

白鲢鱼糜熟制后挥发性风味的对比

陈小冬^{1,2}, 江猛¹, 王菊琳¹, 许刚^{2,4}, 黄建联^{1,2,3}, 丁浩宸^{1,3*}

(1.福建安井食品股份有限公司, 厦门 361028; 2.泰州安井食品有限公司, 泰州 225776; 3.辽宁安井食品有限公司, 鞍山 114100; 4.浙江工商大学海洋食品研究院, 杭州 310012)

摘要: 研究白鲢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, 对熟制鱼糜的挥发性成分进行鉴定; 以电子鼻和定量描述分析法对整体挥发性风味进行区分和评价。不同白鲢鱼糜熟制后挥发性风味成分的相对峰面积差异显著, 中国白鲢鱼糜醛类(34.18%~42.76%)和醇类(14.09%~19.52%)相对占比较大。1-辛烯-3-醇和壬醛、3-甲基丁醛、己醛等醛类对4种白鲢鱼糜的整体气味特征均具有主要贡献。电子鼻传感器阵列对美国白鲢鱼糜的响应值显著大于中国白鲢鱼糜。响应值雷达图轮廓对比和主成分分析均表明美国白鲢鱼糜的整体挥发性风味不同于中国白鲢鱼糜, 但3种中国白鲢鱼糜之间也存在风味强度差异。风味定量描述分析反映出美国白鲢鱼糜鱼腥味和土腥味强, 而中国白鲢鱼糜的鱼香味和肉香味优势明显。

关键词: 白鲢鱼糜; 挥发性风味物质; 固相微萃取-气相色谱-质谱; 相对气味活度值; 电子鼻
中图分类号: TS 254.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9989(2016)04-0152-09

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2016.04.030

Comparison of cooked silver carp surimi on volatile flavor

CHEN Xiao-dong^{1,2}, JIANG Meng¹, WANG Ju-lin¹, XU Gang^{2,4}, HUANG Jian-lian^{1,2,3}, DING Hao-chen^{1,3*}

(1.Fujian Anjoy Food Corp, Xiamen 361028; 2.Taizhou Anjoy Food Co., Ltd., Taizhou 225776; 3.Liaoning Anjoy Food Co., Ltd., Anshan 114100; 4.Seafood Research Institute, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012)

Abstract: The similarities and differences on volatile flavor of cooked silver carp surimi samples were researched. The volatile components were identified by HS-SPME-GC-MS and analyzed with ROAV. The overall odor was discriminated by electronic nose and evaluated by sensory odor evaluation. Cooked silver carp surimi of the two countries showed significant differences in the relative peak area of volatile flavor components. The relative proportions of aldehydes (34.18%~42.76%) and alcohols (14.09%~19.52%) of Chinese silver carp surimi samples were both higher than the American one. 1-Octen-3-ol, nonanal, 3-methyl butyraldehyde, hexanal, etc., as key odor components, were identified as key odor components owned the main contribution to the whole odor characteristic with high ROAVs. Analysis of electronic nose showed that the responses of sensor array to American surimi were significantly higher than those to Chinese. The differences on the whole odor characteristic were reflected

收稿日期: 2015-11-05

*通讯作者

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD28B05); 厦门市重大产业技术攻关项目(3502Z20121034)。

作者简介: 陈小冬(1986—), 男, 助理工程师, 研究方向为速冻调制食品加工技术。

by comparison of radar charts and principal component analysis. However, the flavor intensity also showed difference among 3 kinds of Chinese silver carp surimi samples. Quantitative descriptive analysis on the whole odor showed that the unpleasant-fishy odor and soil-smell odor were stronger in American silver carp surimi, while the Chinese silver carp surimi had beneficitation on fragrant-fishy odor and meat odor.

Key words: silver carp surimi; volatile flavor compound; solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry; relative odor activity value; electronic nose

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、磷酸盐等抗冻剂,混合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。随着中国近海渔业资源的日益衰竭,以鲜活大宗淡水鱼为原料制成的白鲢鱼糜逐渐展现其商业价值。大宗淡水鱼包括青、草、鲢、鳙、鲫、鲤、鳊7个主要品种,而在湖北则主要以白鲢鱼作为白鲢鱼糜原料^[1]。20世纪70年代,“亚洲鲤鱼”被引入美国;2010年以来,包括鲤鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼在内的8种原产亚洲的鱼类已在美国几大河流、湖区水域中大量繁殖,进而演化成生态灾难^[2-3]。将“亚洲鲤鱼”加工制成鱼肉制品是资源利用兼顾经济效益的处理方式,目前已有企业将其加工成冷冻鱼糜进行商业销售。

