油脂加工

DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.210071

炒籽时间对八月瓜籽油挥发性风味成分的影响

蔡雪梅[1],陈　巍[2],李　晓[1],吴华昌[1],罗培高[2],邓　静[1]

(1.四川旅游学院 烹饪科学四川省高等学校重点实验室,成都 610100; 2.四川农业大学 植物遗传和育种省级重点实验室,成都 611130)

摘要:为了探究炒籽时间对八月瓜籽油风味的影响,利用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术(SPME-GC-MS)、电子鼻技术结合感官评价分析110~120℃、不同炒籽时间(0~70 min)条件下八月瓜籽油挥发性风味成分,同时利用气相色谱-质谱(GC-MS)分析了八月瓜籽油的脂肪酸组成。结果表明:炒籽时间对八月瓜籽油脂肪酸组成和含量没有影响,但对八月瓜籽油主要特征风味影响显著,其中30 min是炒籽过程中的重要转折点。炒籽时间短于30 min的八月瓜籽油风味强度较弱,以青草味为主,主要挥发性风味物质有正己醛、乙酸和2,3-丁二醇;炒籽时间超过30 min的八月瓜籽油整体风味强度变强,油脂味和烘炒味突出,与其他炒籽时间的八月瓜籽油风味特征差异显著,正己醛相对含量下降,2,5-二甲基吡嗪和2-甲基吡嗪大量产生,但同时糠醛相对含量也显著增加,影响其食用和储藏品质。因此,炒籽温度为110~120℃时,最佳炒籽时间是30 min,此条件下压榨得到的八月瓜籽油较为安全且风味和谐浓郁。

关键词:八月瓜籽油;炒籽时间;挥发性风味成分;电子鼻;脂肪酸

中图分类号:TS225.1;O657.63　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1003-7969(2021)11-0014-07

Impact of roasting time on volatile flavor compounds of *Akebia trifoliate* seed oil

CAI Xuemei[1], CHEN Wei[2], LI Xiao[1], WU Huachang[1], LUO Peigao[2], DENG Jing[1]

(1. Cuisine Science Key Laboratory of Sichuan Province, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China; 2. Key Laboratory of Plant Breeding and Genetics, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to clarify the effects of roasting time on flavor of *Akebia trifoliate* seed oil (ATSO), the volatile flavor compounds of ATSO of different roasting time (0-70 min) at 110-120℃ were investigated by SPME-GC-MS, electronic nose (EN) and sensory evaluation, and the fatty acid composition of ATSO was analyzed by GC-MS. The results showed that roasting time had no effect on the fatty acid composition and content, but had significant effect on the characteristic flavor of ATSO. 30 min was especially an important turning point during roasting. When roasting time was less than 30 min, ATSO samples owned much lower total flavor intensity, mainly presenting grassy odor, and the volatile flavor substances were dominated by hexanal, acetic acid and 2,3-butanediol. When roasting time was longer than 30 min, samples had a sharp increase in total flavor intensity, mainly presenting strong oil and roasty odor, and was significant different from oils of other roasting time. The relative content of hexanal in these samples decreased, but 2,5-dimethylpyrazine and 2-methylpyrazine increased significantly and replaced 2,3-butanediol to be the major flavor components. However, a large amount of furfural was produced, which affected the edible and storage quality. As a result, at 110-120℃, the optimal time of roasting *Akebia trifoliate* seed was 30 min. Under these conditions, the pressed ATSO had rich and soft flavor, and edible storage safety.

Key words: *Akebia trifoliate* seed oil; roasting time; volatile flavor compound; electronic nose; fatty acid

收稿日期:2021-01-29;**修回日期:**2021-02-17

基金项目:四川省科技计划重点研发项目(2018NZ0030)

作者简介:蔡雪梅(1994),女,助理研究员,硕士,研究方向为食品工程(E-mail)309203539@qq.com。

通信作者:邓　静,教授,博士(E-mail)cxm121517@163.com。

八月瓜,又称羊开口、牛腰子果、八月扎等,学名三叶木通(*Akebia trifoliate*),是天然药食两用野生经济木质藤本半常绿缠绕植物,主要生长在陕西省南部、甘肃省东南部、河南省南部以及四川省雅安等地区,资源丰富[1]。八月瓜主要由果皮、果肉、果籽 3 部分组成,目前关于八月瓜的研究主要集中在果皮的功能物质(包括黄酮、齐墩果酸等)提取、果肉的加工利用、果籽的油脂提取方面[2-5]。关于八月瓜籽油的研究集中在制备方法、理化性质、脂肪酸组成、功能成分和抗氧化活性方面[5-7],而鲜见关于八月瓜籽油挥发性风味成分的研究报道。

