

即食秋刀鱼加工过程中挥发性成分变化规律

Study on the variation of volatile components of ready-to-eat Pacific saury (*Cololabis saira*) during processing

吴丽香^{1,2} 张雯^{1,2} 童秋霞^{1,2} 倪莉^{1,2}

WU Li-xiang^{1,2} ZHANG Wen^{1,2} TONG Qiu-xia^{1,2} NI Li^{1,2}

(1. 福州大学食品科学技术研究所, 福建 福州 350108;

2. 福建省食品生物技术创新工程研究中心, 福建 福州 350108)

(1. Institute of Food Science and Technology, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350108, China; 2. Fujian Food Biotechnology Innovation Engineering Technology Research Center, Fuzhou, Fujian 350108, China)

摘要:目的:采用顶空固相微萃取法结合气相色谱质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)分离鉴定不同加工阶段秋刀鱼(*Cololabis saira*)的挥发性成分。方法:用气味阈值计算相对气味活度值(ROAV),确定样品的关键风味物质;利用主成分和变量投影重要性分析值(VIP)分析不同阶段的特征风味及化合物。结果:秋刀鱼样品中共检出 63 种挥发性成分,醛类是主要的风味物质。6 个关键风味化合物分别为(E,Z)-2,6-壬二烯醛、辛醛、3-甲硫基丙醛、(Z)-4-庚烯醛、(E,E)-2,6-壬二烯醛和 1-辛烯-3 醇。结论:腌制前的秋刀鱼香气特征为蘑菇香,腌制后样品的香气特征为鱼香和果香,油炸处理的秋刀鱼风味物质最为丰富,香气特征是油脂香和肉香。

关键词:秋刀鱼;气相色谱—质谱法(GC-MS);挥发性成分;关键风味;特征风味

Abstract: Objective: Headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) was used to separate and identify the volatile components of Pacific saury. **Methods:** The odor threshold was used to calculate the relative odor activity value (ROAV) to determine the critical aroma component of the samples under different processing stages. Principal components analysis and variable importance for the projection (VIP) values were used to determine characteristic flavor compounds at different stages. **Results:** The results showed that 63 volatile components were detected in Pacific saury samples, and aldehydes were the main flavor

substances. (E, Z)-2,6-nonadienal, Octanal, Methional, (Z)-4-heptenal, (E, E)-2,6 nonadienal and 1-octene-3 alcohol were considered the essential flavors compounds. **Conclusion:** The aroma of Pacific saury before salting was characterized with mushroom aroma, while those after salting were fishy and fruity. The flavor components of saury processed by frying were the most abundant, and the aroma was characterized by fat and meaty.

Keywords: *Cololabis saira*; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); volatile components; key flavor; characteristic flavor

秋刀鱼(*Cololabis saira*)为表层洄游性鱼类,主要集中在北太平洋区^[1],在中国则主要分布于黄海海域。其蛋白质含量高达 20%^[2],富含多种不饱和脂肪酸和维生素^[3]。由于秋刀鱼含有丰富的脂肪^[4],将其碳烤或香煎^[5]备受人们喜爱,这使得油炸秋刀鱼即时产品具有广泛的消费者基础。新鲜鱼肉经腌制和油炸处理后会发生脂肪酸降解和氧化^[6-7]、氨基酸降解^[8]和美拉德反应^[9],香气风味物质^[10-11]在加工过程中得到增加。

目前,有关秋刀鱼风味方面的研究主要集中在采用固相微萃取—气质联用法、顶空气相离子迁移谱、电子鼻、感官评定等方式对鱼的挥发性成分进行研究,且挥发性成分种类和含量受多种因素影响,如鱼的种类、生理状态和加工工艺等^[12-15]。文章拟采用顶空固相微萃取法结合气相色谱质谱联用技术分离鉴定不同加工阶段秋刀鱼的挥发性成分,从而确定秋刀鱼的关键风味以及不同加工阶段特征风味及对应化合物,旨在为提升即食油炸秋刀鱼产品品质及改进生产工艺提供理论依据。

基金项目:福州市科技重大项目(编号:榕科[2017]325号)

作者简介:吴丽香,女,福州大学在读硕士研究生。

通信作者:张雯(1980—),女,福州大学副教授,博士。

E-mail: zhangwen@fzu.edu.cn

收稿日期:2021-03-27

1 材料与方法

1.1 样品、试剂及仪器

海捕 A 级秋刀鱼:福建东水食品股份有限公司;
饱和 NaCl 溶液:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;
PDMS 萃取头:65 μm ,美国 Supelco 公司;
气质联用仪:GC-MS-QP2010 型,日本岛津公司。

