 4 min	8.23±0.88	280 W 2 min	3.92±1.12
700 W 5 min	8.29±0.78	280 W 3 min	4.11±0.78
700 W 6 min	7.14±0.97	280 W 4 min	4.20±0.78
560 W 2 min	7.28±0.83	280 W 5 min	4.22±0.89
560 W 3 min	7.40±1.08	280 W 6 min	4.32±0.49
560 W 4 min	7.81±0.70	140 W 2 min	3.77±0.73
560 W 5 min	7.93±0.66	140 W 3 min	3.89±0.58
560 W 6 min	7.14±0.98	140 W 4 min	3.82±0.56
420 W 2 min	6.76±0.57	140 W 5 min	3.90±0.77
420 W 3 min	6.65±0.72	140 W 6 min	4.21±0.78
420 W 4 min	6.89±0.68		

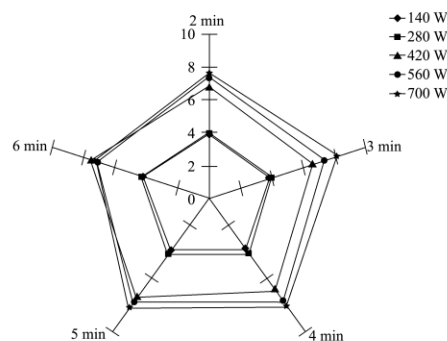


图6 微波条件对葵花籽油感官评分的雷达图

Fig.6 Radar chart of microwave roasting on the sensory quality of sunflower oil

微波功率在140 W和280 W下得到的压榨葵花籽

油感官评分均不到 5 分,微波功率过低容易产生类似于煎炸油的不愉快气味。微波功率为 700 W,时间为 6 min 时得到的葵花籽油有明显的焦糊味,感官评分也不是很高。微波功率在 420~700 W 之间,微波时间在 3~5 min 之间的感官评分较高,均在 7.0 分以上,这说明随着微波功率和时间的增加,葵花籽内部温度的升高,有利于葵花籽油特征风味的形成。结果表明,在微波功率不低于 420 W,时间在 3~5 min 时得到的葵花籽油比较受大家喜欢。感官评分结合以上理化指

标和脂溶性营养素维生素 E 含量的变化,最终选出 7 种不同微波条件(700 W 5 min、700 W 4 min、700 W 3 min、560 W 4 min、560 W 5 min、420 W 5 min 和 420 W 6 min)下的压榨葵花籽油。

### 2.2.7 不同微波条件对葵花籽油挥发性风味物质的影响

采用顶空-固相微萃取-气质联用(HS-SPME-GC-MS)的方法进一步分析以上选出的 7 种压榨葵花籽油中的挥发性风味物质,分类整理后结果见表 4。

表 4 不同微波条件下的葵花籽油挥发性物质种类及其相对百分含量

Table 4 The type and relative contents of volatile compounds of sunflower oil under different microwave conditions

化合物种类及名称	保留时间/min	不同微波条件下风味物质的相对百分含量/%						
		700 W 5 min	700 W 4 min	700 W 3 min	560 W 4 min	560 W 5 min	420 W 5 min	420 W 6 min
<b>醛类</b>								
异丁醛	1.656	0.34	1.37	1.11	-	0.97	1.29	0.92
三甲基-丁醛	2.186	-	0.61	1.90	0.92	-	0.78	0.68
二甲基-丁醛	2.429	1.33	2.32	1.68	1.32	2.79	1.95	2.98
己醛	5.322	-	1.36	-	-	-	-	-
糠醛	6.389	6.68	4.73	0.33	0.38	2.98	-	1.80
庚醛	8.486	-	-	0.18	-	-	-	0.18
3-甲硫基丙醛	8.688	-	-	0.19	0.26	-	0.32	0.31
2-庚烯醛	10.201	-	-	-	-	-	-	0.38
苯甲醛	10.347	0.38	0.24	0.39	-	0.27	-	0.31
5-甲基呋喃醛	10.459	3.79	0.74	-	-	0.44	-	0.43
苯乙醛	12.794	0.88	2.21	1.59	2.08	2.23	2.60	3.09
壬醛	14.411	-	1.57	1.73	2.37	1.32	1.76	1.23
龙脑烯醛	15.003	-	-	0.62	-	-	0.32	-
2-癸烯醛	18.377	-	0.31	-	0.52	0.4	-	-
反式-2,4-癸二烯醛	19.680	0.18	0.25	0.25	0.35	0.25	0.32	0.33
2-十一烯醛	20.704	-	-	-	-	0.46	0.46	0.46
<b>酮类</b>								
3-戊烯-2-酮	3.719	-	1.11	-	1.43	1.38	-	-
2-庚酮	8.159	-	-	-	-	-	-	0.32
1-(5-甲基-2-吡嗪基)-1-醇酮	14.731	0.75	-	-	-	-	-	-
1-(6-甲基-2-吡嗪基)-1-醇酮	14.850	0.96	0.37	-	-	-	-	-
松油酮	15.944	-	-	1.27	0.57	-	0.50	-
S-马鞭烯酮	17.143	0.76	0.54	1.80	1.60	0.66	1.43	0.74
<b>杂环类</b>								
吡嗪	3.523	0.44	0.12	-	-	-	-	-
吡啶	3.795	0.78	-	-	-	-	-	-
吡咯	4.241	0.25	-	-	-	-	-	-
2-甲基吡嗪	5.991	7.81	6.14	-	-	4.70	-	3.61
3-甲基吡咯	6.785	0.72	-	-	-	-	-	-