植物油的制取方法主要有冷榨法、热榨法、溶剂萃取法和超临界 CO_2 萃取法[8],不同方法得到的油脂风味也会存在差异。炒籽是热榨法制取植物油的一道重要工序,炒籽过程中会发生一系列的物理、化学变化,如蛋白质变性、细胞破坏、美拉德反应等,直接影响出油效率和油品的质量[9]。影响炒籽过程的因素主要有水分、温度和时间,在一定条件下炒籽时间是至关重要的影响因素[10]。炒籽过程中,美拉德反应会使植物油产生浓郁的香味,但炒籽过度会产生不良物质,影响植物油的风味和品质。气味是评价油脂质量的重要指标之一[11],而炒籽时间对八月瓜籽油挥发性风味成分的影响未见报道。

本文利用顶空固相微萃取 - 气相色谱 - 质谱联用技术(SPME - GC - MS)对由不同炒籽时间八月瓜籽制备的八月瓜籽油进行挥发性风味物质的测定,利用电子鼻、感官分析对八月瓜籽油的整体风味进行比较分析,结合热图聚类分析和 LDA 分析,研究炒籽时间对八月瓜籽油挥发性风味成分的影响。同时,利用气相色谱 - 质谱(GC - MS)检测八月瓜籽油的脂肪酸组成,分析不同炒籽时间对八月瓜籽油中脂肪酸组成和含量的影响,探究风味的变化与脂肪酸的关系,以期为科学合理设计八月瓜籽油压榨工艺参数提供理论依据和技术参考,同时也为建立八月瓜籽油风味图谱提供技术支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　原料与试剂

八月瓜,摘自四川农业大学八月瓜崇州示范基地,经分离得到八月瓜籽,自然干燥至水分含量为 7.0% ~8.0%;正己烷、甲醇均为色谱纯;脂肪酸甲酯混合标准品,默克股份有限公司。

1.1.2　仪器与设备

9028 榨油机,德国贝尔斯顿电器有限公司;德图 TESTO 830S1 红外线测温仪,德国瑞测公司;BT423S 型电子天平,德国赛多利斯公司;SQ8/Clarus 680 气相色谱质谱联用仪,美国 Per - kin Elmer 公司;57318 CAR/PDMS(75 μm)萃取头、固相微萃取装置(配有手动进样手柄),美国 Supelco 公司;15 mL 顶空瓶,北京谱朋科技有限公司;FOX 4000 电子鼻,法国 Alpha MOS 公司;Trace1310 ISQ 气相色谱质谱联用仪,赛默飞公司。

1.2　试验方法

1.2.1　八月瓜籽油的制备

称取 500 g 筛选去杂后的八月瓜籽置于榨油机中自动搅拌炒籽,炒籽功率为 550 W,炒籽温度为 110 ~120 ℃,炒籽结束后立即压榨制油,得到 8 个不同炒籽时间(0、10、20、30、40、50、60、70 min)的八月瓜籽油。将八月瓜籽油装于玻璃瓶中,冷却后密封,置于冰箱中冷藏,待检。

1.2.2　八月瓜籽温度、水分含量的测定

在炒籽即将结束前,手持红外线测温仪距离料堆 2 cm 处测定八月瓜籽温度,每个料堆均匀选取 5 个点,每点平行测定 3 次;水分含量的测定参照 GB/T 14489.1—2008。

1.2.3　八月瓜籽油的感官评价

参照 GB/T 5525—2008 中植物油的评价方法和陈刘杨[12]的感官评价方法,并略作改动。挑选 10 位经验丰富的感官评价员,针对八月瓜籽油感官性状(总体风味、青草味、油脂味、烘炒味、焦糊味)进行培训,了解八月瓜籽油风味特性和强度。新鲜压榨的八月瓜籽油静置 2 h 后,分装于透明玻璃杯中,采用三位随机数编号,根据八月瓜籽油气味的强弱,从感官性状 5 个维度,采用九点标度法(1 = 极弱,9 = 极强)进行评价。

