

“粮油食品品质提升与安全控制” 特约专栏文章之四

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.02.004

预处理对低温压榨花生油 风味物质的影响

乔泽茹¹, 刘国琴¹, 李琳^{1,2}

- (1. 华南理工大学 食品科学与工程学院, 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室, 淀粉与植物蛋白深加工教育部工程研究中心, 广东 广州 510640;
2. 东莞理工学院 化学工程与能源技术学院, 广东 东莞 523808)

摘要: 采用顶空固相微萃取 (HS-SPME) 和气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 技术检测不同预处理低温压榨花生油中挥发性风味物质, 探讨不同预处理低温压榨花生油中醛类、酮类、吡嗪类等挥发性风味物质的种类和相对含量。结果表明: 被检测的花生油样品中共鉴定出 97 种挥发性风味物质, 不同预处理方式制得的低温压榨花生油其挥发性风味物质差异很大。脉冲电场预处理低温压榨花生油主要呈味物质为 3-羟基-2-丁酮; 微波预处理低温压榨花生油挥发性风味物质以吡嗪类和吡咯类物质居多; 超声波预处理低温压榨花生油挥发性风味物质主要是酸类。预处理方式对低温压榨花生油挥发性风味物质的影响有显著差异, 不同预处理方式可以获得不同风味的低温压榨花生油。

关键词: 脉冲电场预处理; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱联用; 花生油; 挥发性风味物质

中图分类号: TS224.6 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)02-0022-08

Effects of pretreatment on flavor of peanut oil with cold-pressed process

QIAO Ze-ru¹, LIU Guo-qin¹, LI Lin^{1,2}

- (1. School of Food Science and Engineering, Guangdong Province Key Laboratory for Green Processing of Natural Products and Product Safety, Ministry of Education Engineering Research Center of Starch & Protein Processing, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 2. School of Chemical Engineering and Energy Technology, Dongguan University of Technology, Dongguan, Guangdong 523808, China)

Abstract: The volatile flavor compounds from cold-pressed peanut oils which were pretreated by pulsed electric field (PEF), microwave (MW) and ultrasonic wave (UW) respectively were concentrated by HS-SPME and analyzed by GC-MS. The types and relative contents of aldehydes, ketones, pyrazines and other volatile flavor substances in peanut oil were studied. The results indicated that a total of 97 volatile flavor substances were identified from the tested samples. And the cold-pressed peanut oil prepared by different pretreatment methods had different volatile flavor substances. In PEF-pretreated-cold-pressed peanut oil, acetoin was the characteristic flavor compound which has a pleasant aroma of butter. Among the volatile flavor substances of MW-pretreated-cold-pressed peanut oil, pyrazines and pyrroles have nutty and roasty flavor, and this type of cold-pressed peanut oil had flavor characteristics similar to those of hot-pressed

收稿日期: 2019-12-23

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划子课题 (2016YFD0400401-5); 国家自然科学基金面上项目 (31771895); 广东省重点研发项目 (2019B020212001)

作者简介: 乔泽茹, 1996 年出生, 女, 硕士研究生, 研究方向为油脂营养与安全。

通讯作者: 刘国琴, 1962 年出生, 女, 博士, 教授, 研究方向为油脂营养与安全研究。

peanut oil. The volatile flavor substances of UW-pretreated-cold-pressed peanut oil were mainly acids, showing a smell of oleic acid. Hence, there were significant differences in the effect of pretreatment on volatile flavor substances of cold-pressed peanut oil, and different flavors of cold-pressed peanut oil can be obtained by changing the pretreatment method.