转下页

接上页

2,4-二甲基噻唑	7.970	0.23	-	-	-	-	-	-
2,5-二甲基吡嗪	8.772	10.30	13.32	4.04	4.86	12.02	3.48	10.91
2-戊基呋喃	11.239	0.35	0.38	0.71	0.80	0.56	0.72	0.70
2-乙基-6亚甲基-吡嗪	11.435	1.88	1.38	-	-	1.13	-	0.87
三甲基吡嗪	11.560	7.55	8.67	-	-	8.47	-	7.28
3-乙烷基-2,5-二甲基吡嗪	13.741	4.13	5.07	1.47	1.57	3.65	1.64	3.87
2-乙烷基-3,5-二甲基吡嗪	13.958	-	1.08	-	-	-	-	-
1-甲基-1H-吡咯-2-乙腈	14.501	0.61	-	-	-	-	-	-
5-甲基-6,7-二氢-5H-环戊并吡嗪	15.380	-	0.33	-	-	-	-	-
3,5-二乙基-2-甲基-吡嗪	15.818	1.03	-	-	-	0.69	-	-

烯类

3-侧柏烯	9.225	0.46	0.85	1.70	1.83	1.10	1.64	-
(1S)-(+)- $\alpha$ 蒎烯	9.413	5.18	10.37	23.14	26.22	15.10	25.27	15.23
蒎烯	9.852	0.20	0.19	0.33	0.36	0.24	0.36	0.24
2,4-萜二烯	10.048	-	-	0.90	0.79	-	-	-
$\beta$ -萜烯崖柏烯	10.654	2.28	4.10	8.43	10.15	5.85	9.32	6.15
异松油烯	11.936	-	-	0.58	0.57	-	0.50	0.39
双戊烯	12.292	0.70	0.70	1.27	1.44	0.99	1.42	1.02
萜品烯	13.156	0.91	0.92	1.49	1.63	1.08	1.61	1.05
(+)-4 萜烯	13.957	0.66	0.91	0.40	-	0.95	0.93	-
白菖烯	22.252	0.10	0.23	0.42	0.50	0.40	0.60	0.38
贝壳杉烯	33.397	-	0.08	0.18	0.23	-	0.17	0.15
反式角鲨烯	37.990	-	-	1.04	-	-	-	-

醇类

2,3-丁二醇	5.008	-	-	-	-	-	-	0.16
糠醇	7.315	3.00	1.00	-	-	-	-	0.62
1-反式-松香芹醇	15.393	-	-	-	-	-	0.61	-
(-)-4 萜品醇	16.376	-	-	0.16	0.21	0.17	0.26	0.22

烷烃类

1,1,2-三甲基-环丙烷	3.691	-	-	-	-	-	-	1.45
邻异丙基甲苯	12.195	-	-	0.63	0.63	0.91	0.59	0.68
十三烷	19.192	-	0.22	0.29	0.41	0.24	0.31	0.23
十四烷	21.422	0.10	-	-	-	-	-	-
环十五烷	23.179	-	0.16	-	0.17	-	0.24	0.11
十五烷	23.521	0.10	0.10	0.23	-	0.14	-	-
十六烷	25.500	0.14	0.22	0.25	-	0.22	0.41	-
十七烷	27.382	0.05	0.09	-	-	0.15	0.42	-
2,6,10,14-四甲基十五烷	27.479	-	-	-	-	-	0.34	-