1.2.4　脂肪酸组成分析

采用气相色谱 - 质谱法检测八月瓜籽油的脂肪酸组成。

样品脂肪酸甲酯化衍生处理参照杨雪莲等[13]的方法。

气相色谱条件:TG - 5MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);进样口温度 290 ℃;升温程序为 80 ℃ 保持 1 min,以 10 ℃/min 升至 200 ℃,以 5 ℃/min 升至 250 ℃,以 2 ℃/min 升至 270 ℃,保持 3 min;载气为氦气(99.9999%),流速 1.2 mL/min。质谱条件:EI 离子源,电子轰击能量 70 eV,离子源温度 280 ℃;传输线温度 280 ℃;溶剂延迟时间 5 min;质量扫描范围(m/z)30 ~400。

采用脂肪酸甲酯标准品对照定性,以十九酸甲酯内标定量。

1.2.5 挥发性风味成分分析

参照 Xu 等[14] 的方法并略作改动,采用 SPME - GC - MS 对八月瓜籽油的挥发性风味成分进行测定。

顶空条件:称取 4 g 油样于 15 mL 顶空瓶中,于 50 ℃平衡 20 min,然后将老化(250 ℃,10 min)的萃取头插入顶空瓶中吸附 40 min,再将萃取头插入气相色谱仪进样口,250 ℃下解吸 5 min。气相色谱条件:进样口温度 250 ℃;Elite - 5MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序为起始温度 40 ℃,保持 1 min,以 1 ℃/min 升至 60 ℃,以2 ℃/min 升至 90 ℃,以 10 ℃/min 升至 250 ℃;载气为氦气(99.9999%),流速 1 mL/min。质谱条件:EI 离子源,电子轰击能量 70 eV,离子源温度 230 ℃;全扫描模式;质量扫描范围(m/z)45 ~ 450;标准调谐文件。

将质谱图与标准质谱库(NIST2011)对照,正反匹配度均大于 700,并比对相关文献对化合物进行定性,采用面积归一化法对化合物进行定量。

1.2.6 电子鼻分析[15]

称取 1 g 油样于 5 mL 顶空瓶中,压盖密封。分析条件:手动进样,加热温度 50 ℃,加热时间 5 min,载气流量 150 mL/s,进样量 1 500 μL,进样速度 1 500 μL/s,数据采集时间 2 min。每个样品平行测试 15 次。

1.2.7 数据处理

采用软件 Excel 2013、SPSS20.0、Origin 8.5 和 HemI 进行数据处理及分析。

2 结果与分析

2.1 炒籽过程中八月瓜籽表面温度和水分含量的变化(见图 1)

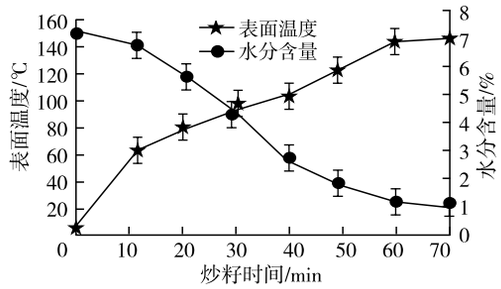

图 1 不同炒籽时间八月瓜籽表面温度和水分含量的变化

由图 1 可知,随着炒籽的进行,八月瓜籽表面温度持续上升,最高达到 150 ℃左右,温度的升高有利于坚果味和烘烤味等特征风味形成[16]。在炒籽 0 ~ 10 min,八月瓜籽表面温度从室温迅速上升到 63.15 ℃,水分含量从初始 7.03% 下降到 6.62%。炒籽 10 ~ 60 min 过程中,八月瓜籽表面温度呈线性上升(R^2 = 0.996 4),升至 142.4 ℃,水分含量下降至 1.16%。再持续炒籽,表面温度上升缓慢,水分含量下降也变缓,炒籽 70 min 时八月瓜籽表面温度达 150 ℃左右,水分含量为 1.02%,焦糊味明显。

2.2 炒籽时间对八月瓜籽油脂肪酸组成的影响(见表 1)

表 1 不同炒籽时间八月瓜籽油脂肪酸组成的变化

脂肪酸	含量/%							
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min
月桂酸(C12:0)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.12	0.04
肉豆蔻酸(C14:0)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.21
棕榈酸(C16:0)	21.85	22.01	22.07	21.52	21.23	21.24	21.92	22.25
棕榈油酸(C16:1)	0.32	0.31	0.33	0.34	0.33	0.03	0.34	0.33
珍珠酸(C17:0)	0.07	0.11	0.08	0.04	0.07	0.06	0.05	0.09
硬脂酸(C18:0)	2.50	2.56	2.51	2.51	2.44	2.56	2.57	2.62
油酸(C18:1)	36.93	37.13	37.04	36.15	35.67	36.50	37.00	37.50
亚油酸(C18:2n6c)	33.02	32.60	33.11	32.73	32.10	33.18	33.20	33.31
α - 亚麻酸(C18:3n3)	0.45	0.45	0.43	0.43	0.46	0.45	0.43	0.47
二十烷烯酸(C20:1)	0.27	0.12	0.42	0.22	0.15	0.18	0.24	0.17
饱和脂肪酸	24.66	24.92	24.90	24.31	24.10	24.10	24.86	25.21
不饱和脂肪酸	70.99	70.61	71.33	69.87	68.71	70.34	71.21	71.78