冷冻鱼糜作为鱼糜制品和速冻调制食品的主要原料,其熟制后挥发性风味是冷冻鱼糜凝胶强度、白度之外的重要评判指标。顶空固相微萃取-气质联用(SPME-GC-MS)是食品挥发性风味成分鉴定的重要方法,相对气味活度值(ROAV)法是食品挥发性风味中关键风味成分的简便分析方法^[4-5]。付湘晋、王建辉等^[6-7]以SPME-GC-MS对白鲢鱼肉及其他鱼体组织的挥发性成分进行了检测、鉴定。电子鼻(E-nose)和风味感官评价也是目前食品挥发性风味研究的重要方法^[8]。施文正等^[9]利用电子鼻的传感器响应值对比和主成分分析,判别不同漂洗程度草鱼鱼糜的显著性差异;吴浩等^[10]也利用电子鼻对白鲢鱼糜和海水鱼糜的挥发性风味异同点进行研究。

白鲢鱼糜作为鲜活淡水鱼的初级加工制品,其挥发性风味可能具有一定相似性,但原料鱼产区及鱼糜加工工艺均会导致其差异,目前尚无详细风味学研究。本研究以GC-MS结合ROAV对3个中国白鲢鱼糜样品和1个美国白鲢鱼糜样品的熟制后挥发性风味物质进行分析,并以电子鼻和感官定量描述法对总体风味进行识别、评定,旨在为

中美冷冻白鲢鱼糜选用及加工过程设置提供风味学理论参考。

1 材料与amp;方法

1.1 原料

中国冷冻白鲢鱼糜:中国湖北冷冻鱼糜生产企业提供,生产过程中均经过不同程度的漂洗、精滤等工序,分别简称为C-LW、C-CJH和C-HY;美国白鲢鱼糜:美国密西西比河流域冷冻鱼糜生产企业提供,生产过程未经过漂洗、精滤工序,简称为A;食盐、塑料肠衣等:市售。

1.2 主要仪器设备

自制小型斩拌机(最大刀轴转速2700 r/min)、灌肠机、U型打卡机:福建安井食品股份有限公司;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 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。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备 分别称取4种冷冻白鲢鱼糜各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。

1.3.2 挥发性风味物质分析

1.3.2.1 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。

1.3.2.2 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m/z 33~450, 电子能量70 eV, 传输线温度250 , 离子源温度250 , 检测器温度280 。

1.3.2.3 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1000)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。

1.3.2.4 ROAV评价 参照刘登勇等评价方法^[11], 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。

1.3.3 总体挥发性风味电子鼻分析 称取待测样品30 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)。

1.3.4 总体挥发性风味感官评价 由10名熟悉鱼糜风味的受训人员组成感官评价组。对4种白鲢鱼糜熟制后的总体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、肉香味、清香味、鱼腥味、土腥味、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。取对各气味描述的强度平均值进行气味剖面图绘制。

2 结果与讨论

2.1 挥发性成分相对含量

3种中国冷冻白鲢鱼糜和1种美国冷冻白鲢鱼糜熟制后挥发性成分总离子流色谱图见图1~图4。

经标准谱库检索匹配, 并以面积归一化法计算相对峰面积, 4种白鲢鱼糜挥发性风味成分及其感觉阈值^[11-12]见表1。由表1可知, 3种中国白鲢鱼糜中分别确认挥发性风味成分48、47、43种, 美国白鲢鱼糜中确认挥发性风味成分47种。鉴定