1.2 方法

1.2.1 样品预处理 加工前 1 d 于解冻冰柜中解冻;去头、去内脏、去尾、切块,质量控制在 60~120 g;以 1%盐和 0.5%味精对鱼肉进行腌制,腌制时间 60 min,腌制温度 $\leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$;使用色拉油,200 $^{\circ}\text{C}$ 油炸 5 min;每 3 h 对油炸用油的过氧化值、酸价进行检测,以确保产品品质;于 25 $^{\circ}\text{C}$ 下冷却。针对解冻后、腌制不同时期(60,90 min)、腌制 60 min 后油炸的样品进行气味分析。取秋刀鱼背脊鱼肉部分样品,放入无菌均质袋,均质 2 min 制成鱼糜,放入-20 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存,备用。
1.2.2 挥发性成分萃取 称取 2.00 g 鱼糜放入 15 mL 萃取瓶中,加入 5 mL 饱和 NaCl 溶液,置于 60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中,采

用 PDMS 萃取头,萃取时间 30 min。
1.2.3 气相色谱质谱联用(GC-MS)分析
(1) 气相色谱条件:参照文献[16]的方法略有修改,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 120 $^{\circ}\text{C}$,保持 3 min,再以 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 230 $^{\circ}\text{C}$,保持 5 min;进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,解吸时间 5 min,同一样品重复 3 次。
(2) 质谱条件:电离方式为 EI;电离电压 70 eV;离子源温度 200 $^{\circ}\text{C}$;扫描质量范围 35~335 amu。
1.2.4 定性定量分析 参照文献[16]。
1.2.5 主体风味物质评价方法 参照文献[17]。

1.3 数据处理

利用 Excel 软件对数据进行处理和统计,利用 SIMCA 软件进行主成分分析(PCA)并制图。

2 结果与分析

2.1 秋刀鱼样品中挥发性成分的差异分析

采用 GC-MS 并利用 Wiley 9 和 NIST 质谱库对不同加工阶段的秋刀鱼样品挥发性成分进行分析鉴定,结果如表 1 所示。
由表 1 可知,秋刀鱼样品中共检出 63 种挥发性成

表 1 秋刀鱼挥发性成分种类及相对含量⁺

Table 1 Types and relative contents of volatile components in Pacific saury

类别	化合物名称	相对含量/%			
		腌制前	60 min	90 min	油炸后
醛类	苯甲醛	3.57	3.07	2.96	4.00
	十一醛	0.57	1.26	—	0.33
	苯乙醛	0.70	0.48	0.97	0.74
	辛醛	4.38	2.26	—	3.47
	肉豆蔻醛	0.97	0.69	0.87	0.40
	(E,E)-2,4-己二烯醛	2.28	1.16	1.36	—
	(E,Z)-2,6-壬二烯醛	2.88	1.89	1.89	1.69
	十六醛	—	—	—	0.43
	(E)-4-庚烯醛	—	—	—	2.69
	(Z)-2-癸烯醛	0.68	—	—	—
	3-甲硫基丙醛	—	0.49	1.03	0.57
	(E,E)-2,4-庚二烯醛	8.92	6.71	4.18	3.04
	4-乙基-苯甲醛	1.37	0.94	1.34	—
	叶醛(反式-2-己烯醛)	7.08	3.98	3.69	5.09
	(Z)-4-庚烯醛	5.31	2.53	—	4.65
	十三醛	2.44	—	—	—
	(E,E)-2,6-壬二烯醛	—	1.61	—	1.75
醇类	柏木脑	0.28	0.43	—	—
	正庚醇	1.43	1.54	1.65	0.99
	正辛醇	0.61	—	—	—
	月桂醇	—	—	—	0.38
	1-十四醇	—	0.65	—	0.94
	1-戊烯-3-醇	—	15.64	—	—

续表 1

类别	化合物名称	相对含量/%			
		腌制前	60 min	90 min	油炸后
醇类	(Z)-2-戊烯-1-醇	7.08	7.79	5.41	—
	1-辛烯-3-醇	4.74	3.41	3.32	3.22
	2-十二烷醇	—	—	0.44	—
酸类	醋酸	1.60	1.70	1.36	2.25
	苯甲酸	—	—	0.16	—
	丙酸	0.67	—	—	0.46
	正丁酸	—	—	—	0.65
	辛酸	—	—	0.58	—
	己酸	0.63	0.97	0.85	0.57
	月桂酸	0.06	0.06	—	—
	肉豆蔻酸	1.76	2.46	1.60	0.77
	苯乙酮	0.42	0.34	0.29	0.38
	2-十一酮	0.79	0.49	—	0.56
酮类	2-壬酮	2.96	2.18	3.60	2.41
	(E,E)-6,10,14-三甲基-5,9,13-戊三烯-2-酮	—	1.67	—	—
	4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-基)-2-丁酮	—	—	0.25	—
	(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮	—	3.76	4.02	—
	十二烷	7.80	11.91	32.16	26.20
烃类	十六烷	0.44	0.66	1.62	0.32
	十四烷	5.89	6.11	14.64	7.04
	十五烷	2.84	—	—	—
	十一烷	—	—	—	12.56
	2,6,10-三甲基-十二烷	0.85	0.46	0.92	0.84
	3,6-二甲基癸烷	5.08	—	5.59	—
	1-十二碳烯	—	0.45	—	—
	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	—	—	0.64	0.72
	(E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	0.94	—	—	—
	2-—3,5-辛二烯	7.85	4.78	—	2.61
杂环类	1-甲基萘	0.40	—	—	0.28
	萘	0.39	0.31	0.28	—
	2-甲基-萘	—	—	0.24	—
	苯并噻唑	0.86	2.24	—	—
	alpha-柏木烯	1.42	1.10	1.44	0.57
	2,3,5-三甲基吡嗪	—	—	—	1.74
	苯酚	0.10	0.53	0.14	0.21
	2,6-二叔丁基对甲酚	—	0.80	0.51	0.62
	乙基麦芽酚	—	—	—	3.24
	2,5-二叔丁基酚	0.86	—	—	0.63
其他	丁酸丁酯	—	0.46	—	—
	乙二醇苯醚	0.10	—	—	—

