

高值海水鱼糜熟制后挥发性风味的分析及对比^{*}丁浩宸^{1,2}, 阮东娜^{1,2}, 江银梅^{1,2}, 许刚³, 黄建联^{1,2}

1(福建安井食品股份有限公司, 福建 厦门, 361026) 2(厦门市速冻调制食品重点实验室, 福建 厦门, 361026)

3(浙江工商大学 水产品加工研究所, 浙江 杭州, 310035)

摘 要 研究白姑鱼糜、铜盆鱼糜、金线鱼糜和飞鱼鱼糜熟制后挥发性风味的异同。以顶空固相微萃取-气质联用技术结合相对气味活度值法, 对 4 种高值海水鱼糜熟制后的挥发性风味成分进行鉴定和分析; 以电子鼻和感官风味评价, 对整体挥发性风味进行识别和评定。4 种熟制鱼糜的关键风味成分主要是醛类和硫醚类化合物。熟制铜盆鱼糜关键风味成分包括二甲基二硫醚、3-甲基丁醛等, 熟制金线、飞鱼鱼糜关键风味成分包括二甲基三硫醚、二甲基二硫醚和其他醛类, 而熟制白姑鱼糜关键风味成分中无含硫化合物。电子鼻分析中, 传感器阵列对熟制铜盆鱼糜的响应值显著大于其他样品, 且响应值雷达图轮廓也有别于其他鱼糜。主成分分析和线性判别分析均表明白姑、金线鱼糜的熟制风味具有相似性, 但与铜盆鱼糜和飞鱼鱼糜的熟制风味差异显著。感官风味评价表明, 熟制铜盆鱼糜的鱼香味较佳, 熟制白姑、金线鱼糜的气味描述强度轮廓较相似, 而熟制飞鱼鱼糜油脂味和鱼腥味最强。

关键词 海水鱼糜; 挥发性风味; 气质联用; 相对气味活度值; 电子鼻

冷冻鱼糜是以鱼为原料, 经采肉、漂洗、精滤、脱水等工序, 加入适量糖类、复合磷酸盐等抗冻剂制成的能够在低温条件下长时间贮藏的鱼肉蛋白质浓缩物。《冷冻鱼糜》水产行业标准(SC/T 3702-2014)将凝胶强度、白度、水分、杂点等设定为理化指标, 能够反映冷冻鱼糜的凝胶形成能力和其他加工性能^[1]。但作为鱼糜制品和速冻调制食品的主要中间原料, 熟制风味也是冷冻鱼糜选用、配伍时的重要评判指标。

水产品风味体系包括滋味和气味, 分别由非挥发性风味成分和挥发性风味成分所组成^[2]。消费群体对于食品接受程度, 一般取决于嗅觉能感受到的挥发性风味。顶空固相微萃取-气质联用(SPME-GC-MS)、电子鼻(E-nose)和感官风味评价是目前食品挥发性风味研究的重要方法^[3-4]。李来好等^[5]以 SPME-GC-MS 对 4 种咸鱼的挥发性风味物质进行鉴定; 胡静等^[6]对新鲜鳊鱼肌肉进行挥发性风味物质鉴定, 均获得丰富的醛、酮、醇类等挥发性风味物质。吴薇等^[7]利用电子鼻和感官评定对 5 种熟制刀鱼肉

的整体风味轮廓差异进行分析; 吴浩等^[8]也利用同类方法研究了淡水鱼糜和海水鱼糜的挥发性风味异同点。

本研究以 GC-MS 结合 ROAV 法对白姑鱼糜、铜盆鱼糜、金线鱼糜和飞鱼鱼糜熟制后的挥发性风味物质进行鉴定、分析, 并以电子鼻和感官定量描述法对 4 种高值海水鱼糜熟制后的总体风味进行识别、评定。

1 材料与方法

1.1 材料

冷冻白姑鱼糜、冷冻铜盆鱼糜、冷冻金线鱼糜、冷冻飞鱼鱼糜, 均由福建冷冻鱼糜生产企业生产、提供; 生产过程中均经过不同程度的漂洗、精滤等工序。食盐、塑料肠衣等均为市售产品。

1.2 设备与仪器

自制小型斩拌机(最大刀轴转速 2 700 r/min)、灌肠机、U 型打卡机, 均为福建安井食品股份有限公司自备; 数显恒温水浴锅, 国华电器有限公司; 多功能榨汁机, 浙江苏泊尔股份有限公司; DSQ II 气相色谱-质谱联用仪, 美国 Thermo 公司; Tri PLUS 自动进样平台, 美国 Thermo 公司; 75 μm 碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(CAR/PDMS)萃取头, 美国 Supelco 公司; iNose 电子鼻(14 个金属氧化物传感器), 美国 Isenso Instrument 公司。

第一作者: 硕士, 助理工程师(本文通讯作者, E-mail: dinghaochen1988@126.com)。

*“十二五”国家科技支撑计划项目(No. 2012BAD28B05); 厦门市重大产业技术攻关项目(No. 3502Z20121034)资助

收稿日期: 2015-03-05, 改回日期: 2015-04-07

1.3 样品制备

分别称取4种冷冻鱼糜各600 g,室温下半解冻,空斩2 min后加入12 g食盐后斩拌6 min,灌肠后90℃水浴熟制30 min,冷却至室温后剥去塑料肠衣,绞碎后作为样品进行分析。