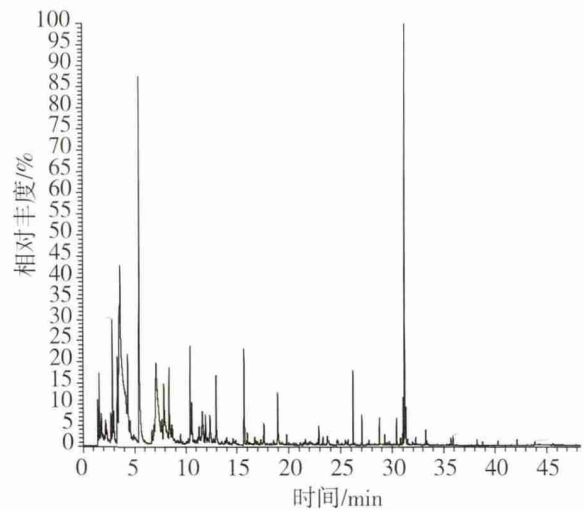


图1 白鲢鱼糜C-HY挥发性成分总离子流色谱图

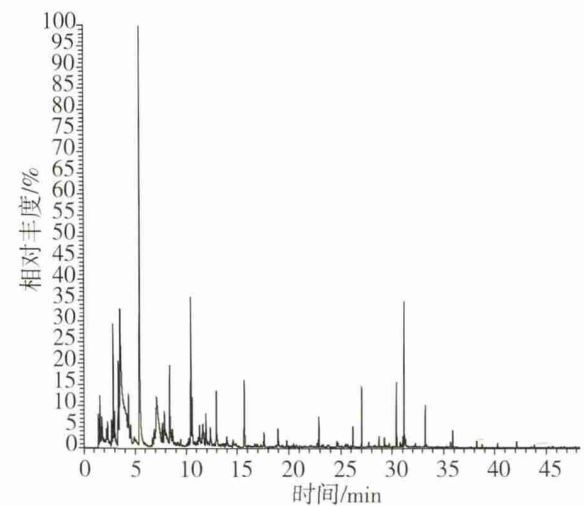


图2 白鲢鱼糜C-CJH挥发性成分总离子流色谱图

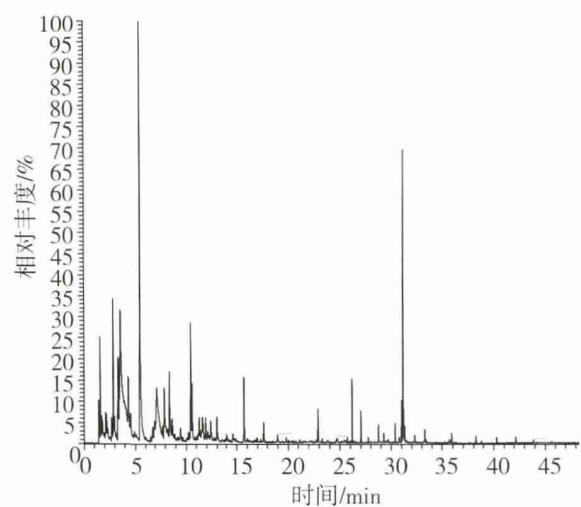


图3 白鲢鱼糜C-LW挥发性成分总离子流色谱图

所得挥发性风味成分中含多种烯烃、烷烃和芳香烃, 由于烃类化合物感觉阈值较高, 一般对食品总体风味的贡献较弱。但刘安军等^[13]对鲤鱼土腥味成分进行检测、分析获知, 苯环烃类化合物对

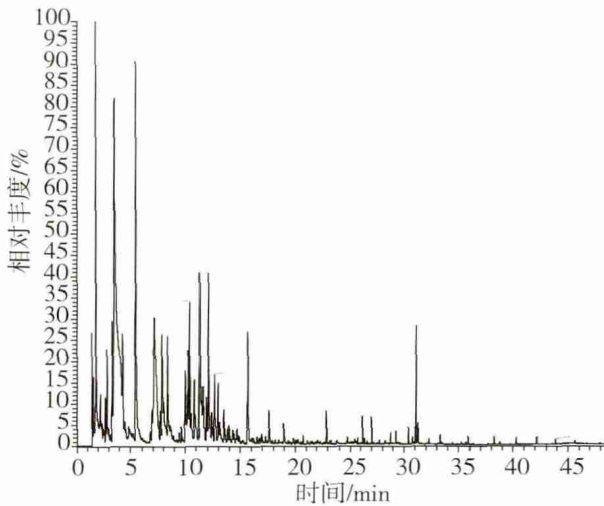


图4 白鲢鱼糜A挥发性成分总离子流色谱图

鲤鱼的土腥味作用显著。白鲢鱼糜中检出种类较多的醛类和酮类化合物能产生嗅感强烈、由愉悦到刺激的香气，醇类化合物能产生轻快、柔和的香气，均为鱼肉风味的重要贡献因素^[12]。美国白鲢鱼糜挥发性风味成分中的烃类(52.37%)、醛类(21.92%)、醇类(10.43%)相对峰面积与中国白鲢鱼糜存在显著差异。3种中国白鲢鱼糜中的醛类(34.18%~42.76%)和醇类(14.09%~19.52%)相对峰面积占比较大。江健等^[4]研究鲢鱼、鳙鱼、鲫鱼和草鱼鱼肉的挥发性风味成分，主要是由挥发性羰基化合物(醛类、酮类)和醇类组成，鲢鱼、鳙鱼、鲫鱼和草鱼鱼肉中挥发性羰基化合物和醇类的相对百分含量分别为63.33%、72.69%、76.16%和55.40%。黄国红等^[14]综合分析确认鱼糜加工过程中漂洗工序会导致鱼肉中风味前体物质(水溶性氨基酸、脂肪酸等)和呈味物质流失，因而漂洗参数(水量、水温、时间、次数)的差异会引发白鲢鱼糜挥发性风味成分在种类和相对含量上表现出差异。综上可知，羰基化合物相对含量在淡水鱼加工成白鲢鱼糜的过程中可能因漂洗工序而存在不同程度的降低。而未充分漂洗的美国白鲢鱼糜羰基化合物相对含量仍显著低于中国白鲢鱼糜，可能与美国“亚洲鲤鱼”鱼肉中本底挥发性风味成分偏少有关。

2.2 挥发性风味成分ROAV分析

分析表1熟制白鲢鱼糜相对峰面积和感觉阈值，分别确定熟制白鲢鱼糜的最大气味活度值(OAV_{max})及成分，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，将关键风味成分(ROAV = 1)和重要风味成分