† “—”表示未检出。

分,包括醛类 17 种,醇类 9 种,酸类 8 种,酮类 6 种,烃类 11 种,杂环类 6 种,其他 6 种。不同加工阶段的秋刀鱼样品所含的挥发性成分在种类和构成比例上存在差异。总体而言,秋刀鱼不同加工阶段的样品均具有更丰富的醛类、烯醇类,烃类以十一、十二和十四烷含量较高,酮类整体含量较低。

2.1.1 醛类化合物含量 醛类化合物主要由多不饱和脂肪酸氧化产生,且阈值很低,与鱼类及其他水产品的植物性气味及脂肪有关,对鱼类总体气味特征有重要影响^[18],是秋刀鱼主要的挥发性成分之一。腌制前的秋刀鱼中醛类化合物的相对含量最高达 41.15%,腌制和油炸处理后,秋刀鱼中醛类化合物的相对含量明显下降,与贡慧等^[14]的结果较为一致。(E,E)-2,4-己二烯醛、(E,Z)-2,6-壬二烯醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛等醛类物质是鱼类腥味的来源或者具有腥味促进作用^[14],在加工过程中显著下降($P<0.05$),甚至未检出,说明腌制可去除腥味。腌制和油炸后检测到的醛类化合物主要是具有坚果香的苯甲醛、具有青草和油脂香气的(E)-4-庚烯醛和具有果蔬香、脂肪香的(E,E)-2,6-壬二烯醛,说明油炸处理显著提高鱼的肉香味、油脂味($P<0.05$)并降低土腥味、青草味。

2.1.2 醇类化合物含量 醇类化合物主要由脂肪氧合酶对脂肪酸的作用产生或由羰基化合物还原得到^[19],可分为饱和醇类与不饱和醇类,其中不饱和醇阈值较低,具有花香味、蘑菇味、土腥味或酸败味,对于风味贡献较大^[20]。1-戊稀-3-醇是腌制鱼的有效气味成分,与鱼腥味的产生有关^[21],1-辛烯-3-醇是亚油酸氢过氧化物的降解产物^[22],具有蘑菇和土腥味,这两种风味物质经腌制和油炸后均显著下降($P<0.05$),具有鱼腥味的庚醇含量在油炸后也显著降低($P<0.05$),表明加工处理可降低秋刀鱼中的腥味物质。

2.1.3 酮类化合物含量 酮类化合物主要是氨基酸降解、不饱和脂肪酸的热氧化降解或微生物的氧化作用产物,大多呈脂肪味和焦燃味,其阈值远远高于其同分异构体的醛^[23],对鱼肉风味的贡献相对较小,但对鱼腥味具有一定的增强作用。此外,腌制鱼中检出的多为不饱和酮,如苯乙酮、(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮等,一般具有典型的动物油脂味,是腌制鱼风味的重要组成部分^[24]。

2.1.4 烃类化合物含量 烃类化合物主要由脂肪酸烷氧自由基的均裂产生,但烃类物质的阈值较大,对特征风味贡献较低。烯烃的不饱和度较高,且极易氧化为醛酮类物质,是秋刀鱼腥味的潜在因素。芳香烃物质主要为萘、甲基萘等物质,具有樟脑气息,会对鱼肉风味造成令人不愉快的气息,一般是由于水体污染进入鱼体内。

2.2 秋刀鱼样品的关键风味成分

风味特性是一个重要的鱼类产品质量指标,影响人们对产品的接受度和偏好^[25]。挥发性成分的浓度和感觉阈值共同决定了挥发性成分对整体风味贡献度,因此采用相对气味活度值法(ROAV)确定关键风味成分。秋刀鱼加工过程中关键风味分析结果如表 2 所示,(E,Z)-2,6-壬二烯醛具有青草和油脂香气,在未处理和各加工阶段的感觉阈值均低且相对含量较大,对 5 组秋刀鱼样品总体风味的贡献最大,所以将(E,Z)-2,6-壬二烯醛确定为最大气味活度值(OAV_{max}),将其相对气味活度值(ROAV)设定为 100,并计算每组其他挥发性风味的 ROAV。