Key words: pulsed electric field pretreatment; HS-SPME; GC-MS; peanut oil; volatile flavor compounds

花生是我国最重要的油料作物之一,在 2018、2019 年度,我国花生产量为 1 750 t,其中 17.68% 用于生产花生油 (USDA, 2019)。花生油色泽清亮、滋味可口并且营养丰富,备受消费者的青睐^[1]。

风味是花生油的主要感官品质之一。目前,花生榨油主要有两种方式:高温压榨和低温压榨。我国 90% 以上的花生油采用传统的高温压榨技术^[2],该方法使花生油具有浓香型风味。但是,高温导致压榨过程花生的营养物质流失,花生油稳定性差。与高温压榨相比,低温压榨花生油不仅可以极大地保留花生的营养物质,并且可以得到变性程度低的花生饼粕进行二次加工,创造经济效益^[3]。然而,低温压榨花生油的风味清淡,无法满足人们对花生油风味的需求。

近年来,有学者采用不同方式改善低温制备油脂的风味^[4-6]。Nelson R. Grosso 等^[4]将牛至精油加入橄榄油,发现牛至精油可以作为天然抗氧化剂改善其氧化稳定性,并且消费者对其感官接受度优于天然橄榄油。刘云花^[5]通过从花生饼粕中提取风味物质的前体物质,并将其制备成风味物质加入低温压榨花生油中,以增强其风味。Pei 等^[6]应用微波技术预处理核桃,有效改善了核桃油的风味,同时提高其氧化稳定性,延长货架期。

由于具有不引入其他杂质、操作简便、高效等优点,预处理方式改善低温压榨植物油的风味与其他方法相比具有优势。很多文献报道了微波预处理^[6]、脉冲电场处理^[7]、超声波处理^[8]均可以提高油料作物出油率,同时改善植物油品质。但鲜见通过这些预处理对低温压榨花生油挥发性风味物质影响的相关报道。

本文采用三种不同预处理方式(脉冲电场预处理、微波预处理和超声波预处理)处理花生,然后低温压榨得到花生油;并通过顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱联用(GS-MS)的检测方法,对低温压榨花生油的挥发性风味物

质进行鉴定,分析三种预处理方式对低温压榨花生油风味物质的种类及相对含量的影响,为改善低温压榨花生油的风味提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料

脱皮花生仁:市售;去离子水:取自 Milli-Q 系统。

1.1.2 仪器设备

AL204 型电子分析天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;DG(B0)格兰仕微波炉:广东格兰仕集团有限公司;JY92-IIDN 超声波细胞粉碎机:宁波新芝生物科技股份有限公司;SY-E-500 脉冲电场处理设备:华南理工大学食品科学与工程学院自制;DGG-9036A 电热恒温鼓风干燥箱:苏州江东精密仪器有限公司;KH20R-150B 冷冻离心机:湖南凯达科学仪器有限公司;MA-S1 榨油机:中山市麦尔尼电器制造有限公司;二乙烯基苯/Carboxen/聚二甲基硅氧烷(DVB/CAR/PDMS)固相微萃取萃取头、15 mL 固相微萃取顶空瓶:美国 Supelco 公司;GC6890N-MS 5975 气相色谱-质谱联用仪:安捷伦科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 脉冲电场(PEF)预处理

参考魏静妮^[9]的方法,称取 50 g 脱皮花生仁,按料液比 1:5(m/v)将花生仁浸泡在去离子水中过夜,待其水分含量达到 55% 左右后,过滤取出,得到浸泡后的花生仁;放入脉冲电场处理室内,加去离子水,固定极板之间距离为 3 cm,排空气泡使水充满整个处理室,设置脉冲电场强度为 1.24 kV/cm,脉冲宽度为 250 μ s,脉冲频率为 1 Hz,分别在脉冲次数为 10、20 和 40 次的条件下对花生仁进行预处理(样品编号分别对应为 P1、P2 和 P3);将预处理后的花生过滤水后取出,在 55 $^{\circ}$ C 左右的热风干燥箱中干燥至含水量为

4.5%~5.0%，备用。

1.2.2 微波 (MW) 预处理

参考孙燕^[10]的方法，称取 50 g 脱皮花生仁，放入微波适用容器中，平铺开放入微波炉中处理，其中，微波功率为 700 W，微波时间分别为 1、3 和 5 min (样品编号分别对应为 M1、M2 和 M3)，预处理好后备用。