1.4 挥发性风味物质分析

1.4.1 挥发性风味物质萃取

经预试验确定固相微萃取的样品用量、平衡时间、吸附温度和吸附时间。称取待测样品6 g于15 mL顶空瓶中,在气质联用仪加热装置中以70℃平衡10 min。用CAR/PDMS萃取头在70℃下吸附挥发性物质40 min。萃取完成后,萃取头进入气相色谱进样口,250℃解吸4 min,以不分流模式进样。

1.4.2 GC-MS 分析条件

色谱柱:TR-35MS毛细管柱(0.25 mm×30 m, 0.25 μm);程序升温:柱初温30℃保持1 min,以4℃/min程序升温至92℃,保持2 min,以5℃/min程序升温至200℃,以6℃/min程序升温至240℃,保持4 min;进样口温度250℃;载气(He)流量1 mL/min。质谱采用电子轰击(EI)离子源,质量扫描范围33~450 m/z,电子能量70 eV,传输线温度250℃,离子源温度250℃,检测器温度280℃。

1.4.3 挥发性风味物质鉴定

以Xcalibur软件进行数据处理,通过NIST 2.0标准谱库进行未知化合物检索匹配,正反匹配度均大于800(最大值1 000)的鉴定结果给出物质名称。扣除色谱图中由萃取头、顶空瓶隔垫等带来的硅氧烷类杂峰和非嗅感物质杂峰,采用面积归一化法进行半定量分析。

1.4.4 ROAV 评价

参照刘登勇等评价方法^[9-10],以ROAV评价挥发性风味成分对样品总体风味的贡献。定义ROAV≥1的挥发性风味成分为关键风味成分,对样品总体风味起关键的决定作用;0.1≤ROAV<1的挥发性风味成分为重要风味成分,对样品总体风味具有重要的修饰作用。

1.5 整体挥发性风味分析

1.5.1 电子鼻分析条件

称取待测样品20 g于150 mL顶空瓶中,室温(20~25℃)下平衡10 min,以洁净干燥空气为载气,电子鼻检测采样时间60 s,气体流量1 L/min,采样后清洗时间600 s。每种样品平行检测3次。取稳定后数据信息进行主成分分析(PCA)和线性判别分析

(LDA)。

1.5.2 感官风味评价

由10名熟悉鱼糜风味的受训人员组成感官评价组。对4种冷冻鱼糜熟制后的风味以定量描述分析法进行感官评价。根据气味描述(鱼香味、鱼腥味、肉香味、甜香味、清香味、油脂味)和描述标度(0:无感觉、1:弱、2:稍弱、3:中等、4:稍强、5:强)进行气味强度评分。取平均值对各气味描述的强度进行气味剖面图绘制。

2 结果与讨论

2.1 挥发性风味成分相对含量

白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)属于鲈形目石首鱼科,为暖水性中下层鱼类;二长棘鲷(*Parargyrops edita*),别称铜盆鱼,属于鲈形目鲷科,为暖温性底层鱼类;金线鱼(*Nemipterus virgatus*)属于鲈形目金线鱼科,为暖温性底层鱼类;飞鱼属(*Exocoetus*)鱼类属于颌针鱼目飞鱼科,广泛分布于热带及暖温带水域,为暖水性上层鱼类。上述鱼种均为风味上佳的经济鱼种,以其为原料鱼生产的高值海水鱼糜熟制后的挥发性成分总离子流色谱图见图1。

经标准谱库检索匹配,并以面积归一化法计算相对百分含量,4种熟制鱼糜的挥发性风味成分及其感觉阈值和感官描述^[11-14]见表1。由表1对比可知,熟制白姑、铜盆、金线、飞鱼鱼糜中分别鉴定出挥发性风味成分30、39、39、39种,包括醛类、含硫化合物、烃类、醇类、酮类等;其中醛类是相对含量最大的组分,相对含量总和依次为53.32%、58.49%、63.36%、51.99%。

不同种类挥发性风味成分的感觉阈值差异巨大,直接影响挥发性风味成分对食品总体风味的影响。其中,醛酮类羰基化合物能产生原生、浓郁的气味,醇类能产生品质柔和的气味,均为鱼肉香味的重要贡献因素^[2]。而王国超等^[15]分析认为,丁醛、己醛、(Z)-4-庚烯醛、己醇等低分子量醛、醇、酮类和少量呋喃、硫醚、萘类共同构成了水产品的腥味。此外,4种熟制鱼糜中还鉴定出多种烯烃和烷烃,但由于烃类化合物感觉阈值较高,其对食品总体风味的贡献较弱。 α -水芹烯、1,3-环辛二烯等烯烃类也在大菱鲆等鱼类中被检出,可在一定条件下可形成醛酮类化合物,是冷冻鱼糜生产、储运和使用过程中发生风味变化的潜在因素^[16]。