表1 挥发性风味成分相对峰面积和感觉阈值

化合物名称	保留时间/min	相对峰面积/%			感觉阈值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
		中国白鲢鱼糜		美国白鲢鱼糜		
		C-LW	C-HY	C-CJH		
醛类化合物						
丁醛	2.20	0.83	0.53	0.47	0.30	9.00
3-甲基丁醛	2.72	0.96	1.09	1.13	0.94	0.20
2-甲基丁醛	2.81		0.30		0.51	1.00
戊醛	3.33	4.11	3.57	4.70	2.51	3.00
己醛	5.43	20.16	16.79	23.99	9.99	4.50
2-甲基-2-戊烯醛	6.53	0.24				-
庚醛	8.41	3.18	3.33	4.38	2.65	3.00
(Z)-4-庚烯醛	8.67	1.15	0.91	0.94		0.80
辛醛	11.90	1.24	1.56	1.91	0.99	0.50
壬醛	15.70	3.82	5.62	4.78	4.03	1.00
癸醛	19.81		0.48	0.47		0.10
醇类化合物						
乙醇	1.59	2.85	2.03			52000.00
1-戊烯-3-醇	2.87	5.98	4.86	6.23	2.09	400.00
(Z)-2-戊烯-1-醇	4.54	1.16	0.74	1.17	0.32	89.20
1-己醇	6.91	1.03	0.30	0.96		250.00
庚醇	10.24	0.63		0.63		330.00
1-辛烯-3-醇	10.45	6.04	4.67	8.70	2.97	1.00
2-乙基-1-己醇	12.10	0.50	0.41		4.64	27000.00
(E)-2-辛烯-1-醇	14.02	0.46	0.38	0.68	0.40	40.00
2,7-辛二烯-1-醇	14.62	0.57	0.39	0.46		50.00
异雪松醇	32.29	0.30	0.32			-
酮类化合物						
2-丁酮	2.26	0.60	0.52	0.39	1.04	50000.00
2-戊酮	3.20	0.08	0.09	0.10	0.13	2800.00
3-羟基-2-丁酮	4.10	0.95		0.29	0.18	55.00
螺[2.4]庚-4-酮	4.88	0.40	0.37	0.48	0.43	-
6-甲基-3-庚酮	11.18	0.30	0.27	0.47		-
2-十一酮	22.75	0.10		0.16		7.00
其他化合物						
乙胺	1.68				0.10	-
氧杂环丁烷	1.73	0.45	0.38	0.37	0.20	-
四氢呋喃	2.44				0.24	-
2-乙基呋喃	3.00	0.92	1.22	1.80	0.27	2.30
2-甲基噻吩	4.68		0.09			-
甲氧基苯基肼	7.89	3.23	3.53	2.66	4.09	-
丁酸-2-甲基丙酯	11.07	0.15		0.31		-
2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚	29.28	0.38	0.41	0.42	0.25	-
烃类化合物						
戊烷	1.56			2.54	0.99	-

续表

化合物名称	保留时间/min	相对峰面积/%				感觉阈值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)
		中国白鲢鱼糜		美国白鲢鱼糜		
		C-LW	C-HY	C-CJH		
己烷	1.79	0.95	1.39	1.37	23.69	-
三氯甲烷	2.33	0.60		1.19		-
2-辛烯	3.94		0.11	0.20		-
甲苯	4.33	3.12	4.11	3.30	2.86	-
1,3-辛二烯	5.08	0.10	0.08	0.08		-
乙苯	6.75	0.87	0.70	0.51	0.33	-
对二甲苯	6.95		0.48		0.80	-
2,7,10-三甲基十二烷	9.46	0.86				-
对乙基甲苯	10.03				2.38	-
1,3,5-三甲基苯	10.28				2.15	-
3,5,5-三甲基-2-己烯	10.60	2.74	2.09	2.68	0.42	-
邻乙基甲苯	10.85				2.76	-
4-甲基十二烷	11.01	0.19				-
1,2,4-三甲基苯	11.28	1.23	0.80	1.36	5.13	-
(S)-苜烯	11.48				0.14	-
1,2,5-三甲基苯	12.64				2.86	-
1-甲基-2-丙基苯	13.15				0.41	-
1,4-二甲基-2-乙基苯	13.53				1.14	-
丙基环戊烷	13.85		0.19			-
2-乙基-1,3-二甲基苯	14.3				0.48	-
1-乙基-2,4-二甲基苯	14.7				0.90	-
十二烷	16.02	0.22	0.69			-
1-甲基-2-异丙基苯	16.52				0.25	-
异丙基苯	16.94				0.36	-
萘	21.10	0.17	0.18	0.10	0.13	60.00
十四烷	23.32	0.18	0.34			-
十五烷	26.18	2.38	2.64	0.97	0.60	-
十六烷	28.76	0.63	0.96	0.46	0.23	-
姥鲛烷	30.78	0.34	0.42	0.33		-
8-十七碳烯	31.03	1.79	2.09	0.57	0.35	-
十七烷	31.18	12.85	18.14	6.55	2.63	-
1-十九碳烯	31.32	0.46	0.99	0.22	0.39	-
二十四烷	33.39		0.13			-