1.2.3 超声波 (UW) 预处理

参考涂行浩^[11]的方法，称取 50 g 脱皮花生仁，放入烧杯中，以料液比为 1:5(m/v)加入蒸馏水，置于超声波装置进行超声预处理，超声功率 500 W，占空比 3:3(s/s)，超声时间分别为 10、20 和 30 min (样品编号分别对应为 U1、U2 和 U3)，将预处理后的花生过滤水后取出，在 55 左右的热风干燥箱中干燥至含水量为 4.5%~5.0%，备用。

1.2.4 油脂制备

参考李淑莹^[12]的方法。将未做预处理 (样品编号为 C) 和三种不同预处理方式的花生仁，经低温压榨 (温度 ≤ 65)，离心 (8 000 r/min, 10 min) 及物理过滤后，制得低温压榨花生油，并密封避光保存在 4 冰箱备用。

1.2.5 顶空固相微萃取 (HS-SPME)

参考李淑莹^[12]的方法。称取 3 g 花生油油样于已装有搅拌子的 15 mL 顶空瓶中，用 PTFE/硅胶隔垫并加盖密封。将顶空瓶置于 50 加热器上恒温平衡 20 min。将已在 250 活化 20 min 的 DVB/CAR/PDMS 萃取头通过隔垫插入顶空瓶中，50 下进行恒温搅拌 (1 000 r/min)，顶空吸附 40 min，然后将萃取头插入 250，进样口

解吸 5 min。

1.2.6 气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 分析

参考李淑莹^[12]的方法。气相色谱质谱条件：DB-WAX 柱 (30 m×0.25 mm×0.25 μm)，升温程序：40 保持 5 min，5 /min 升温至 120，再以 10 /min 升温至 240。检测器：进样口温度 250，分流比 50:1，载气：高纯度氦气，载气流速：1 mL/min。电离方式 EI，离子源温度 230，电子能量 70 eV，MS 四级杆温度 150，灯丝放射电流 200 μA，接口温度 250，质量扫描范围 35~550 m/z。

1.3 数据处理

HS-SPME-GC-MS 实验数据采用 MassHunter 数据软件分析，得到总离子流图，经 NIST 谱库检索匹配，取匹配度不低于 80%的成分对化合物进行定性，并以峰面积归一化法定量挥发性成分的相对含量。采用 Excel 2016 进行数据处理。

2 结果与讨论

2.1 低温压榨花生油挥发性风味物质 HS-SPME-GC-MS 测定结果分析

采用 HS-SPME-GC-MS 技术分析不同预处理方式低温压榨花生油的挥发性风味物质，经 NIST 谱库检索匹配后，取匹配度不低于 80%的成分对化合物进行定性，并以峰面积归一化法定量挥发性成分的相对含量，结果如表 1 所示。

由表 1 可知，在所有花生油样品中共鉴定出 97 种挥发性风味物质，其中，醛类 16 种，酮类 6 种，醇类 14 种，酯类 7 种，酸类 19 种，烃类 17 种，酚类 1 种，醚类 3 种，呋喃类 3 种，吡嗪类

表 1 不同预处理方式低温压榨花生油挥发性风味物质相对含量

%

序号	名称	挥发性风味物质相对含量									
		C	P1	P2	P3	M1	M2	M3	U1	U2	U3
	醛类										
1	己醛	0.78	-	1.45	-	0.77	0.67	0.74	0.16	0.28	0.33
2	辛醛	0.73	0.55	-	-	-	1.01	-	-	1.41	4.68
3	(Z)-2-庚醛	3.52	0.73	0.51	-	3.71	5.09	-	-	-	-
4	壬醛	2.68	1.89	-	0.82	3.35	4.03	2.84	6.93	3.94	-
5	(E)-2-辛烯醛	2.26	1.04	-	0.63	2.61	2.79	1.63	1.48	1.76	1.95
6	(Z)-2-辛烯醛	0.16	-	-	-	-	-	0.13	-	-	-
7	(E)-2-癸烯醛	3.17	5.33	3.05	2.47	3.76	4.62	-	3.16	6.21	5.44
8	十一烯醛	3.14	7.99	4.78	3.67	3.59	3.96	2.68	2.69	8.11	7.01
9	(E)-2,4-癸二烯醛	3.76	1.40	-	-	4.13	22.65	14.93	0.79	-	-
10	(Z)-2,4-癸二烯醛	14.36	-	1.83	-	15.58	-	-	-	-	-