由表 2 可知,醛类和醇类物质构成了腌制和油炸秋刀鱼的主体风味,6 个挥发性成分被判定为关键风味($ROAV>1$),分别是(E,Z)-2,6-壬二烯醛、辛醛、3-甲硫基丙醛、(Z)-4-庚烯醛、(E,E)-2,6-壬二烯醛和 1-辛烯-3-醇。

新鲜秋刀鱼中,(E,Z)-2,6-壬二烯醛、(Z)-4-庚烯醛和辛醛的 ROAV 值较大,表明未处理的秋刀鱼主要以腥味为主。随着腌制时间的延长,鱼腥味依旧较重,但具有土豆香的 3-甲硫基丙醛、具有玫瑰花香和醇香的苯乙醛均有所增加,表明腌制处理可使秋刀鱼的香味物质得到释放。具有果蔬香、脂肪香的(E,E)-2,6-壬二烯醛在腌制过程中先增加后又有所降低,且总体上看腌制 90 min 的秋刀鱼风味物质均有所降低,推测是腌制时间过长,导致水分流失过多,鱼肉脱水变干,风味物质也随之减少,由此推断秋刀鱼的腌制时间以 60 min 为宜。

油炸后秋刀鱼的风味更加丰富,油脂中的不饱和脂肪酸,尤其是油酸和亚油酸在高温煎炸时通过发生氧化降解反应,生成许多香气物质如辛醛、(Z)-4-庚烯醛、(E,E)-2,6-壬二烯醛在油炸后显著上升($P<0.05$);鱼肉在高温炸制过程中发生蛋白质降解、美拉德反应等过程,具有烤土豆、炒花生香气的 2,3,5-三甲基吡嗪和具有焦糖香味和水果味的乙基麦芽酚含量增加,这两种风味物质 ROAV 值小于 0.1,不是关键风味,但对秋刀鱼总体风味起到修饰作用。

2.3 不同加工阶段秋刀鱼的特征风味

为进一步确定不同加工阶段秋刀鱼的特征挥发性成分及其风味,以表 2 中 21 种风味物质为变量,对不同加工阶段的秋刀鱼样品进行主成分(PCA)分析,结果见图 1。

由图 1 可知,将所测的主要挥发性成分可以归为 2 个主成分,其分别为 45.6%,34.9%,可以代表大部分原始变

量的信息。不同加工处理方式的秋刀鱼样品具有明显的区域分布特征,加工后的秋刀鱼与未处理组风味相差较大,说明腌制和油炸可显著影响秋刀鱼的风味物质($P<0.05$)。随着腌制时间的增加,秋刀鱼风味有较大变化,而油炸与腌制处理的秋刀鱼风味差异较大,且油炸后富集较多的挥发性成分,说明油炸处理对秋刀鱼的风味有较大影响,在这个过程中秋刀鱼发生腥味减弱、肉香与鲜香味等风味变化较为明显。

研究通过计算变量投影重要性分析值(VIP)衡量各挥发性成分对不同组秋刀鱼的样本分类判别的影响强度和解释能力,从而辅助标志挥发性成分的筛选(通常以VIP值 >1.0 作为筛选标准)^[36]。VIP值越大的挥发性成

表 2 秋刀鱼挥发性成分相对气味活度值、阈值及气味特征[†]

Table 2 Relative odor activity value, threshold and odor characteristics of volatile components of Pacific saury

化合物名称	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) ^a	气味特征	相对气味活度值			
			腌制前	60 min	90 min	油炸后
苯甲醛	300.00	坚果香 ^[26]	0.01	0.01	0.01	0.02
十一醛	14.00	甜橙香、脂香 ^[27]	0.03	0.10	—	0.03
苯乙醛	9.00	玫瑰花香、醇香 ^[28]	0.05	0.06	0.11	0.10
辛醛	0.10	脂肪香 ^[27]	30.38	23.90	—	41.21
肉豆蔻醛	60.00	脂肪香、鱼香、果香 ^[29]	0.01	0.01	0.02	0.01
(<i>E,Z</i>)-2,6-壬二烯醛	0.02	鱼腥味 ^[30]	100.00	100.00	100.00	100.00
(<i>E</i>)-4-庚烯醛	17.50	青草和油脂香气 ^[31]	—	—	—	0.18
3-甲硫基丙醛	0.04	土豆香 ^[32]	—	12.96	27.28	16.97
叶醛	40.00	青香、醛香、果香、脂肪香 ^[32]	0.12	0.11	0.10	0.15
(<i>Z</i>)-4-庚烯醛	0.06	青草和油脂香气 ^[30]	61.42	44.62	—	91.97
(<i>E,E</i>)-2,6-壬二烯醛	0.75	果蔬香,脂肪香	—	2.27	—	2.76
正庚醇	200.00	鱼腥,坚果香 ^[27]	0.00	0.01	0.01	0.01
正辛醇	54.00	蘑菇香 ^[33]	0.01	—	—	—
1-戊烯-3-醇	3 000.00	青香、鱼腥 ^[34]	—	0.01	—	—
1-辛烯-3-醇	2.00	蘑菇和泥土味 ^[27]	1.65	1.80	1.76	1.91
己酸	7.50	—	0.06	0.14	0.12	0.09
2-十一酮	10.00	油脂味、水果香、青草味 ^[35]	0.06	0.05	—	0.07
2-壬酮	80.00	水果香、甜香 ^[27]	0.03	0.03	0.05	0.04
2,3,5-三甲基吡嗪	7.10	烤土豆、炒花生香气 ^[28]	—	—	—	0.29
乙基麦芽酚	4.40	焦糖香味和水果味 ^[32]	—	—	—	0.09
(<i>E,Z</i>)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	0.70	—	0.94	—	—	—