由表 1 可知:八月瓜籽油中共检测出 10 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸有 5 种,约占 25%,以棕榈酸(21.23% ~ 22.25%)为主;不饱和脂肪酸有棕榈油酸、油酸、亚油酸、α - 亚麻酸和二十烷烯酸,约占 70%,其中油酸(35.67% ~ 37.50%)和亚油酸(32.10% ~ 33.31%)含量较高。各脂肪酸的组成

和含量在不同炒籽时间的八月瓜籽油中没有发生明显的变化,刘晓君[16]在研究花生油时也有相同的结论。还有研究表明炒籽温度低于 200 ℃时,炒籽时间对脂肪酸组成及含量没有影响,但炒籽温度高于 220 ℃时油酸和亚油酸含量会显著下降[17]。因此,本研究中炒籽时间对八月瓜籽油脂肪酸组成和含量没有影响,可能是因为炒籽温度较低。

2.3　炒籽时间对八月瓜籽油挥发性风味成分的影响

2.3.1　八月瓜籽油的 SPME - GC - MS 检测结果分析

将 GC - MS 检测结果与数据库比对,剔除萃取头过度受热产生的部分硅氧烷类杂峰物质,得到八月瓜籽油挥发性风味成分,不同炒籽时间八月瓜籽油挥发性风味成分种类和相对含量的变化分别见表 2 和表 3。

表 2　不同炒籽时间八月瓜籽油挥发性风味成分种类的变化

化合物	种类							
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min
醛类	7	9	11	11	12	12	11	11
醇类	9	6	8	8	8	8	8	6
酮类	1	1	3	3	8	3	9	6
吡嗪类	0	1	2	9	10	8	11	9
酯类	1	3	2	12	7	5	5	6
酸类	2	2	2	6	7	2	4	3
烃类	19	4	3	15	9	6	7	10
呋喃类	0	1	2	2	1	1	1	1
其他	3	1	2	2	4	3	4	1

表 3　不同炒籽时间八月瓜籽油挥发性风味成分相对含量的变化

化合物	相对含量/%							
	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min
醛类	36.28	31.64	33.82	34.65	35.10	30.67	28.92	26.00
醇类	6.40	6.01	5.95	5.86	4.92	4.97	4.91	4.43
酮类	0.40	0.02	0.61	0.34	0.83	0.50	1.01	1.09
吡嗪类	0.00	0.48	1.23	5.88	11.73	8.65	13.02	14.03
酯类	0.16	3.19	1.29	4.83	3.05	2.37	3.46	1.52
酸类	13.12	13.76	10.85	16.58	15.42	17.83	19.04	18.17
烃类	5.88	1.52	3.48	4.93	4.00	3.37	4.24	3.90
呋喃类	0.00	0.18	0.86	1.44	1.90	0.85	0.83	0.36
其他	1.48	0.41	2.24	3.87	5.09	2.83	3.87	1.68

八月瓜籽油共鉴定出 195 种挥发性风味成分,包括醛类(20 种)、醇类(30 种)、酮类(16 种)、吡嗪类(13 种)、酯类(29 种)、酸类(19 种)、烃类(48 种)、呋喃(3 种)以及其他物质(16 种)。由表 2 和表 3 可知:在风味物质种类上,不同炒籽时间的八月瓜籽油呈现先增加后下降的趋势;在相对含量上,醛类和酸类在所有样品中均较高,吡嗪类在炒籽时间较长的样品中也较高,炒籽 30 min 和 40 min 的八月瓜籽油风味物质种类最为丰富,总体相对含量较高。

相对含量大于 1% 的八月瓜籽油挥发性风味成分热图聚类分析见图 2,以颜色梯度来表示物质的相对含量变化,利用 HemI 对样品进行归一化聚类分析,横轴上枝长越短表明样品之间挥发性风味成分越相似。