续表 1

序号	名称	挥发性风味物质相对含量									
		C	P1	P2	P3	M1	M2	M3	U1	U2	U3
11	辛烯醛	-	0.54	0.75	-	0.81	-	-	-	-	-
12	苯甲醛	-	-	-	-	-	1.18	1.02	-	-	-
13	2-十三烯醛	-	-	-	-	-	-	0.24	0.97	0.59	-
14	(E)-壬烯醛	-	0.56	0.91	-	-	-	-	-	-	-
15	4-氧代醛	-	0.65	0.45	-	-	-	-	-	1.92	-
16	葵醛	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.90	0.87
酮类											
17	环己酮	0.54	-	-	-	-	-	0.34	-	1.44	-
18	八氢萘-4a(2H)-酮	-	-	-	0.64	-	-	0.15	-	-	-
19	2-仲丁基环己酮	-	-	-	-	-	-	-	-	11.29	-
20	3-羟基-2-丁酮	-	61.61	70.60	77.14	-	-	-	-	-	-
21	2-丁基-环己酮	-	1.34	-	-	-	-	-	-	-	-
22	3,6-二甲基-2-辛酮	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09	-
醇类											
23	正戊醇	2.73	-	-	-	-	2.63	2.28	-	-	-
24	正己醇	26.27	3.93	4.67	6.80	25.88	23.63	10.70	27.56	9.82	15.74
25	3,5-辛二烯-2-醇	0.47	-	-	-	0.33	0.31	0.14	-	-	-
26	庚醇	1.47	0.32	-	-	1.10	1.92	-	1.38	-	0.83
27	2-乙基-4-甲基-1-戊醇	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	2-辛烯-1-醇	1.10	-	-	-	1.24	-	-	-	-	-
29	1-壬醇	3.86	-	-	-	3.67	2.98	2.70	3.84	2.35	2.33
30	(Z)-3-壬基-1-醇	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	环癸醇	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59
32	苯乙醇	4.44	-	-	-	5.46	5.00	2.97	10.92	4.86	7.20
33	2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	2-乙基-1-癸醇	-	-	-	-	0.74	-	-	-	-	-
35	3-甲基-1-丁醇	-	-	-	-	-	-	-	1.37	-	0.24
36	正辛醇	-	-	-	-	-	-	-	3.48	-	-
酯类											
37	正己酸乙烯酯	0.84	0.70	0.68	0.65	0.28	-	-	-	1.81	1.69
38	甲酸辛酯	3.18	-	-	-	-	2.60	-	-	-	0.14
39	[1,1'-双环丙基]-2-辛酸-2'-己基-甲酯	0.81	-	-	-	-	0.18	-	-	0.49	-
40	γ -戊基丁内酯	-	-	-	-	1.17	1.31	-	-	-	1.83
41	肉豆蔻脑酸甲酯	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-
42	4-羟基丁酸乙酰酯	-	-	-	-	-	-	0.57	-	-	0.33
43	棕榈酸异丙酯	-	-	-	-	-	-	-	2.92	1.42	-
酸类											
44	乙酸	2.96	-	-	0.85	-	-	-	12.91	-	3.44
45	己酸	6.95	6.41	4.09	3.40	7.20	4.23	3.48	7.73	17.23	19.01
46	亚油酸	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	壬酸	2.70	-	0.97	-	-	-	-	-	-	-
48	十八炔酸	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	辛酸	-	0.98	-	-	0.57	0.51	0.26	2.04	9.26	7.92
50	壬酸	-	1.48	-	0.80	1.34	1.85	-	2.89	10.82	10.60
51	E-9-二十碳四烯酸	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-
52	Z-8-甲基-9-十四碳烯酸	-	-	-	-	0.17	-	0.06	-	-	-
53	十八烷酸	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-
54	异丁酸	-	0.66	0.59	0.60	-	-	-	1.67	-	-
55	2-甲基己酸	-	1.57	-	1.52	-	-	-	-	-	-
56	3-甲基戊酸	-	-	1.54	-	-	-	-	-	-	-
57	棕榈酸	-	-	3.13	-	-	-	-	-	-	-
58	2-辛烯酸	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	-
59	乳酸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14