[†] a 为阈值,即通过嗅觉感知的最小浓度,参照《化合物香味阈值汇编》(第二版)。

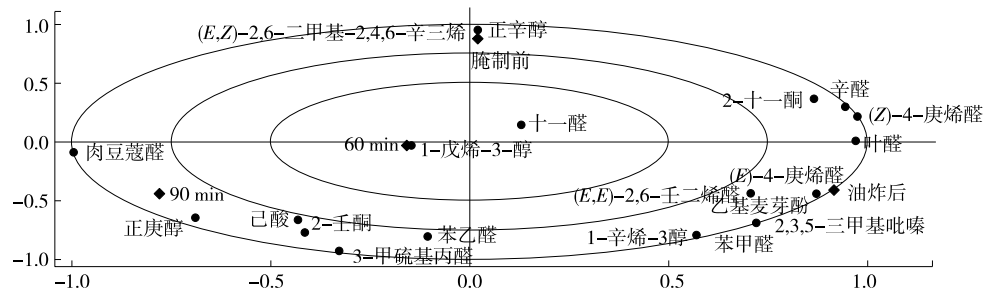


图 1 不同加工阶段秋刀鱼挥发性成分的 PCA 分析图

Figure 1 PCA analysis diagram of the volatile components of Pacific saury in different processing stages

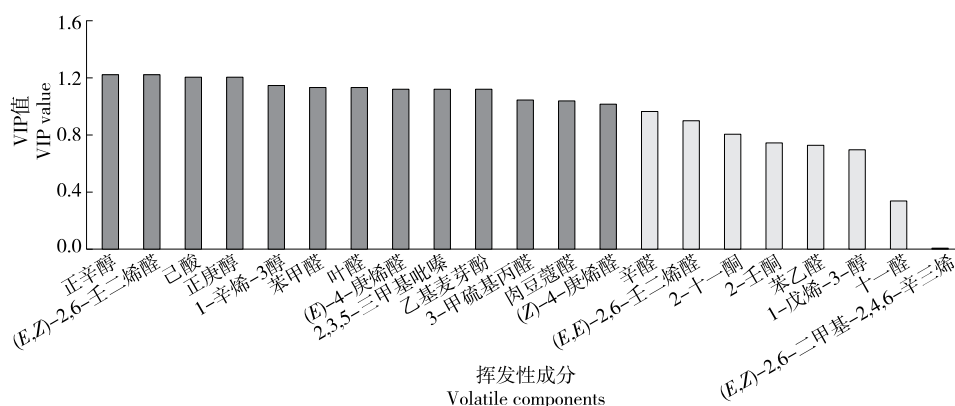


图 2 不同挥发性成分 VIP 得分图

Figure 2 VIP score chart of different volatile components

分,其在各组之间含量差异越显著。VIP 值 >1 的挥发性成分共有 13 种,分别为正辛醇、(E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯、己酸、正庚醇、1-辛烯-3-醇、苯甲醛、叶醛、(E)-4-庚烯醛、2,3,5-三甲基吡嗪、乙基麦芽酚、3-甲硫基丙醛、肉豆蔻醛和(Z)-4-庚烯醛。

结合图 1 和图 2 可知,VIP 值 >1 的挥发性成分中 (E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯、正辛醇与腌制前样品比较靠近,表明腌制前秋刀鱼的香气特征为蘑菇香;VIP 值 >1 的挥发性成分中正庚醇、肉豆蔻醛、己酸与腌制 90 min 样品比较靠近,表明腌制 90 min 秋刀鱼的香气特征为鱼香、果香;然而腌制 60 min 样品附近无 VIP 值 >1 的挥发性成分,说明腌制 60 min 的样品风味不突出,结合 2.2 所讨论的 60 min 风味比较丰富,而 90 min 风味物质含量均较低,推测 90 min 的样品可能是由于一些风味物质的丢失导致特征风味突出,最适合的腌制时间仍可以认为是 60 min;VIP 值 >1 的挥发性成分中乙基麦芽酚、2,3,5-三甲基吡嗪、(E)-4-庚烯醛、苯甲醛、叶醛、(Z)-4-庚烯醛与油炸样品比较靠近,表明油炸秋刀鱼的香气特征成分为脂肪香和油脂香;