酯类

4-羟基丁酸乙酯	8.904	-	-	4.92	5.67	-	4.58	-
菊酯	45.504	-	-	2.81	-	-	-	-

酸类

乙酸	1.941	2.22	3.41	5.18	4.16	4.30	5.40	4.95
----	-------	------	------	------	------	------	------	------

从表 3 可以看出, 采用 HS-SPME-GC-MS 对 7 种 葵花籽油的挥发性物质进行分析, 共检测出 65 种挥发

性物质,其中有16种醛类化合物,6种酮类化合物,杂环类物质有15种,12种萜烯类物质,4种醇类物质,9种烷烃类物质,2种酯类和1种酸类物质。7种葵花籽油共有的挥发性物质有14种,其中醛类物质有3种,分别是二甲基-丁醛,苯乙醛,反式-2,4-癸二烯醛,所占比重为2.39%~6.40%;酮类物质有1种,是S-马鞭烯酮,所占比重为0.54%~1.80%;杂环类物质有3种,分别是2,5-二甲基吡嗪,2-戊基呋喃,3-乙烷基-2,5-二甲基吡嗪,相对百分含量为5.84%~18.77%;萜烯类物质有6种,分别是(1S)-(+)- $\alpha$ -蒎烯,蒎烯, $\beta$ -蒎烯崖柏烯,双戊烯,萜品烯,白菖烯,所占比重为9.37%~40.30%;酸类物质有1种是乙酸,相对百分比为2.22%~5.18%。

不同的微波辐射程度下,葵花籽油的挥发性物质有很大差异。可以看出相对百分含量最多的是萜烯类物质,其次是杂环类化合物和醛酮类化合物。萜烯类化合物是随着微波辐射程度的增加而逐渐降低的,出现这个变化趋势的原因可能是蒎烯类物质很容易异构化<sup>[13]</sup>,其中(1S)-(+)- $\alpha$ -蒎烯所占比重最多,其主要特征香味是松香,属于植物固有的清香。而杂环类化合物是随着微波时间的延长,其含量越高,其中2,5-二甲基吡嗪相对含量最高,其主要的特征香味是焙烤味,坚果香味,吡嗪类物质的产生主要是由于葵花籽油中的蛋白质、氨基酸等物质随着温度的升高发生了美拉德反应<sup>[14]</sup>。醛酮类物质的变化趋势与杂环类化合物类似,其中700 w 4 min和700 w 5 min下所得葵花籽的醛酮类物质含量差异不大,分别为16.62%和16.05%,700 w 3 min下的醛酮含量明显低于700 w 4 min和700 w 5 min条件下的葵花籽油,含量为13.04%,其中所占比重最多的是糠醛,其主要的香气特征是面包香,焦糖香,醛酮类物质的产生主要是由于葵花籽油中的油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸发生了氧化,生成氢过氧化物,这些物质很容易裂解成醛酮类的小分子物质<sup>[9]</sup>;在相同功率下,微波时间长的葵花籽油中醛酮含量要高于微波时间短的,这与2.2.3中对不同微波辐射程度下过氧化值变化趋势的讨论相符。葵花籽本身所具有植物清香以及热加工过程中氨基酸、蛋白质等的美拉德反应和脂肪酸等物质的氧化分解反应共同形成了葵花籽油独特的风味。

### 3 结论

不同的微波条件对葵花籽油品质和挥发性风味物质的影响显著,随着微波功率和时间的增加,葵花籽油色泽逐渐加深,酸值变化不大,过氧化值在中低功率和高功率下的变化趋势不同,氧化诱导时间在中

低功率下变化不大,高功率时则有升高的趋势,维生素E含量逐渐降低。低功率下焙炒得到的葵花籽油感官评分明显低于高功率下焙炒所得葵花籽油,结合各种指标选出感官评分较高的7种葵花籽油,并用HS-SPME-GC-MS分析葵花籽油挥发性风味物质,其中所占比重较多的是(1S)-(+)- $\alpha$ -蒎烯,2,5-二甲基吡嗪,3-乙烷基-2,5-二甲基吡嗪, $\beta$ -蒎烯崖柏烯。挥发性物质的种类以及相对百分含量的不同导致葵花籽油在不同的微波条件下特征风味的不同,微波加热时间短,辐射强度大,与传统焙炒工艺比,节省了时间,提高了效率,并且微波焙炒所得葵花籽油品质也要优于传统工艺下的压榨油,本文为微波应用到葵花籽油的大规模生产提供了一定的参考。