续表 1

序号	名称	挥发性风味物质相对含量									
		C	P1	P2	P3	M1	M2	M3	U1	U2	U3
60	甲基酒石酸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12
61	正戊酸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.03
62	庚酸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.98
烃类											
63	2,4,6-三甲基辛烷	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	1,2-15,16-二环氧十六烷	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	1-十六烯	1.66	-	-	-	0.99	-	0.44	-	-	-
66	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	-	0.31	-	-	-	0.45	0.25	-	-	-
67	1-氯戊烷	-	-	-	-	4.46	-	-	-	-	-
68	戊基-环丙烷	-	-	-	-	2.94	-	-	-	-	-
69	1,2-环氧十六烷	-	-	-	-	0.32	-	-	-	-	-
70	5-甲基-1-庚烯	-	-	-	-	0.39	-	-	-	-	-
71	1-十二烯	-	-	-	-	0.25	1.04	-	-	-	-
72	1-戊二烯	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-
73	Z-5-十三烯	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-
74	2,4,6-三甲基-辛烷	-	-	-	-	-	-	0.52	-	-	-
75	辛烷	-	-	-	-	-	-	0.58	-	-	-
76	苯基环氧乙烷	-	-	-	-	-	-	12.27	-	-	-
77	五氧环十五烷	-	-	-	-	-	-	-	0.25	-	-
78	1,4,7,10,13,16-六氧环十八烷	-	-	-	-	-	-	-	0.18	-	-
79	1-甲基丁基-环氧乙烷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.16
酚类											
80	4-乙烯基-2-甲氧基-苯酚	-	-	-	-	-	-	4.19	-	-	-
醚类											
81	对烯丙基茴香醚	0.60	-	-	-	0.60	-	-	-	-	-
82	辛二醇十二烷基醚	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	-
83	氯甲基辛基醚	-	-	-	-	-	-	-	-	1.91	2.36
呋喃类											
84	戊基呋喃	0.72	-	-	-	2.37	2.65	1.60	0.83	0.68	1.03
85	3-羟基-2-甲基-4-吡喃酮	-	-	-	-	-	-	1.91	-	-	-
86	2-丁基四氢呋喃	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	-
吡嗪类											
87	2,5-二甲基吡嗪	-	-	-	-	-	0.81	6.71	-	-	-
88	2-乙基-5-甲基吡嗪	-	-	-	-	-	0.79	2.94	-	-	-
89	甲基-吡嗪	-	-	-	-	-	-	1.94	-	-	-
90	2-乙基-6-甲基吡嗪	-	-	-	-	-	-	0.58	-	-	-
91	3-乙基-2,5-甲基吡嗪	-	-	-	-	-	-	1.54	-	-	-
92	3-乙基-3,5-甲基吡嗪	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-
吡咯类											
93	N-甲基吡咯	-	-	-	-	-	0.36	2.28	-	-	-
其他											
94	3,5-二甲基吡啶	-	-	-	-	-	-	0.46	-	-	-
95	乙烯基氧基苯	-	-	-	-	-	-	12.27	-	-	-
96	4-甲基-5-羟乙基噻唑	-	-	-	-	-	-	1.43	-	-	-
97	吡啶	-	-	-	-	-	-	-	3.64	-	-

6 种，吡咯类 1 种，还有其他 4 种物质。所有花生油样品中同时鉴定出 3 种挥发性物质，分别为十一烯醛、己酸和正己醇。其中，十一烯醛具有浓烈的油脂和青草香气，是花生油油脂香气的主要贡献者^[13]。

花生油风味物质不仅受挥发性物质种类和相对含量的影响，还与其在油脂中的阈值高低有关。已有的研究表明，由于醛类和氮氧杂环化合物（吡嗪类、呋喃类等）的阈值较低，所以是影响花生油风味的主要挥发性风味物质^[3]。