3 结论

采用 HS-SPME/GC-MS 技术分析了不同秋刀鱼样品中挥发性成分的组成和含量情况,共检测到 63 种挥发性成分,确定了醛类物质是主要风味物质。秋刀鱼样品中有 6 种关键风味物质:(E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯、辛醛、3-甲硫基丙醛、(Z)-4-庚烯醛、(E,E)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯和 1-辛烯-3-醇;腌制前秋刀鱼中腥味物质含量较多,主要与不饱和脂肪酸常温分解后产生醛、酮等腥味物质有关,香气特征为(E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯、正辛醇提供的蘑菇香;腌制后,具有醇香和脂肪香的风味物质得到释放,样品的香气特征为正庚醇、肉豆蔻醛、己酸提供的鱼香和

果香;油炸处理的秋刀鱼风味物质最为丰富,香气特征为乙基麦芽酚、2,3,5-三甲基吡嗪、(E)-4-庚烯醛、苯甲醛、叶醛、(Z)-4-庚烯醛提供的油脂香和肉香。后续可进一步明确风味化合物的前体物质、细化反应的温度和时间等,为加工工艺过程关键控制提供更好的提示和借鉴。

参考文献

- [1] 于慧, 佐藤实, 王锡昌. 秋刀鱼盐干过程中理化特性的变化[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 75-80.
YU Hui, SATO Minoru, WANG Xi-chang. Changes in physico-chemical properties during salting of Cololabis saira[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(10): 75-80.
- [2] MORI H, TONE Y, SHIMIZU K, et al. Studies on fish scale collagen of Pacific saury (Cololabis saira)[J]. Materials Science & Engineering C Materials for Biological Applications, 2013, 33(1): 174-181.
- [3] GORDEEV I I, GRIGOROV I V, AFANASYEV P. Infection of the pacific saury Cololabis saira by acanthocephalans in the Kuril Islands area[J]. Parazitologiya, 2017, 51(1): 51-56.
- [4] 杨震, 贡慧, 刘梦, 等. 基于电子鼻技术的秋刀鱼新鲜度评价[J]. 肉类研究, 2017, 31(3): 40-44.
YANG Zhen, GONG Hui, LIU Meng, et al. Freshness evaluation of pacific saury freshness by electronic nose[J]. Meat Research, 2017, 31(3): 40-44.
- [5] TIAN Y, AKAMINE T, SUDA M. Variations in the abundance of Pacific saury (Cololabis saira) from the northwestern Pacific in relation to oceanic-climate changes[J]. Fisheries Research, 2003, 60 (2/3): 439-454.
- [6] 冯倩倩, 胡飞, 李平凡. SPME-GC-MS 分析罗非鱼体中挥发性风味成分[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 67-70.
FENG Qian-qian, HU Fei, LI Ping-fan. Analysis of volatile compounds of tilapia by solid phase microextraction and GC-MS[J].

- Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(6): 67-70.
- [7] 王秋丽, 钟秋平. 酒糟罗非鱼即食休闲风味食品的研制[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 120-122.
- WANG Qiu-li, ZHONG Qiu-ping. Study on the processing conditions for development flavor food of marinating drunk tilapia[J]. The Food Industry, 2015, 36(7): 120-122.
- [8] GANGULY S, MAHANTY A, MITRA T, et al. Volatile compounds in hilsa (Tenulosa ilisha, Hamilton) as detected by static headspace gas chromatography and mass spectrometry[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(6): e13212.
- [9] KAZUO M, MARIKO U, MASASHI H. Effective prevention of oxidative deterioration of fish oil: Focus on flavor deterioration[J]. Annual Review of Food Science and Technology, 2018, 9(1): 209-226.
- [10] ATANASSOVA M R, CHAPELA M J, GARRIDO-MAESTU A, et al. Microbiological quality of ready-to-eat pickled fish products[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(5): 498-510.
- [11] 邓梁虹, 张方, 王晗, 等. 我国即食食品的开发现状与市场前景展望[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 112-121.
- DENG Liang-hong, ZHANG Fang, WANG Han, et al. Development status and market prospect of instant food in China[J]. Storage and Process, 2017, 17(6): 112-121.
- [12] 贺雪华. 腌制和烘烤工艺对半干秋刀鱼品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2018: 3-7.
- HE Xue-hua. Effects of pickling and baking on the quality of semi-dry Sauri[D]. Chongqing: Southwest University, 2018: 3-7.
- [13] 卞瑞姣, 曹荣, 赵玲, 等. 电子鼻在秋刀鱼鲜度评定中的应用[J]. 现代食品科技, 2017, 33(1): 243-247.
- BIAN Rui-jiao, CAO Rong, ZHAO Ling, et al. Application of the electronic nose for assessing the freshness of Cololabis saira[J]. Modern Food Science & Technology, 2017, 33(1): 243-247.
- [14] 贡慧, 杨震, 刘梦, 等. 秋刀鱼热加工后挥发性风味成分变化的分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(1): 25-31.
- GONG Hui, YANG Zhen, LIU Meng, et al. Changes in volatile flavor compounds during heat processing of cololabis saira[J]. Meat Research, 2017, 31(1): 25-31.
- [15] 陈康明, 刘晓丽, 许艳顺, 等. 油炸温度与时间对白公干鱼传质特性及品质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 25-31.
- CHEN Kang-ming, LIU Xiao-li, XU Yan-shun, et al. Effects of frying temperature and time on mass transfer and quality of white business fish[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 25-31.
- [16] 赵勇, 蒋东丰, 朱克卫, 等. 不同产地进口三文鱼挥发风味物质组成特征研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(3): 734-744.
- ZHAO Yong, JIANG Dong-feng, ZHU Ke-wei, et al. Study on the characteristics of volatile flavor components of imported salmon from different habitats[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(3): 734-744.
- [17] 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.
- LIU Deng-yong, ZHOU Guang-hong, XU Xing-lian. ROAV method: A new method for determining key odor compounds of Rugao Ham[J]. Food Science, 2008, 29(7): 370-374.
- [18] 刘奇, 郝淑贤, 李来好, 等. 鲟鱼不同部位挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 142-145.
- LIU Qi, HAO Shu-xian, LI Lai-hao, et al. Volatile component analysis of different parts of sturgeon[J]. Food Science, 2012, 33(16): 142-145.
- [19] FRATINI G, LOIS S, PAZOS M, et al. Volatile profile of Atlantic shellfish species by HS-SPME GC/MS[J]. Food Research International, 2012, 48(2): 856-865.
- [20] 吴燕燕, 王悦齐, 李来好, 等. 基于电子鼻与 HS-SPME-GC-MS 技术分析不同处理方式腌干带鱼挥发性风味成分[J]. 水产学报, 2016, 40(12): 1931-1940.
- WU Yan-yan, WANG Yue-qi, LI Lai-hao, et al. Analysis of volatile components in various cured hairtail by electronic nose and HS-SPME-GC-MS[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(12): 1931-1940.
- [21] 李来好, 丁丽丽, 吴燕燕, 等. 咸鱼中的挥发性风味成分[J]. 水产学报, 2012, 36(6): 979-988.
- LI Lai-hao, DING Li-li, WU Yan-yan, et al. Analysis of the volatile flavor compounds in salted-dried fish[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(6): 979-988.
- [22] 贾金玉, 张慧芳, 孟宪华, 等. 宝蓄黑猪肉品质评价及关键风味物质分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(22): 50-54.
- JIA Jin-yu, ZHANG Hui-fang, MENG Xian-hua, et al. Quality evaluation and key flavor analysis of Baoxu black pork[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2020(22): 50-54.
- [23] TOMAC A, COVA M C, NARVAIZ P, et al. Texture, color, lipid oxidation and sensory acceptability of gamma-irradiated marinated anchovy fillets[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2015, 106: 337-342.
- [24] 方炎鹏, 曾令彬, 熊善柏. 腊鱼加工过程中挥发性成分变化的研究[J]. 食品工业, 2011, 32(7): 33-36.
- FANG Yan-peng, ZENG Ling-bin, XIONG Shan-bai. Changes of volatile compounds during the stage of salting and drying of cured fish[J]. The Food Industry, 2011, 32(7): 33-36.
- [25] MA Rui, MENG Yu-qiong, ZHANG Wen-bing, et al. Comparative study on the organoleptic quality of wild and farmed large yellow croaker Larimichthys crocea[J]. Journal of Oceanology and Lim-