注：相对峰面积以平均值表示(n=3)，“-”表示未查到该化合物感觉阈值。

(0.1 ROAV < 1)分别列于表2。

醇类风味成分中，饱和醇类感觉阈值高，对食品总体风味贡献率较小；不饱和醇类感觉阈值低且具有蘑菇气味和类似金属气味，对食品总体风味贡献率较大。1-辛烯-3-醇由亚油酸氢过氧

化物降解形成，且在鲢鱼、草鱼等多种淡水鱼中均有检出，具有蘑菇味和土腥、土霉味^[7]。1-辛烯-3-醇在4种白鲢鱼糜挥发性风味成分中所占的相对峰面积均较大，在C-LW和C-CJH中具有最大气味活度值，在C-HY和A中也属于ROAV较大的关键风味成分。王锡昌等^[15]在白鲢鱼肉中检出的1-辛烯-3-醇百分含量为挥发性风味成分的18.95%，付湘晋等^[6]研究认为1-辛烯-3-醇是新鲜白鲢鱼肉中最具有风味活性的挥发性物质之一。此外，(E)-2-辛烯-1-醇、(Z)-2-戊烯-1-醇、1-戊烯-3-醇和2,7-辛二烯-1-醇等不饱和醇类在白鲢鱼糜中属于重要风味成分，其中1-戊烯-3-醇具有鱼腥味，(E)-2-辛烯-1-醇具有泥土味^[7,16]。Iglesias^[17]等研究认为1-戊烯-3-醇和1-辛烯-3-醇的含量水平与鱼肉脂肪氧化程度有关。因此，不同白鲢鱼糜中不饱和醇类对总体风味贡献的差异可能来源于中美原料淡水鱼的鱼肉脂肪含量差异和鱼肉鲜度指标差异，也可能受鱼糜加工过程中脂肪氧化程度的影响。

醛类风味成分中，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，3-甲基丁醛会随浓度变化而表征出清香、果香、坚果香、奶酪香和汗味，(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。壬醛、3-甲基丁醛、己醛、癸醛等醛类是4种白鲢鱼糜共有的关键风味成分，且ROAV > 10，对熟制白鲢鱼糜总体气味的特征具有重要影响。周益奇等^[18]研究认为己醛、庚醛、E,E-2,4-癸二烯醛是鲤鱼中鱼腥味的主要风味成分，付湘晋等^[9]研究认为E,E-2,4-庚二烯醛和己醛分别能引起白鲢鱼的鱼腥味和青草味，并共同形成白鲢鱼特有的风味。此外，E,E-2,4-癸二烯醛、E-2-癸烯醛、E,E-2,4-庚二烯醛等烯醛类成分通常被认为是淡水鱼肉制品的腥味成分，在本研究中可能因相对峰面积较小等因素未获得鉴定，但多种醛类化合物可能在风味体现中呈加和作用，在痕量水平下也能与其他挥发性风味成分重叠产生风味效应^[12]。

重要风味成分对熟制白鲢鱼糜的整体风味现场也有重要影响。酮类主要由不饱和脂肪酸经氧化、降解生成，感觉阈值较高且在新鲜鱼肉中相对含量较少，但能对总体风味组成中的腥味物质起到增幅作用。4种白鲢鱼糜样品中检出并确定为重要风味成分的2-十一酮对鲢鱼和大菱鲆风味提