醛类物质赋予花生油独特的青草味或脂香味^[14]。不同预处理方式对低温压榨花生油醛类的种类及相对含量影响较大,对于PEF预处理,醛类物质的种类随着处理次数的增加而减少;U3的醛类数量较U1和U2有所减少,与PEF预处理变化相似。而微波预处理对醛类物质数量影响不大,这可能是由于不同预处理方式的作用原理不同导致的。

氮氧杂环类化合物,如吡嗪类、呋喃类和吡咯类主要来自于美拉德反应和Strecker降解反应^[15]。其中,吡嗪类被认为是浓香型花生油的重要风味物质,具有强烈的烤香和坚果味香气,是花生油烘炒风味的主要呈味物质^[16]。在10种低温压榨花生油中,只有微波预处理产生吡嗪类物质,且微波预处理时间越长,吡嗪类物质种类越多,微波预处理时长为5 min时,吡嗪类物质种类达到6种。其中2-乙基-5-甲基吡嗪、3-乙基-3,5-甲基吡嗪被认为是烘烤花生风味的关键物质^[17]。

2.2 不同脉冲次数 PEF 预处理对低温压榨花生油风味物质的影响

采用HS-SPME-GC-ME分析PEF预处理对花生油中挥发性风味物质的影响,分析结果如表2所示。

与对照组相比,PEF预处理低温压榨花生油挥发性风味物质的种类和数量均有所减少。可能是因为PEF预处理温度低、钝化酶活性的特点,无法满足发生热化学反应及酶促反应的条件^[7],导致上述结果的产生。根据表2可知,酮类物质在三种不同脉冲次数PEF预处理低温压榨花生油的风味物质中相对含量最大。结合表1进一步分析,3-羟基-2-丁酮在P1、P2和P3样品酮类风味物质中的相对含量分别为97.87%、100%和99.18%,在所有挥发性风味物质中相对含量最高,可以认为其是PEF预处理低温压榨花生油风味的主要贡献者。已有研究表明,3-羟基-2-丁酮具有令人愉快的奶油香气^[18]。所以,PEF预处理可以作为制备奶油香型压榨花生油的一种潜在预处理方式。

表2 不同PEF预处理低温压榨花生油挥发性风味物质相对含量

%

挥发性化合物	C		P1		P2		P3	
	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量
醛类	10	34.56	10	20.68	8	13.72	4	7.59
酮类	1	0.54	2	62.95	1	70.60	2	77.79
(3-羟基-2-丁酮)	(-)	(-)	(1)	(97.87)	(1)	(100)	(1)	(99.18)
醇类	11	41.47	2	4.25	1	4.67	1	6.80
酯类	3	4.84	1	0.70	1	0.68	1	0.65
酸类	5	14.43	5	11.11	5	10.33	5	7.17
烃类	3	2.84	1	0.31	-	-	-	-
酚类	-	-	-	-	-	-	-	-
醚类	1	0.60	-	-	-	-	-	-
呋喃类	1	0.72	-	-	-	-	-	-
吡嗪类	-	-	-	-	-	-	-	-
吡咯类	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	-	-	-	-	-	-	-	-
总量	35	100.00	21	100.00	16	100.00	13	100.00

2.3 MW 预处理时间对低温压榨花生油风味物质的影响

采用HS-SPME-GC-ME分析MW预处理对花生油中挥发性风味物质的影响,分析结果如表3所示。

由表3分析可知,随着MW预处理时间的增加,挥发性风味物质的种类和数量显著增加,这是由于微波的加热特性,在预处理过程中风味前体物质发生美拉德反应、焦糖化反应和Strecker

降解反应^[19]。吡嗪类和吡咯类物质一般在高温压榨花生油中被检出,是烘烤花生和花生炒籽烘烤风味的主要贡献者^[5]。结合表1分析,吡嗪类和吡咯类物质只有在MW预处理压榨花生油中出现,且吡嗪类物质相对含量随着微波预处理时间延长而增加。在MW预处理5 min时,相对含量高达13.77%。苯甲醛作为Strecker降解产物之一,是氨基酸(亮氨酸和苯丙氨酸)在高温条件下形