由图 2 可知,在炒籽时间较短的八月瓜籽油中主要挥发性化合物是正己醛、乙酸和 2,3 - 丁二醇,其中正己醛和 2,3 - 丁二醇随着炒籽时间的延长含量降低,而乙酸则相反。在炒籽时间较长的样品中 2,5 - 二甲基吡嗪含量逐渐增加,也成为主要挥发性风味物质之一。炒籽时间差异越大,样品距离越远,风味差异也越大。整体上看,炒籽 30 min 为分界线,短于 30 min 的八月瓜籽油风味特征相似,正己醛、2,3 - 丁二醇和乙酸相对含量较高,而炒籽超过 30 min 的样品中正己醛和 2,3 - 丁二醇相对含量下降,糠醛、2,5 - 二甲基吡嗪、2 - 甲基吡嗪相对含量明显增加。

正己醛呈青草香和苹果香,阈值较低(4.5 μg/kg),对八月瓜籽油的风味贡献较大。在炒籽 0 ~ 70 min 的八月瓜籽油中,正己醛相对含量分别为

28.80%、26.10%、25.60%、24.76%、18.00%、20.88%、18.74%、16.30%，即随着炒籽时间的延长，正己醛相对含量明显下降，有此现象的还有正辛醛、壬醛和庚醛，花生油炒籽过程中也存在此现象[18]。醛类是八月瓜籽油中最主要的风味物质，这与大豆油、玉米油、棕榈油等植物油相似[19]。油中的醛类物质主要通过两种途径产生：一种是油料细胞在破碎过程中发生的酶合成途径，另一种是油脂在生产和储存过程中不饱和脂肪酸自动氧化产生[14,17]。八月瓜籽油中主要的不饱和脂肪酸油酸和亚油酸在不同样品中含量差异较小，对醛类物质的影响较小，而长时间的高温处理则会抑制酶的活性进而影响醛类物质的产生，另外高温环境也可能加速醛类物质的降解反应，所以醛类物质随着炒籽时间延长相对含量下降。值得特别注意的是，糠醛在炒籽时间短于30 min的八月瓜籽油中未检出，但炒籽时间超过30 min开始产生并逐渐增加，炒籽30~70 min的样品中其相对含量分别是1.77%、5.55%、6.08%、6.30%、6.30%，说明长时间的高温处理会促使糠醛的产生，而糠醛易使暴露在空气中的油脂颜色变深，不利于油脂的保存，影响油脂的品质[20]，因此在生产中需控制其产生。