表2 白鲢鱼糜挥发性风味成分相对气味活度值

风味成分	中国白鲢鱼糜						美国白鲢鱼糜 A	
	C-LW		C-HY		C-CJH		化合物名称	ROAV
	化合物名称	ROAV	化合物名称	ROAV	化合物名称	ROAV	化合物名称	ROAV
关键风味成分 (ROAV > 1)	1-辛烯-3-醇	100.00	壬醛	100.00	1-辛烯-3-醇	100.00	3-甲基丁醛	100.00
	3-甲基丁醛	79.25	3-甲基丁醛	96.93	3-甲基丁醛	64.77	壬醛	86.11
	己醛	74.18	癸醛	85.40	己醛	61.24	1-辛烯-3-醇	63.34
	壬醛	63.23	1-辛烯-3-醇	83.11	壬醛	54.88	己醛	47.44
	辛醛	29.35	己醛	66.41	癸醛	54.46	辛醛	30.34
	(Z)-4-庚烯醛	23.82	辛醛	39.76	辛醛	31.33	庚醛	18.85
	戊醛	22.69	戊醛	21.16	戊醛	18.00	戊醛	17.90
	庚醛	17.53	(Z)-4-庚烯醛	20.27	庚醛	16.76	2-甲基丁醛	10.89
	2-乙基呋喃	6.60	庚醛	19.76	(Z)-4-庚烯醛	13.53	2-乙基呋喃	2.55
	丁醛	1.53	2-乙基呋喃	9.45	2-乙基呋喃	9.01		
		2-甲基丁醛	5.39					
		丁醛	1.05					
重要风味成分 (0.1 < ROAV < 1)	3-羟基-2-丁酮	0.29	1-戊烯-3-醇	0.22	丁醛	0.60	丁醛	0.70
	1-戊烯-3-醇	0.25	(E)-2-辛烯-1-醇	0.17	2-十一酮	0.26	(E)-2-辛烯-1-醇	0.21
	2-十一酮	0.23	(Z)-2-戊烯-1-醇	0.15	(E)-2-辛烯-1-醇	0.20	1-戊烯-3-醇	0.11
	(Z)-2-戊烯-1-醇	0.22	2,7-辛二烯-1-醇	0.14	1-戊烯-3-醇	0.18		
	(E)-2-辛烯-1-醇	0.19			(Z)-2-戊烯-1-醇	0.15		
	2,7-辛二烯-1-醇	0.19			2,7-辛二烯-1-醇	0.11		

供一定的果香风味^[19]。

2.3 电子鼻分析总体挥发性风味

电子鼻传感器阵列对各白鲢鱼糜样品挥发性风味成分作出不同强度的响应，以数值形式表现

为传感器响应值。选用60 s内传感器最大响应值为特征值，绘制白鲢鱼糜熟制样品挥发性风味的传感器响应值雷达图，各白鲢鱼糜样品的传感器最大响应值均达0.5以上。其中，传感器1、8、12等

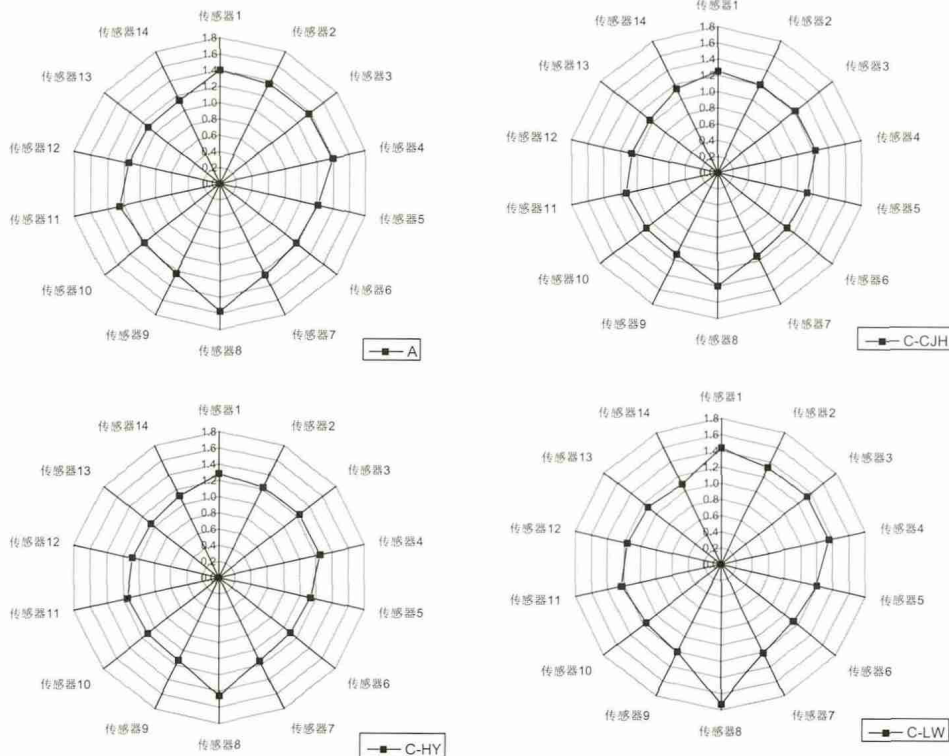


图5 熟制白鲢鱼糜电子鼻响应值雷达图

对C-LW表现出最高的响应值，传感器2、3、4、9等对熟制美国白鲢鱼糜表现出最高的响应值，各传感器对C-HY和C-CJH的响应值都较低。对比图5所示熟制冷冻鱼糜挥发性风味的响应值雷达图轮廓，C-LW的雷达图轮廓略有别于其他2种中国白鲢鱼糜，美国白鲢鱼糜传感器响应值显著大于C-HY和C-CJH。施文正等^[9]以电子鼻分析获知漂洗能减小鱼糜风味的挥发量，但经2道漂洗和3道漂洗的鱼糜风味挥发量差异很小。对比分析可知，在同等检测量下，不同熟制白鲢鱼糜的总体风味强度存在差异性，其差异性可能由鱼糜原料鱼中美产地差异和加工漂洗充分程度差异所引起。