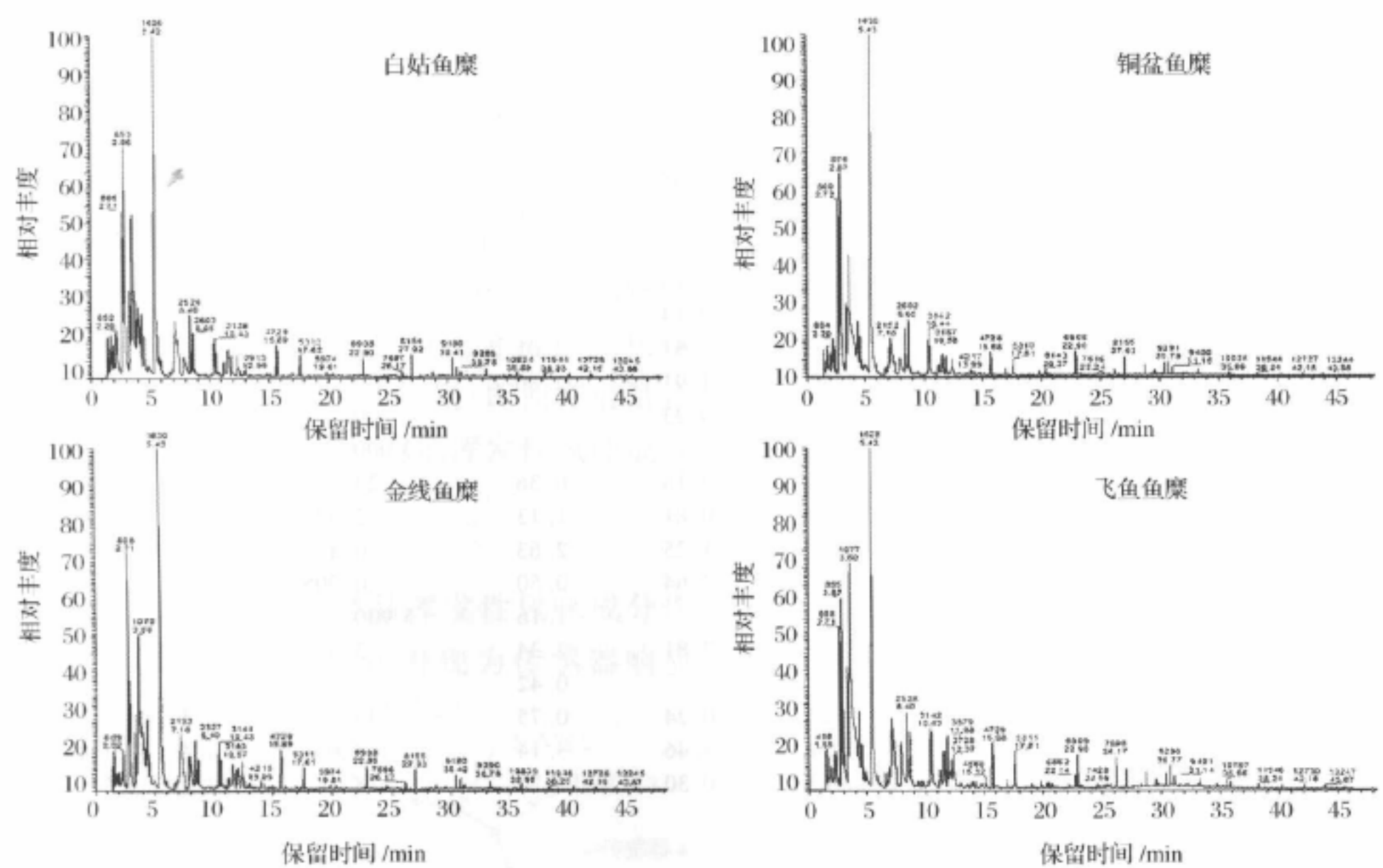


图 1 4 种熟制海水鱼糜挥发性成分总离子流色谱图
Fig. 1 TIC chromatograms of volatile components of 4 kinds of cooked marine surimi

表 1 挥发性风味成分相对含量、感觉阈值和感官描述

Table 1 Relative content, odor threshold and sensory discription of volatile compounds

保留时间/ min	化合物名称	相对含量/%				感觉阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	感官描述
		白姑鱼糜	铜盆鱼糜	金线鱼糜	飞鱼鱼糜		
1.84	1,4-戊二烯	1.59	1.14			—	
1.96	2-甲基丙醛	1.14	0.62	0.50	0.34	0.7	青香,刺激气息
2.21	丁醛		1.25	0.66	0.76	9	巧克力、杂醇的香气
2.26	2-丁酮	2.33	0.94	0.47	1.08	50 000	醚香、果香、青香
2.31	三氯甲烷	1.24	1.44	2.20	1.54	100 000	
2.71	3-甲基丁醛	9.76	9.88	14.26	6.84	0.2	水果香、坚果香
2.81	2-甲基丁醛		4.78	5.98	2.47	1.0	果香、青香、坚果香
2.88	1-戊烯-3-醇		12.32	5.24	8.06	400	果香,蔬菜香,辣根气
3.00	2-乙基呋喃	0.86	1.05	0.91	3.27	2.3	豆香,麦芽香
3.19	2-戊酮	0.32	0.44	0.17	0.36	2 800	甜香,醚香,奶酪香
3.33	戊醛	5.77	4.75	3.75	6.45	3	果香,面包香
3.93	(Z)-3-辛烯		0.14	0.49		—	
4.10	(E)-4-辛烯		1.25	1.00	0.67	—	
4.30	甲苯	3.90				200	汽油味
4.32	二甲基二硫醚		3.63	5.06	3.63	0.06	强烈的洋葱气味
4.43	(E)-2-甲基-2-丁醛				0.32	—	
4.49	3-甲基-1,4-庚二烯			2.34		—	
4.53	(Z)-2-戊烯-1-醇	2.58	2.70		2.38	89.2	
4.88	1,3-辛二烯	0.66	0.53	0.49	0.70	—	
5.43	己醛	23.68	24.08	25.11	18.81	4.5	鱼腥味,果味,青香
5.74	2-乙基环丁醇				0.12	—	
5.98	一氯二溴甲烷	0.88	0.68	0.47		—	
6.51	2-乙基-2-丁烯醛				0.86	—	青香,坚果香,水果香
6.75	乙苯	0.41	0.62	0.56	0.31	29	芳香气味