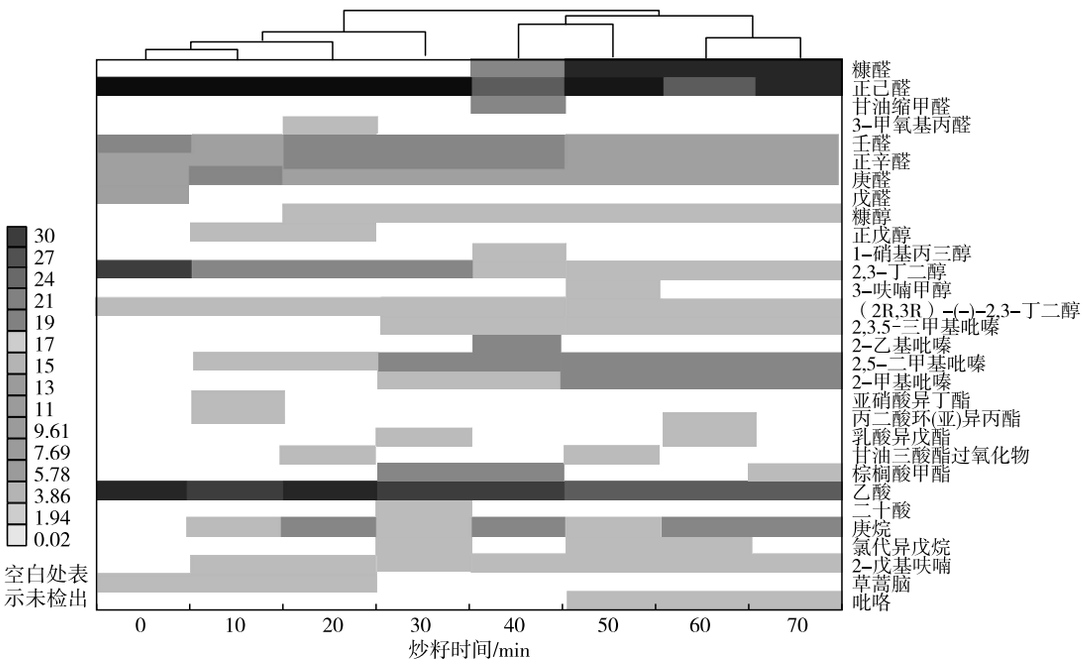

图2 八月瓜籽油挥发性风味成分热图聚类分析

八月瓜籽油中第二大挥发性成分为乙酸，乙酸呈强烈的酸味，相对含量在10.72%~17.99%之间，随炒籽时间延长而增加，尤其是炒籽时间超过40 min后增加明显，但乙酸阈值较高（22 000 μg/kg），对八月瓜籽油的风味贡献非常小。2,3-丁二醇呈甜香味，相对含量在0.33%~3.89%之间，同正己醛一样随炒籽时间的延长呈下降趋势，作为饱和醇，其阈值较高（120 μg/kg），对风味贡献较小。

吡嗪呈烤坚果香，阈值较低[21]，是炒籽过程中风味变化的主要贡献者。在炒籽时间不短于30 min的八月瓜籽油中，吡嗪类物质种类和含量明显增加，吡嗪是高温下美拉德反应的产物，炒籽后期的高温为此反应提供了良好的条件。八月瓜籽油中吡嗪以2,5-二甲基吡嗪为主，其阈值为20 μg/kg，相对含量在炒籽10~70 min的八月瓜籽油中依次是0.48%、1.10%、3.20%、3.03%、3.12%、6.80%、7.90%，可见炒籽30 min和60 min是2,5-二甲基吡嗪相对含量变化较大的两个时间转折点。2-甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪等吡嗪类物质都在炒籽30 min的八月瓜籽油中才开始检出，炒籽30 min的八月瓜籽油中吡嗪相对含量为5.88%，炒籽70 min的八月瓜籽油中吡嗪相对含量达到14.03%。综上，炒籽30 min是八月瓜籽油中吡嗪类物质产生的关键时间点。

此外，酮类物质的种类和相对含量都较少，但在炒籽后期有所增加，所有样品中共有的酮类物质仅有3-羟基-2-丁酮，其呈奶油味、脂肪味，阈值较低，对油脂的风味贡献较大。烃类物质在未炒籽的八月瓜籽油中种类较多，炒籽时间0~70 min的样品中烃类物质相对含量在1.52%~5.88%之间，但其在食品中阈值较高，一般不认为其是油脂食品的主要风味物质[9]。未经高温处理的八月瓜籽油没

有检测到呋喃,呋喃是高温处理的产物,以 2 - 戊基呋喃为主,具有焦糖味和坚果味[22],炒籽 40 min 的八月瓜籽油中其相对含量最高,为 1.90%。

2.3.2　八月瓜籽油的电子鼻检测结果分析

将不同炒籽时间八月瓜籽油的电子鼻数据进行雷达图分析,结果如图 3 所示。

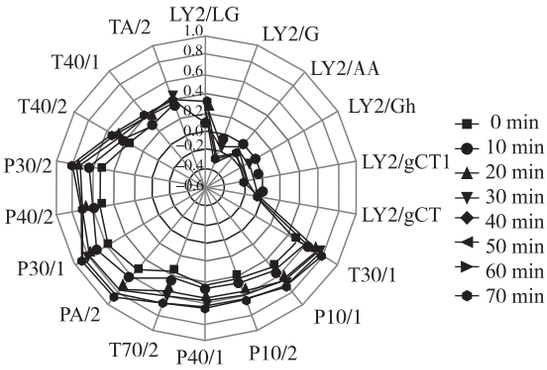

图 3　不同炒籽时间八月瓜籽油电子鼻雷达图

由图 3 可知,电子鼻对不同炒籽时间八月瓜籽油的响应值存在差异,能够系统地区分不同八月瓜籽油挥发性风味成分的差异。样品在 LY2/G、LY2/AA、LY2/Gh、LY2/gCT1 和 LY2/gCT 5 个传感器上响应值较小,且炒籽时间越长的八月瓜籽油响应值越低,在其余 13 个传感器上,均为炒籽时间越长的样品响应值越大。传感器 PA/2、P30/1 和 T70/2 对样品的响应值较高且存在明显的差异。PA/2 和 T30/1 对极性化合物,如乙醛、丙醇等比较敏感[15],说明八月瓜籽油中此类物质含量更丰富,尤其是醛类物质,与 GC - MS 分析结果一致。