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)，PCA可从多元变量中获得最大贡献率因子，二维散点图结果见图6。第一主成分(PC1)的贡献率为89.2%，第二主成分(PC2)的贡献率为9.4%，两者之和为98.6%，表明PCA适用于熟制白鲢鱼糜挥发性成分分析，且前2个主成分已基本包含原始数据信息，能充分反映电子鼻原始高维矩阵。区分指数(DI)是电子鼻对各样品区分程度的表征值，通过计算每个组和各个组间的表面积获得。熟制白鲢鱼糜的电子鼻分析数据点范

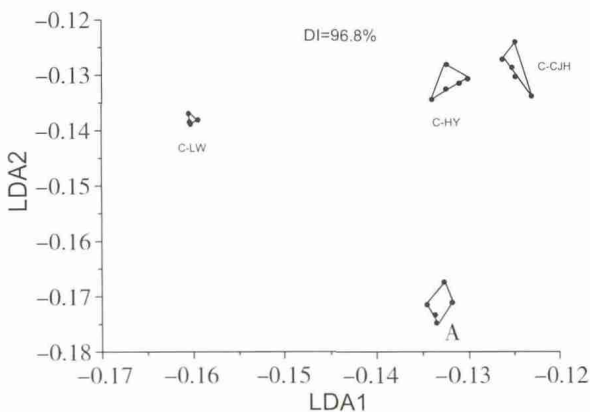
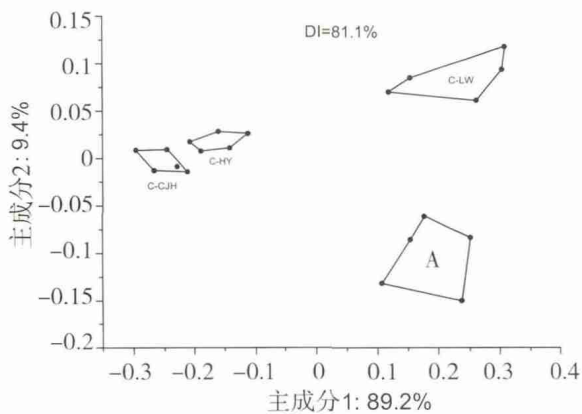
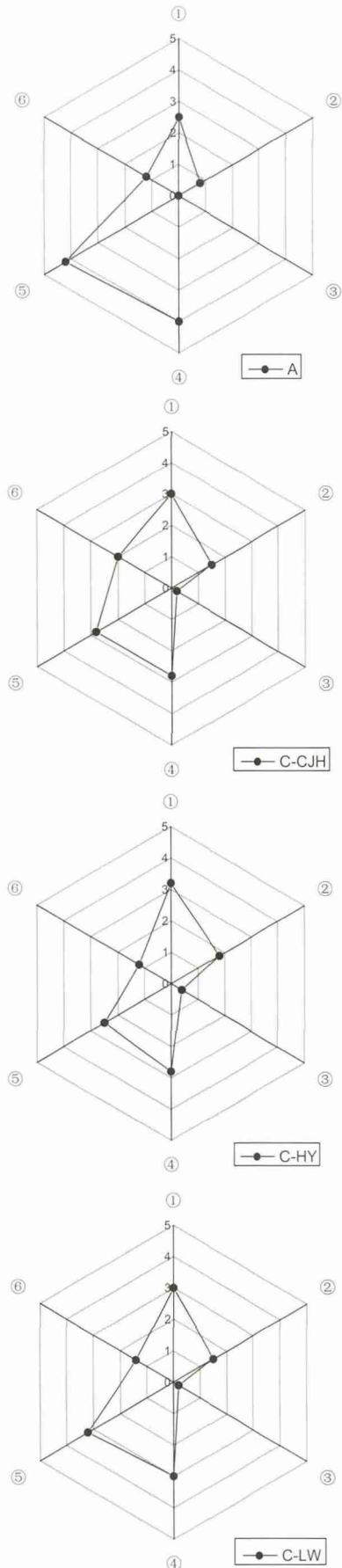


图6 熟制白鲢鱼糜电子鼻数据主成分分析和线性判别分析图



注：(1)鱼香味，(2)肉香味，(3)清香味，(4)鱼腥味，(5)土腥味，(6)油脂味。

图7 熟制白鲢鱼糜气味剖面图



围未见重叠, DI为81.1%, 可见4种熟制白鲢鱼糜的挥发性风味确有差异。但由4种白鲢鱼糜挥发性成分响应值两两之间的距离可知, C-HY和C-CJH挥发性风味差异微小, 但其二者与C-LW和美国白鲢鱼糜之间均存在一定差异。熟制白鲢鱼糜电子鼻数据LDA分析可知, 不同白鲢鱼糜样品区域具有较好的变化趋势且互不重叠, 说明LDA同样能有效区分不同熟制白鲢鱼糜的挥发性风味。此外, 电子鼻采集和软件分析形成的数据点区域分布显示, C-HY和C-CJH的数据点分布距离较近, 而C-LW和美国白鲢鱼糜之间的数据点分布距离较大, 这与传感器阵列的响应值PCA结果和雷达图轮廓对比结果相一致。