### 参考文献

- [1] 赵富荣,袁有志.葵花籽制油及综合利用[J].中国油脂,2005,30:9-13  
ZHAO Fu-rong, YUAN You-zhi. Preparation of oil sunflower seeds and comprehensive utilization [J]. China Oils and Fats, 2005, 30: 9-13
- [2] JSF Pereira, LSF Pereira, PA Mello, et al. Microwave-induced combustion of crude oil for further rare earth elements determination by USN-ICP-MS [J]. Analytica Chimica Acta, 2014, 844: 8-14
- [3] Juliet A G. Maillard reaction in food: progress made challenges ahead-conference report from the eighth international symposium on the maillard reaction [J]. Trends in Food Science and Technology, 2006, 17: 324-330
- [4] 白卫东,王琴,连卫敏.微波对植物油品质的影响[J].食品科学,2002,23(23):37-40  
BAI Wei-dong, WANG Qin, LIAN Wei-min. Effect of microwave on quality of vegetable oil [J]. Food Science, 2002, 23(23): 37-40
- [5] Matej Ravber, Zeljko Knez, Mojca Skerget. Simultaneous extraction of oil-and water-soluble phase from sunflower seeds with subcritical water [J]. Food Chemistry, 2015, 166: 316-323
- [6] Alessandro Leone, Antonia Tamborrino, Riccardo Zagaria, et al. Plant innovation in the olive extraction process: A comparison of efficiency and energy consumption between microwave treatment and traditional malaxation of olive pastes [J]. Journal of Food Engineering, 2015, 146: 44-52
- [7] 周萍萍,黄健花,李佳,等.烘烤条件对葵花籽油风味和品

- 质的影响[J].中国油脂,2013,38(12):1-3
- ZHOU Ping-ping, HUANG Jian-hua, LI Jia, et al. Effects of curing conditions on the flavor and quality of sunflower seed oil [J]. China Oils and Fats, 2013, 38(12): 1-3
- [8] Osorio C, Duque C, Viera FB. Studies on aroma generation in lulo (*Solanum quitoense*): enzymatic hydrolysis of glycosides from leaves [J]. Food Chem., 2003, 81(3): 333-340
- [9] 丛珊,张国治,黄纪念,等.微波焙炒对水代芝麻油品质的影响[J].中国油脂,2013,38(8):7-10
- CONG Shan, ZHANG Guo-zhi, HUANG Ji-nian, et al. Effects of microwave roasting on water quality of sesame oil generation [J]. China Oils and Fats, 2013, 38(8): 7-10
- [10] 纪俊敏,魏安池,侯利霞,等.微波加热对花生油氧化稳定性的影响[J].河南工业大学学报:自然科学版,2009,30(2): 30-32
- JI Jun-min, WEI An-chi, HOU Li-xia, et al. Effects of microwave heating on the oxidative stability of peanut oil [J]. Journal of Henan University of Technology, 2009, 30(2): 30-32
- [11] 张守媛.葵花籽壳中花色苷类物质的提取研究[D].吉林长春:长春工业大学,2012
- ZHANG Shou-yuan. Extraction of anthocyanins from black sunflower seed shell [D]. Jilin Changchun: Changchun University of Technology, 2012
- [12] Kshitij S, Feyera G G, Bruno D M. A novel insight on the high oxidative stability of roasted mustard seed oil in relation to phospholipid, maillard type reaction products, tocopherol and canolol contents [J]. Food Research International, 2013, 54: 587-594
- [13] 李凝. $\alpha$ -蒎烯化学性质的应用[J].广西化工,2000,1(3): 37-38
- LI Ning. Application of alpha pinene chemical properties [J]. Guangxi Chemical Industry, 2000, 1(3): 37-38
- [14] Mason M E, Johnson B. Flavor components of roasted peanuts some low molecular weight pyrazines and pyrrole [J]. J. Agric. Food Chem., 1966, 14(5): 454-460