续表 1

保留时间/ min	化合物名称	相对含量/%				感觉阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	感官描述
		白姑鱼糜	铜盆鱼糜	金线鱼糜	飞鱼鱼糜		
6.90	己醇				0.91	250	青香,果香、醇香
6.95	对二甲苯	0.30	0.40	0.55		—	芳香气味
8.41	庚醛	4.00	3.36	3.39	4.00	3	鱼腥味,坚果香
8.66	(Z)-4-庚烯醛	2.86	4.02	1.89	2.81	0.8	蔬菜香,亚麻油香
9.39	三溴甲烷			0.28		—	
9.49	α -水芹烯			0.14		—	柑橘香,青香
10.44	1-辛烯-3-醇	2.21	3.10	2.81	3.05	1	蘑菇香,泥土气味
10.58	3,5,5-三甲基-2-己烯	1.37	1.87	1.91	2.86	—	
10.91	丁酸			0.23		240	奶香、干酪香、果香
10.94	戊酸		0.28			3 000	干酪香、奶香、果香
11.18	3-辛酮			0.18	0.36	28	青香,蜡香,菜香
11.28	2,3-辛二酮	0.92	0.82	0.81	1.13	2.52	
11.89	辛醛	1.76	1.68	1.25	2.63	0.5	脂肪香,橙香,蜜香
12.05	二甲基三硫醚			2.64	0.50	0.005	肉香,洋葱、蔬菜气味
12.25	苯酚		0.13		1.16	5 900	烟熏,酚样,药香气
12.39	苯甲醛	1.96	2.00	2.81	2.34	3	青草香、脂肪香
14.60	1,3-环辛二烯		0.31		0.42	—	
15.15	2-壬酮	0.21	0.27	0.24	0.75	38.9	皂香,蜡香,奶油香
15.70	壬醛	2.39	1.94	3.46	3.14	18.09	脂香,花香,蜡香
16.00	苯乙醛		0.13	0.30	0.22	18.38	风信子香气
16.95	5,5-二甲基-1,3-庚二烯	0.32	0.65			—	
21.11	萘	0.09	0.10			60	樟脑气息
22.75	2-十一酮			0.14	0.57	7	水果香
26.18	十五烷	0.35	0.35	0.45	1.53	—	
28.75	十六烷	0.23	0.43	0.30	0.69	—	
30.78	2,6,10-三甲基十六烷	0.67	0.73	0.70	1.29	—	
31.15	十七烷	0.26	0.34	0.31	0.58	—	

注:相对峰面积以平均值表示($n=3$),以“—”表示该化合物感觉阈值未检索到。

2.2 挥发性风味成分 ROAV 分析

结合感觉阈值对表 1 进行分析可知,3-甲基丁醛感觉阈值低且在熟制白姑鱼糜中相对含量较大,对熟制白姑鱼糜总体风味的贡献最大;而硫醚类化合物感觉阈值极低,对其他 3 种熟制鱼糜总体风味的贡献最

大。分别确定 4 种熟制鱼糜的最大气味活度值($\text{OAV}_{\max}$),将其相对气味活度值(ROAV)设定为 100,并计算其他挥发性风味成分的 ROAV,将 $\text{ROAV} \geq 1$ 的关键风味成分列于表 2。

表 2 熟制海水鱼糜挥发性风味成分相对气味活度值
Table 2 ROAV of volatile compounds of cooked marine surimi

白姑鱼糜		铜盆鱼糜		金线鱼糜		飞鱼鱼糜	
化合物种类	ROAV	化合物种类	ROAV	化合物种类	ROAV	化合物种类	ROAV
3-甲基丁醛	100.00	二甲基二硫醚	100.00	二甲基三硫醚	100.00	二甲基三硫醚	100.00
己醛	10.78	3-甲基丁醛	81.65	二甲基二硫醚	15.97	二甲基二硫醚	60.50
(Z)-4-庚烯醛	7.33	己醛	8.85	3-甲基丁醛	13.50	3-甲基丁醛	34.20
辛醛	7.21	(Z)-4-庚烯醛	8.31	2-甲基丁醛	1.13	辛醛	5.26
1-辛烯-3-醇	4.53	2-甲基丁醛	7.90	己醛	1.06	己醛	4.18
戊醛	3.94	辛醛	5.55			(Z)-4-庚烯醛	3.51
2-甲基丙醛	3.34	1-辛烯-3-醇	5.12			1-辛烯-3-醇	3.05
庚醛	2.73	戊醛	2.62			2-甲基丁醛	2.47
苯甲醛	1.34	庚醛	1.85			戊醛	2.15
		2-甲基丙醛	1.46			2-乙基呋喃	1.42
		苯甲醛	1.10			庚醛	1.33