- nology, 2020, 38(1): 260-274.
- [26] HE Chao-jun, LI Zi-yong, LIU Hong-xia, et al. Characterization of the key aroma compounds in *Semnostachya menglaensis* Tsui by gas chromatography-olfactometry, odor activity values, aroma recombination, and omission analysis [J]. Food Research International, 2020, 131(5): 108948.
- [27] MA Rui, LIU Xiao-hong, TIAN Hai-ning, et al. Odor-active volatile compounds profile of triploid rainbow trout with different marketable sizes[J]. Aquaculture Reports, 2020, 17(7): 100312.
- [28] WANG Zhuo-lin, XIAO Qing, ZHUANG Jin-da, et al. Characterization of aroma-active compounds in four yeast extracts using instrumental and sensory techniques[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(1): 267-278.
- [29] DEL BIANCO S, NATALELLO A, LUCIANO G, et al. Influence of dietary inclusion of tannin extracts from mimosa, chestnut and tara on volatile compounds and flavour in lamb meat[J]. Meat Science, 2020, 172(2): 108336.
- [30] YANG Ping, LIU Chen, SONG Huan-lu, et al. Sensory-directed flavor analysis of off-flavor compounds in infant formula with deeply hydrolyzed milk protein and their possible sources [J]. LWT, 2020, 119(2): 108861.
- [31] 杨茗媛, 王小凤, 乙丛敏, 等. 养殖大黄鱼挥发性成分分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 202-209.
- YANG Ming-yuan, WANG Xiao-feng, YI Cong-min, et al. Analysis of volatile components in cultured *Pseudosciaena crocea* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(4): 202-209.
- [32] WANG Juan, YUAN Chang-jiang, GAO Xiu-lin, et al. Characterization of key aroma compounds in Huangjiu from northern China by sensory-directed flavor analysis[J]. Food Research International (Ottawa, Ont), 2020, 134(8): 109238.
- [33] ZHANG Cai-meng, HUA Yu-fei, LI Xing-fei, et al. Key volatile off-flavor compounds in peas (*Pisum sativum* L.) and their relations with the endogenous precursors and enzymes using soybean (*Glycine max*) as a reference [J]. Food Chemistry, 2020, 333(12): 127469.
- [34] XIAO Zuo-bing, WU Qu-yang, NIU Yun-wei, et al. Characterization of the key aroma compounds in five varieties of mandarins by gas chromatography-olfactometry, odor activity values, aroma recombination, and omission analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(38): 8 392-8 401.
- [35] YANG Meng-lu, HUANG Jun, ZHOU Rong-qing, et al. Characterization of the flavor in traditional Pixian Doubanjiang by polyphasic quantitative detection technology [J]. Food Research International, 2020, 138(12): 109753.
- [36] 方冠宇, 蒋予箭, 穆晓静, 等. 浙江玫瑰醋不同发酵阶段特征性香气成分的确定[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 234-242.
- FANG Guan-yu, JIANG Yu-jian, MU Xiao-jing, et al. Determination of the characteristic aroma components at different fermentation stages of Zhejiang rosy vinegar [J]. Food Science, 2020, 41(8): 234-242.

中国油脂 (月刊)

国内邮发代号 52-129 国外发行代号 M5889

追踪学科发展动态 报道行业最新成果 关注油脂发展热点 共谋行业创新未来

<< 全国中文核心期刊
<< 中国科学引文数据库核心期刊
<< 中国精品科技期刊
<< 第二届国家期刊奖百种重点期刊

<< 中国科技核心期刊
<< 中国核心学术期刊
<< 中国期刊方阵双效期刊
<< 第三届国家期刊奖百种重点期刊

<< 美国《化学文摘》(CA) 收录期刊
<< 俄罗斯《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
<< 美国《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊
<< 日本《科学技术文献速报》(CBST) 收录期刊
<< 英国《农业与生物科学研究中心文摘》(CABA) 收录期刊

主要栏目
专题论述/油脂加工/油脂化学/油脂深加工/油料资源/油脂营养/油脂安全/综合利用/检测分析/应用技术/生物工程等。

欢迎关注官方微信和微博



微信订阅号 新浪微博

各地邮局均可订阅, 我社常年办理邮购及逾期补订

A4开本 每本20元 全年240元

国际标准连续出版物号: ISSN 1003-7969 国内统一连续出版物号: CN 61-1099/TS

■ 银行转账: 开户单位: 中粮工科(西安)国际工程有限公司
账号: 60701158000004188 开户行: 西安银行劳动北路支行

地址: 陕西省西安市劳动路118号
电话: 029-88653157/88621360
E-mail: yzzzoi@163.com

邮编: 710082
传真: 029-88625310
网址: www.chinaoils.cn

《保鲜与加工》2022 年征订征稿启事

中国科技核心期刊;RCCSE 中国核心学术期刊(A);中国农林核心期刊;中国北方优秀期刊;中国学术期刊(光盘版)收录期刊;《中文科技期刊数据库》(维普网)全文收录;万方数据-数字化期刊群全文上网;超星数据库全文收录;美国《化学文摘》(CA)收录期刊;英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录期刊;英国《食品科技文摘》(FSTA)收录期刊

国际标准连续出版物号:ISSN 1009-6221

国内统一连续出版物号:CN 12-1330/S

邮发代号:6-146

月刊,每月 20 日出版,单价 50 元,全年 600 元。

在线投稿平台:www.bxyjg.com

《保鲜与加工》期刊是由天津市农业科学院主管主办的农产品采后技术研究领域的科技核心期刊,据中国知网的最新统计结果,复合影响因子为 1.429。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息。主要设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、食品安全、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

欢迎在全国各地邮局(所)或本编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并减退刊登公益广告。

通讯地址:天津市西青区津静公路 17 公里处《保鲜与加工》编辑部
邮编:300384 电话:022-27948711,联系邮箱:bxyjg@163.com