利用 LDA 分析电子鼻数据,结果如图 4 所示。

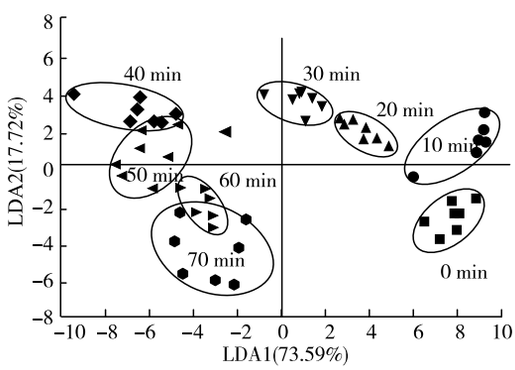

图 4　不同炒籽时间八月瓜籽油的电子鼻检测 LDA 图

由图 4 可知,LDA 的第 1 主成分和第 2 主成分的贡献率分别为 73.59% 和 17.72%,累积方差贡献率达 91.31%,说明 LDA1 和 LDA2 可以代表八月瓜籽油的整体信息。不同炒籽时间的八月瓜籽油能够被电子鼻较好地区分,未经炒籽的八月瓜籽油独立位于第四象限,与其他八月瓜籽油距离较远,区分较大,说明热处理能够显著改变八月瓜籽油的风味。炒籽 10、20 min 和 30 min 的八月瓜籽油主要位于第一象限,无重叠,能被明显区分,且整体与炒籽时间超过 30 min 的八月瓜籽油的距离较远,差异较大,这与风味物质热图聚类分析结果吻合。在炒籽时间 10 ~ 30 min 时八月瓜籽表面温度呈线性上升,但未超过 100 ℃,美拉德反应缓慢,炒籽时间超过 30 min 后温度达到 100 ℃以上,美拉德反应加剧,吡嗪类物质含量逐渐增加,但炒籽时间超过 60 min 后,八月瓜籽水分含量下降至 1% 左右,在一定程度上抑制了美拉德反应,导致炒籽 60 min 和炒籽 70 min 的八月瓜籽油有部分重叠。另外,长时间的热处理也会导致部分挥发性物质降解,因此炒籽时间过长会降低八月瓜籽油中的挥发性风味成分的种类和数量。

2.4　炒籽时间对八月瓜籽油感官品质的影响

根据感官评定结果绘制的八月瓜籽油风味轮见图 5。

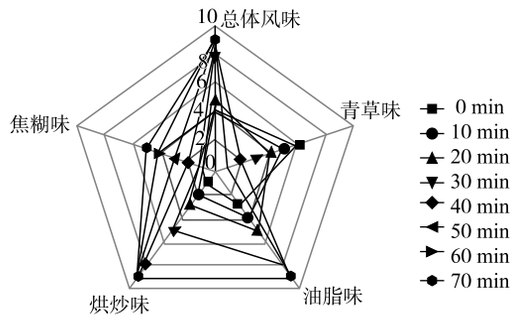

图 5　不同炒籽时间八月瓜籽油的感官风味轮

由图 5 可知,炒籽时间对八月瓜籽油的整体风味有明显的影响,炒籽时间短于 30 min 的八月瓜籽油总体风味强度较小,以青草味为主。炒籽时间超过 30 min 的八月瓜籽油风味强度显著增加,以油脂味和烘炒味为主,但长时间的炒籽会带来焦糊味。感官评价结果与电子鼻和 GC - MS 分析结果一致,炒籽时间较短的八月瓜籽油总体风味强度较弱,呈青草味,醛类物质相对含量较高,随着炒籽时间的延长,八月瓜籽表面温度达到 100 ℃以上,为美拉德反应提供了良好的条件[16],吡嗪类物质和呋喃类物质相对含量增加,整体气味增强。

3　结　论

本文利用 SPME - GC - MS 和电子鼻系统探究了炒籽时间对八月瓜籽油风味成分的影响。结果表明,炒籽时间对八月瓜籽油脂肪酸组成和含量无影响,但对八月瓜籽油主体特征风味的形成起着非常关键的影响,其中 30 min 为八月瓜籽油炒籽过程中重要转折点。在炒籽时间短于 30 min 的八月瓜籽