含硫化合物对新鲜鱼肉中的海味特征香气具有重要贡献;其中,直链含硫化合物二甲基二硫醚和二甲基三硫醚存在于多数热加工处理的海产品,并显著影响总体风味^[2]。Tanchotikul 等^[17]在小龙虾中检出类似青菜气味的二甲基三硫醚;Alasalvar 等^[18]在冷

冻鲭鱼中检出大量类似洋葱或白菜气味的二甲基二硫醚;Mogens 等^[19]则将硫醚化合物作为熟猪肉肉香风味的前体物质。二甲基三硫醚也在带鱼鱼糜和海水杂鱼鱼糜中被检出,并被确认为关键风味成分^[20]。

相对含量较高的醛类对熟制海水鱼糜总体气味

的特征具有重要影响。ROAV 较高的 3-甲基丁醛是一种常见的水产品挥发性风味成分,会随浓度变化而表征出清香、果香、坚果香、奶酪香和汗味,在蟹肉中能产生出类似植物的气味^[2]。己醛、戊醛、辛醛、庚醛分别具有青草味、鱼腥味、坚果香、脂肪香、果香等特征气味,(Z)-4-庚烯醛具有清香、暗香、类似亚麻油和奶油香气的特征气味。多种醛类化合物可能在熟制海水鱼糜风味的呈现中起加和作用;即使在痕量存在的条件下,醛类化合物也能与其他挥发性风味成分重叠产生风味效应^[2,16]。

2.3 挥发性风味电子鼻分析

电子鼻传感器阵列对各样品挥发性风味成分作出不同程度的响应,以数值形式表现为传感器响应

值^[21]。选用 60 s 内传感器最大响应值为特征值,绘制 4 种熟制海水鱼糜挥发性风味的传感器响应值雷达图(见图 2)。由图 2 可知,电子鼻传感器阵列对熟制铜盆鱼糜挥发性风味的响应值显著大于其他鱼糜,且响应值雷达图轮廓也有别于其他鱼糜;表明在同等检测量下,熟制铜盆鱼糜的总体风味强度最大,且完全不同于其他 3 种高值海水鱼糜。其中,传感器 2、传感器 5 等都对熟制铜盆鱼糜表现出较高的响应值。熟制白姑、金线、飞鱼鱼糜具有相似的响应值雷达图轮廓,但熟制飞鱼鱼糜在 1、4、6、14 等传感器的响应上略弱于熟制白姑、金线鱼糜,表明飞鱼鱼糜与白姑、金线鱼糜的熟制风味仍存在差异性。