成的^[20], 同样地, 苯甲醛也仅仅存在于 MW 预处理低温压榨花生油中。与高温压榨花生油的制备

工艺相比, MW 预处理省时高效, 因此, 可作为一种预处理方式制备浓香型低温压榨花生油。

表 3 不同 MW 预处理低温压榨花生油挥发性风味物质相对含量

%

挥发性化合物	C		M1		M2		M3	
	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量
醛类	10	34.56	9	38.32	9	46.00	8	24.22
酮类	1	0.54	-	-	-	-	2	0.49
醇类	11	41.47	7	38.42	6	36.47	6	20.23
酯类	3	4.84	2	1.46	4	4.26	1	0.57
酸类	5	14.43	5	9.47	3	6.59	4	3.87
烃类	3	2.84	6	9.36	4	2.07	5	14.06
酚类	-	-	-	-	-	-	1	4.19
醚类	1	0.60	1	0.60	-	-	1	0.08
呋喃类	1	0.72	1	2.37	1	2.65	2	3.50
吡嗪类	-	-	-	-	2	1.60	6	13.77
吡咯类	-	-	-	-	1	0.36	1	2.28
其他	-	-	-	-	-	-	2	12.74
总量	35	100.00	31	100.00	30	100.00	39	100.00

2.4 UW 预处理时间对低温压榨花生油风味物质的影响

采用 HS-SPME-GC-ME 分析 UW 预处理对花生油中挥发性风味物质的影响, 分析结果如表 4 所示。

与对照组相比, UW 预处理的样品挥发性风味物质数量减少, 这可能是由于超声波处理具有钝化酶的作用, 阻断酶作用于风味前体物质生成风味物质的途径^[5]。但是随着超声时间的延长, 其数量有所增加。这可能是由于超声的空化效应

导致了脂肪酸一定程度上分解^[21], 为挥发性风味物质的生成提供了前体物质。UW 预处理样品的挥发性风味物质的种类均与对照组相近, 但是不同种类物质的相对含量发生了变化, 对照组和样品 U1 挥发性风味物质相对含量最高的物质种类为醇类, 分别为 41.47%和 48.55%, 而样品 U2 和样品 U3 的种类变为酸类, 相对含量分别为 38.19%和 44.24%。酸类物质赋予花生油有油酸味和刺鼻味^[5], UW 预处理可能对低温压榨花生油的风味造成不良影响。

表 4 不同 UW 预处理低温压榨花生油挥发性风味物质相对含量


%

挥发性化合物	C		U1		U2		U3	
	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量	数量/个	含量
醛类	10	34.56	8	16.39	9	25.12	6	20.28
酮类	1	0.54	-	-	3	12.83	-	-
醇类	11	41.47	6	48.55	3	17.04	6	26.94
酯类	3	4.84	1	2.92	3	3.72	4	3.99
酸类	5	14.43	5	27.25	4	38.19	8	44.24
烃类	3	2.84	2	0.42	-	-	1	1.16
酚类	-	-	-	-	-	-	-	-
醚类	1	0.60	-	-	1	1.91	1	2.36
呋喃类	1	0.72	1	0.83	2	1.19	1	1.03
吡嗪类	-	-	-	-	-	-	-	-
吡咯类	-	-	-	-	-	-	-	-
其他	-	-	1	3.64	-	-	-	-
总量	35	100.00	24	100.00	25	100.00	27	100.00

3 结论

脉冲电场预处理、微波预处理和超声波预处理对制备的低温压榨花生油中挥发性风味物质具有不同的影响。脉冲电场预处理花生后制备的低温压榨花生油具有奶油风味；微波预处理花生后制备的低温压榨花生油的所有风味物质中，吡嗪类和吡咯类物质对风味的贡献大，因此使花生油具有一定的坚果和烘烤风味，类似高温压榨花生油的风味；而超声波预处理花生后制备的低温压榨花生油的风味物质中，酸类的相对含量增加，导致其油酸味增强。因此采用不同的预处理方式处理花生仁，可以制备具有不同风味类型的低温压榨花生油。