油中主要挥发性风味成分为醛类、酸类和醇类,以正己醛、乙酸和2,3-丁二醇为主。随着炒籽时间的延长,八月瓜籽表面温度升高,正己醛和2,3-丁二醇相对含量下降,而美拉德反应加剧,吡嗪类物质2,5-二甲基吡嗪和2-甲基吡嗪含量增加,同时乙酸和影响八月瓜籽油品质的糠醛相对含量也明显增加。热图聚类分析、电子鼻LDA分析和感官分析均表明,炒籽时间短于30 min的八月瓜籽油风味强度较弱,以青草味为主,炒籽时间超过30 min的八月瓜籽油总体风味强度明显增加,油脂味增强,烘炒味突出,与其他八月瓜籽油风味特征差异显著。综合考虑八月瓜籽油的风味、安全和成本,在110~120℃下炒籽30 min压榨的八月瓜籽油较为安全且风味和谐浓郁。本研究为进一步优化八月瓜籽油压榨工艺提供了一定的理论依据。

参考文献:

[1] 李朝阁. 八月瓜酒酿造及籽油、多酚提取和抗氧化性研究[D]. 西安:陕西科技大学, 2016.

[2] 马玉华,王荔. 三叶木通特性研究进展[J]. 江西农业学报, 2011, 23(5):71-73.

[3] 欧阳玉祝,张晓旭,唐顼婉,等. 八月瓜果籽油功能成分与抗氧化活性研究[J]. 中国油脂,2015,40(8):85-88.

[4] 张孟琴,张丽娜,王朝阳,等. 三叶木通果皮总黄酮的提取和含量测定的研究[J]. 食品工业科技,2010,31(1):250-253.

[5] 周娜娜. 三叶木通籽油提取及生物活性研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2018.

[6] 欧阳玉祝,张晓旭,唐顼婉. 制备方法对八月瓜果籽油化学成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(22):142-146.

[7] 白成科. 猫儿屎和三叶木通种子油中脂肪酸成分的GC-MS分析[J]. 西北植物学报, 2007, 27(5):859-863.

[8] 崔宝玉,刘喆,阚侃,等. 亚麻油提取工艺的研究进展[J]. 中国麻业科学,2010,32(4):238-241.

[9] 蒋裕清. 蒸炒理论与实践浅谈[J]. 油脂科技, 1984,9(2):32-36.

[10] 李殿宝. 料坯蒸炒的作用及其对制油工艺的意义[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2013,31(2):210-213.

[11] 赵泽伟,丁筑红,顾苑婷,等. 基于SPME-GC-MS和电子鼻分析薏苡仁油加速氧化过程挥发性成分变化[J]. 食品科学, 2019, 40(16):220-226.

[12] 陈刘杨. 不同品种和生产工艺对芝麻油和芝麻蛋白影响的研究[D]. 郑州:河南工业大学,2010.

[13] 杨雪莲,张翔宇,谢建春,等. 部分食品煎炸用油的反式脂肪酸比较[J]. 中国食品学报,2021(1):327-333.

[14] XU L R, YU X Z, LI M J, et al. Monitoring oxidative stability and changes in key volatile compounds in edible oils during ambient storage through HS-SPME/GC-MS[J]. Int J Food Prop, 2018, 20:s2926-s2938.

[15] 易宇文,胡金祥,杨进军,等. 基于电子鼻和气质联用分析郫县豆瓣对鱼香调味汁的风味贡献[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7):280-287.

[16] 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.

[17] YEN G H. Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesame indicum*) oil[J]. J Sci Food Agric, 1990, 50(4):563-570.

[18] DUN Q, YAO L, DENG Z Y, et al. Effects of hot and cold-pressed processes on volatile compounds of peanut oil and corresponding analysis of characteristic flavor components[J/OL]. LWT-Food Sci Technol, 2019, 112:107648[2021-01-29]. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.084.

[19] 袁桃静,赵笑颖,庞一扬,等. 基于电子鼻、HS-GC-IMS和HS-SPME-GC-MS对5种食用植物油挥发性风味成分分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(9):102-111.

[20] 吴苏喜,黄艳慧,吴优,等. 不同热处理压榨油茶籽油的风味差异研究[J]. 中国油脂,2020,45(11):20-26.

[21] KUMAR A J, SINGH R R B, PATEL A A, et al. Kinetics of colour and texture changes in Gulabjamun balls during deep-fat frying[J]. LWT-Food Sci Technol, 2006, 39(7):827-833.

[22] PANG X L, GUO X F, QIN Z H, et al. Identification of aroma-active compounds in Jiashi muskmelon juice by GC-O-MS and OAV calculation[J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(17):4179-4185.