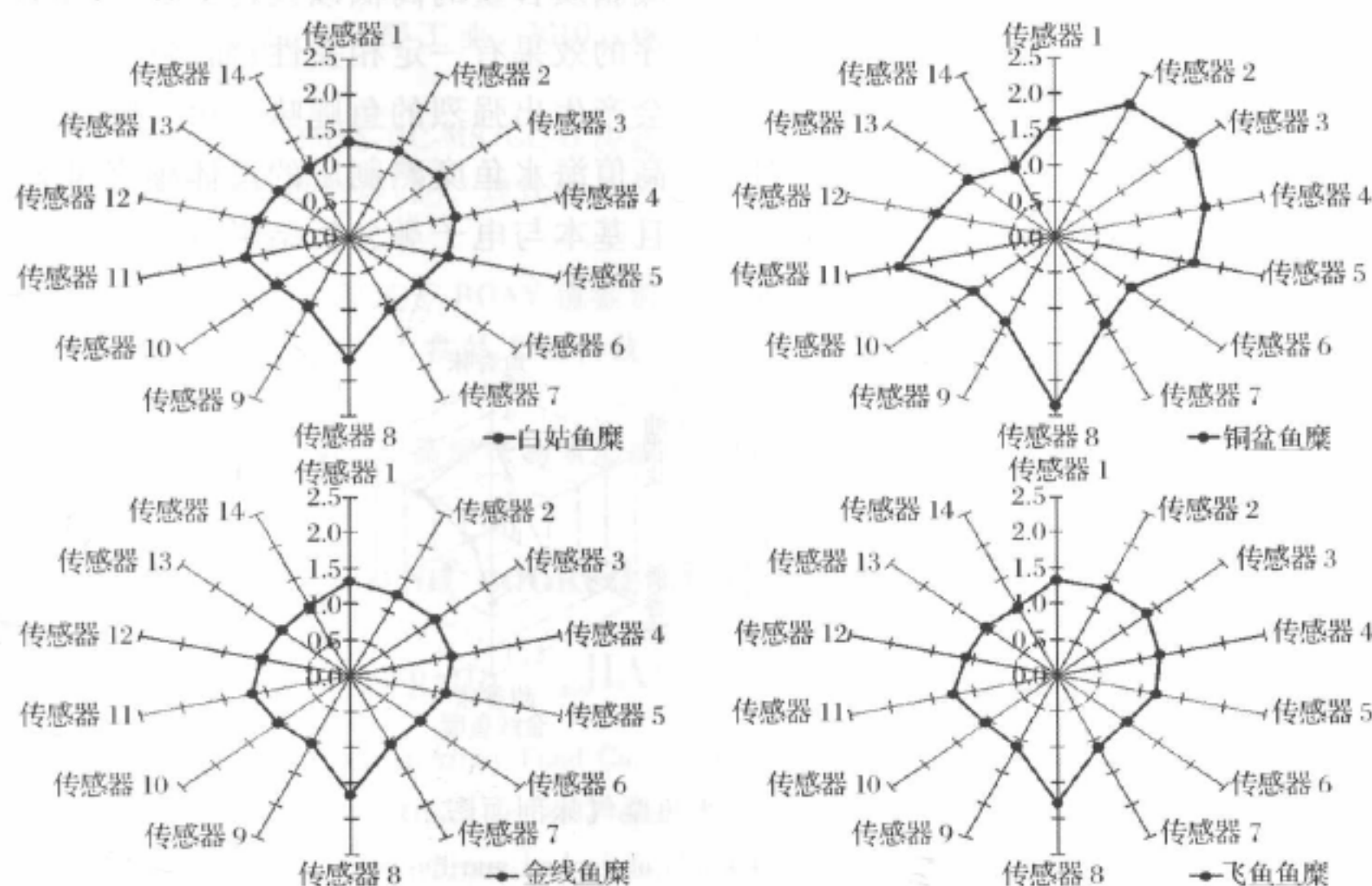


图 2 4 种熟制海水鱼糜电子鼻响应值雷达图

Fig. 2 Radar charts of 4 kinds of cooked marine surimi

注:传感器敏感成分(1:芳香族化合物,2:氮氧化合物、低分子胺类,3:硫醇、硫醚等硫化物,4:有机酸酯、萜类、醇类、酮类、酸类,5:萜类、酯类,6:烯醇类化合物,7:脂肪烃含氧衍生物类、小分子醇、醛、酮、酸、酯类,8:氨类,9:氢类,10:碳氢化合物,11:挥发性有机化合物烷类、芳烃类、烯类、卤烃类、醛类、酮类和其他类,12:硫化物,13:乙烯,14:食品烹调中的挥发性气体。

对传感器阵列的响应值进行主成分分析(PCA)和线性判别分析(LDA),结果见图 3。第一主成分的贡献率为 99.6%,第二主成分的贡献率为 0.2%,两者之和为 99.8%,表明前 2 个主成分已基本能包含原始数据信息。区分指数(DI)是电子鼻对各样品区分程度的表征值,4 种熟制鱼糜的电子鼻分析数据点范围未见重叠,且 DI 为 97.1%,表明 PCA 方法在数据点分析中能有效区分差异性。由图 3 可知,铜盆鱼糜位于第一、四象限,而白姑、金线、飞鱼鱼糜分布于第二、三象限,表明熟制铜盆鱼糜总体风味和其他 3

种熟制鱼糜有显著差异。分布于第一主成分轴左侧的 3 种高值海水鱼糜中,飞鱼鱼糜位于第二象限,而白姑、金线鱼糜近距离分布于第三象限,表明熟制白姑、铜盆鱼糜的挥发性风味具有一定相似性。传感器阵列响应值线性判别分析(LDA)结果中,其区分指数(DI)为 95.1%,白姑鱼糜和金线鱼糜距离较近,但与铜盆鱼糜和飞鱼鱼糜分别相离较远。尽管区分度略小于 PCA,但 LDA 可在一定程度上表现出 4 种熟制海水鱼糜之间气味差异的远近程度。