参考文献：

- [1] 李淑荣, 王丽, 张春红, 等. 烘烤花生中关键香味化合物的研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(15): 3199-3203.
- [2] 王强. 花生生物活性物质概论[M]. 中国农业大学出版社, 2012.
- [3] 顾赛麒, 张晶晶. 花生油在不同热处理温度下特征性香气成分鉴别研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 133-138.
- [4] ASENSIO C M, NEPOTE V, GROSSO N R. Consumers' acceptance and quality stability of olive oil flavoured with essential oils of different oregano species[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2013, 48(11): 2417-2428.
- [5] 刘云花. 低温压榨花生油风味强化技术研究[D]. 河北科技师范学院, 2017.
- [6] ZHOU Y, FAN W, CHU F, et al. Improvement of the flavor and oxidative stability of walnut oil by microwave pretreatment[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2016, 93(11): 1563-1572.
- [7] 皇甫秋霞. 脉冲电场辅助水代法制取芝麻油对油脂品质和蛋白性质的影响[D]. 扬州大学, 2017.
- [8] 肖旭华, 汪薇, 杨宏. 超声波辅助水酶法提取芝麻油的工艺优化研究[J]. 轻工学报, 2018, 33(5): 30-36.
- [9] 魏静妮. 脉冲电场辅助提取柚皮精油及其抑菌性研究[D]. 华南理工大学, 2018.
- [10] YAN S, XIAOLI Q, JINFENG Z, et al. Effects of different pretreatments on extracting *Moringa Oleiferaseed* oil and relevant mechanisms[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(11): 179-184.
- [11] 涂行浩, 孙丽群, 唐景华, 等. 澳洲坚果油超声波辅助提取工艺优化及其理化性质[J]. 热带作物学报, 2019, 40(11): 2217-2226.
- [12] 李淑莹. 富含白藜芦醇花生芽油的制备及品质研究[D]. 华南理工大学, 2018.
- [13] 赵梦瑶, 谢建春, 肖群飞, 等. 花生油炸制油条香气物质的分析鉴定[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 243-251.
- [14] DUN Q, YAO L, DENG Z, et al. Effects of hot and cold-pressed processes on volatile compounds of peanut oil and corresponding analysis of characteristic flavor components[J]. LWT, 2019, 112: 107648.
- [15] WEI C, LIU W, XIW, et al. Comparison of volatile compounds of hot-pressed, cold-pressed and solvent-extracted flaxseed oils analyzed by SPME-GC/MS combined with electronic nose: Major volatiles can be used as markers to distinguish differently processed oils[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2015, 117(3): 320-330.
- [16] LIU X, JIN Q, LIU Y, et al. Changes in volatile compounds of peanut oil during the roasting process for production of aromatic roasted peanut oil[J]. Journal of food science, 2011, 76(3): C404-C412.
- [17] SMITH A L, BARRINGER S A. Color and volatile analysis of peanuts roasted using oven and microwave technologies[J]. Journal of food science, 2014, 79(10): C1895-C1906.
- [18] 田延军. 天然乳香香味剂 3-羟基丁酮产生菌的构建及制备工艺的研究[D]. 江南大学, 2016.
- [19] 黄克霞, 李进伟, 曹培让, 等. 微波处理对花生油品质及风味的影响[J]. 中国油脂, 2017, 42(7): 30-34.
- [20] CHETSCHIK I, GRANVOGL M, SCHIEBERLE P. Quantitation of key peanut aroma compounds in raw peanuts and pan-roasted peanut meal. Aroma reconstitution and comparison with commercial peanut products[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2010, 58(20): 11018-11026.
- [21] YANG L, YIN P, FAN H, et al. Response surface methodology optimization of ultrasonic-assisted extraction of *Acer truncatum* leaves for maximal phenolic yield and antioxidant activity[J]. Molecules, 2017, 22(2): 232. 

(审核: 谭云)