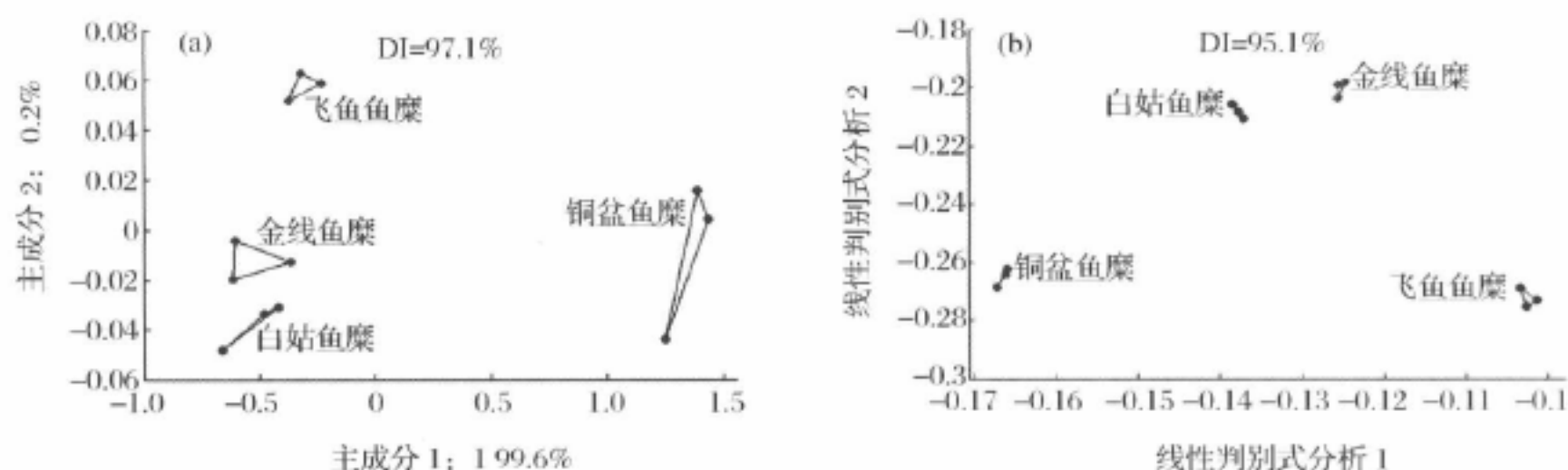


图3 四种熟制海水鱼糜的电子鼻数据主成分分析(a)和线性判别分析图(b)

Fig. 3 PCA plot and LDA plot for electronic nose data of 4 kinds of cooked marine surimi

2.4 挥发性风味感官评定

通过风味定量描述分析法对4种高值海水鱼糜熟制后的挥发性风味进行感官评价,结果见图4。从气味描述强度对比可知,熟制铜盆鱼糜的鱼香、鱼腥味均较强,还具有一定甜香、清香味;熟制飞鱼鱼糜鱼香味较弱,但鱼腥味显著强于其他3种鱼糜;熟制白姑、金线鱼糜的气味轮廓较相似,但熟制金线鱼糜的油脂味略重于熟制白姑鱼糜。白姑鱼和大黄鱼同属

于石首鱼科,以其为原料鱼加工的冷冻鱼糜熟制后具有独特的清香味。油脂味的强弱可能和原料鱼中本底脂质含量的高低以及冷冻鱼糜加工过程中漂洗工序的效果有一定相关性;而多种脂质成分的氧化产物会产生出强烈的鱼腥味。由气味感官评价可知,4种高值海水鱼糜熟制后的总体感官风味确实存在异同,且基本与电子鼻分析结果近似。

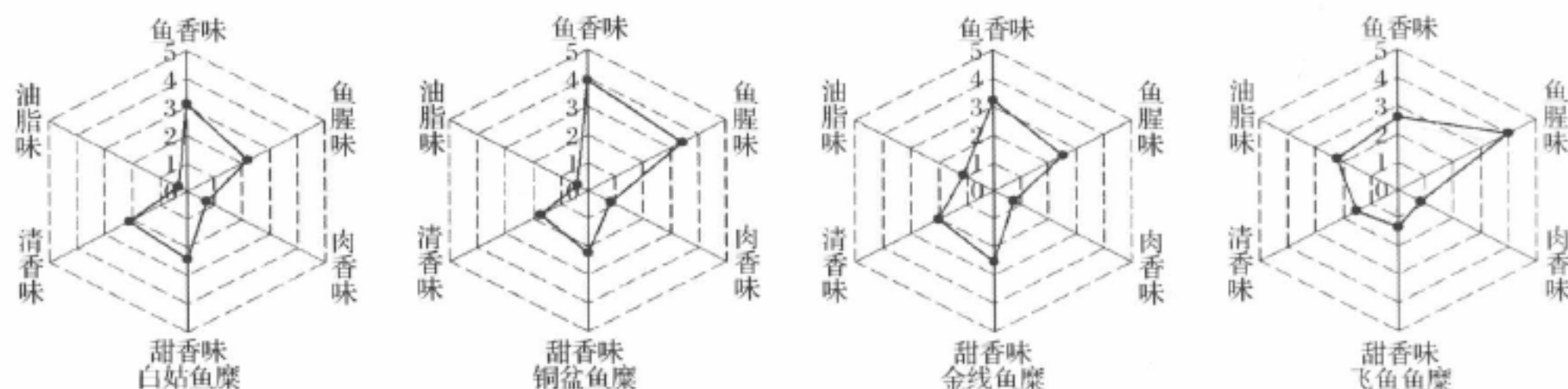


图4 4种熟制海水鱼糜气味剖面图

Fig. 4 Odor profiles of 4 kinds of cooked marine surimi

3 结论

4种熟制鱼糜的挥发性风味成分中醛类相对含量最大。3-甲基丁醛、己醛、(Z)-4-庚烯醛等醛类成分均在熟制鱼糜中被检出,且具有较高的ROAV,属于关键风味成分。熟制铜盆、金线、飞鱼鱼糜中还检出有感觉阈值极低的硫醚类成分,对熟制后总体风味同样贡献巨大。此外,水产制品挥发性风味中常见的1-戊烯-3-醇、1-辛烯-3-醇、2-乙基呋喃、2-十一酮等成分对熟制鱼糜总体风味其重要修饰作用。电子鼻传感器阵列对熟制铜盆鱼糜的响应值显著大于其他鱼糜,且响应值雷达图轮廓特异。PCA和LDA均表明白姑鱼糜和金线鱼糜的熟制风味具有相似性,但二者与铜盆鱼糜和飞鱼鱼糜的熟制风味差异显著。感官风味评价表明,熟制铜盆鱼糜的鱼香味较佳,白姑鱼

糜和金线鱼糜熟制后的气味描述强度轮廓较相似,而熟制飞鱼鱼糜油脂味和鱼腥味最强。

参考文献

- [1] 殷邦忠,王联珠,黄建联,等. 冷冻鱼糜[S]. 中华人民共和国农业部, 2014.
- [2] Shahidi F 著. 李洁,朱国斌译. 肉制品与水产品的风味[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001:117-164.
- [3] 谢安国,王金水,渠琛玲,等. 电子鼻在食品风味分析中的应用研究进展[J]. 农产品加工·学刊, 2011,9(1): 71-73, 87.
- [4] 任西营. 食品风味分析技术研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2014,24(7): 173-178.
- [5] 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.
- [6] 胡静,张凤桦,刘耀敏,等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定鳊鱼肌肉中的挥发性风味成分[J]. 食品工业科

- 技, 2013, 34(17): 313-316.
- [7] 吴薇, 顾赛麒, 陶宁萍, 等. 熟制刀鱼肉挥发性风味轮廓研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 163-166.
- [8] 吴浩, 刘源, 顾赛麒, 等. 电子鼻、电子舌分析和感官评价在鱼糜种类区分中的应用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 80-82, 338.
- [9] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲, 等. 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.
- [10] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲, 等. 腊肠主体风味物质及其分析新方法[J]. 肉类研究, 2011, 25(3): 15-20.
- [11] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 23-32; 75-101; 115-167; 184-285; 305-350.
- [12] 卢春霞, 翁丽萍, 王宏海, 等. 3种网箱养殖鱼类的主体风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 163-169.
- [13] 王锡昌, 吴娜, 顾赛麒, 等. MMSE-GC-MS/GC-O法鉴定熟制阳澄湖大闸蟹关键嗅感物质[J]. 现代食品科技, 2014, 30(4): 245-254.
- [14] 顾赛麒, 陶宁萍, 吴娜, 等. 一种基于ROAV值鉴别蟹类关键特征性风味物的方法[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 410-416.
- [15] 王国超, 李来好, 郝淑娴, 等. 水产品腥味物质形成机理及相关检测分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(5): 401-409.
- [16] 徐永霞, 刘滢, 仪淑敏, 等. 大菱鲆鱼体不同部位的挥发性成分分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(6): 236-243.
- [17] Alasalvar C, Quantick P C, Grigor J M. Aroma compounds of fresh and stored mackerel (*Scomber scombrus*) [M]. Flavor and Lipid Chemistry of Seafoods, 1997: 39-54.
- [18] Tanchotikul U, Hsieh T C-Y. Volatile flavor components in crayfish waste[J]. Journal of Food Science, 1989, 54(6): 1515-1520.
- [19] Mogens T J, Laurits L H, Henrik J A. Transfer of the meat aroma precursors (dimethyl sulfide, dimethyl disulfide and dimethyl trisulfide) from feed to cooked pork [J]. LW T-Food Science and Technology, 2002, 35(6): 485-489.
- [20] 丁浩宸, 李栋芳, 张燕平, 等. 南极磷虾肉糜对海水鱼糜制品挥发性风味成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(2): 55-64.
- [21] 王俊, 崔绍庆, 陈新伟, 等. 电子鼻传感技术与应用研究进展[J]. 农业机械学报, 2013, 44(11): 160-167, 179.

Analysis and comparison of cooked high-value sea fish surimi volatile flavor

DING Hao-chen^{1,2}, Ruan Dong-na^{1,2}, JIANG Yin-mei¹, XU Gang³, HUANG Jian-lian^{1,2}

1 (Fujian Anjoy Food Co., Ltd., Xiamen 361026, China)

2 (Key Laboratory of Quick-frozen Prepared Food of Xiamen, Xiamen 361026, China)

3 (Institute of Aquatic Products Processing, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

ABSTRACT The similarities and differences on volatile flavor of 4 kinds of cooked sea fish surimi including *A. argentatus*, *P. edita*, *N. virgatus* and *Exocoetus* were studied. The volatile components were identified by HS-SPME-GC-MS and analyzed with ROAV. Overall odor was discriminated and evaluated by electronic nose and sensory odor evaluation. The key odor components of 4 kinds of cooked surimi were mainly aldehydes and sulfoether compounds. The key odor components of cooked *P. edita* surimi included dimethyl disulfide, 3-methyl-butanal etc. The key odor components of cooked *N. virgatus* surimi and cooked *Exocoetus* surimi included dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide and other aldehydes. But sulphur compounds were absent from the volatile flavor components of cooked *A. argentatus* surimi. Electronic nose analysis indicated that the response radar chart of cooked *P. Edita* surimi was distinctive. Furthermore, the response values of sensor array to cooked *P. edita* surimi were significant higher than the other samples. Results of PCA and LDA showed that there was similarity on cooked odor between *A. argentatus* surimi and *N. virgatus* surimi. The difference between *P. edita* surimi and *Exocoetus* surimi was significant. However, sensory odor evaluation showed that cooked *P. edita* surimi had a better odor, while the fat odor and unpleasant-fishy odor in cooked *Exocoetus* surimi were stronger. The intensity profiles on odor descriptions of *A. argentatus* surimi and *N. virgatus* surimi were similar.

Key words marine surimi; volatile flavor; GC-MS; ROAV; electronic nose