2.4 感官评定总体挥发性风味

以风味定量描述分析法对中美白鲢鱼糜的熟制后挥发性风味进行感官评价, 气味剖面分析结果见图7。对比熟制鱼糜在负面感官气味上的气味描述强度, 美国白鲢鱼糜的鱼腥味和土腥味最强, 3种中国白鲢鱼糜中C-LW的鱼腥味和土腥味较强; 但4种白鲢鱼糜的油脂味强度均不大。伍瑞祥等^[20]分析认为淡水鱼类的土腥味是由蓝绿藻、放线菌等水体微生物的代谢产物(如反-1,10-二甲基-反-9-萘烷醇和2-甲基异冰片)引起。尽管感官评定证明白鲢鱼糜中存在呈土腥味、土霉味的风味成分, 但4种白鲢鱼糜以SPME-GC-MS均未能鉴定出此类低阈值痕量成分。油脂味强度与淡水鱼原料中的本底脂质含量高低以及冷冻鱼糜加工过程中漂洗充足程度有相关性; 而多种脂质成分的氧化产物会产生出强烈的鱼腥味。对比熟制鱼糜在正面感官气味上的气味描述强度, 中国白鲢鱼糜熟化后的鱼香味和肉香味显著优于美国白鲢鱼糜。由气味感官评价可知, 白鲢鱼糜熟制后的总体感官风味确实存在差异, 且样品区分结果与电子鼻分析结果近似。

3 结论

中美白鲢鱼糜熟制后挥发性风味成分相对峰面积差异显著, 中国白鲢鱼糜醛类(34.18%~42.76%)和醇类(14.09%~19.52%)相对峰面积占比较大。1-辛烯-3-醇在C-LW和C-CJH中具有最大气味活度值, 在C-HY和A中也属于ROAV较大的关键风味成分。壬醛、3-甲基丁醛、己醛等醛类对4种白鲢鱼糜的总体气味特征均具有主要贡献。电子鼻分析表明, 传感器阵列对美国白鲢

鱼糜的响应值显著大于中国白鲢鱼糜, 3种中国白鲢鱼糜中C-LW的响应值雷达图轮廓略有别于C-HY和C-CJH。PCA和LDA均表明中美白鲢鱼糜挥发性风味确有差异, 且由响应值两两之间的距离可知仅C-HY和C-CJH之间挥发性风味差异相对较小。风味定量描述分析反映出中美白鲢鱼糜之间的整体风味差异主要在于美国白鲢鱼糜的鱼腥味和土腥味最强, 而中国白鲢鱼糜鱼香味和肉香味显著优于美国白鲢鱼糜。

参考文献:

- [1] 张屹环, 夏文水. 大宗白鲢鱼糜凝胶性质比较研究[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(6): 654-660
- [2] Rogowski D L. Contaminant concentrations in Asian carps, invasive species in the Mississippi and Illinois Rivers[J]. Environmental Monitoring and Assessment: An International Journal, 2009, 157(1/4): 211-222
- [3] Wittmann M E, Cooke R M, Rothlisberger J D, et al. Using Structured Expert Judgment to Assess Invasive Species Prevention: Asian Carp and the Mississippi-Great Lakes Hydrologic Connection[J]. Environmental Science and Technology, 2014, 48(4): 2150-2156
- [4] 江健, 王锡昌, 陈西瑶, 等. 顶空固相微萃取与GC-MS联用法分析淡水鱼肉气味成分[J]. 现代食品科技, 2006, 22(2): 219-222
- [5] Cheng H, Qin Z H, Guo X F, et al. Geographical origin identification of propolis using GC-MS and electronic nose combined with principal component analysis[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 813-822
- [6] 付湘晋, 党亚丽, 许时婴, 等. 采用GC-MS结合嗅闻分析鉴定白鲢鱼风味活性物质[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(12): 159-162
- [7] 王建辉, 杨晶, 刘永乐, 等. 不同贮藏条件下草鱼肌肉挥发性成分的变化分析[J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 297-303
- [8] Louf A, Coradeschi S, Mani G M, et al. Electronic noses for food quality: a review[J]. Journal of Food Eng, 2015, 144: 103-111
- [9] 施文正, 汪之和, 朱耀周, 等. 漂洗过程中草鱼鱼糜挥发性成分变化的研究[J]. 食品工业科技, 2009, (12): 376-379
- [10] 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
- [11] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲, 等. 确定食品关键风味成分的一种新方法: “ROAV”法[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 370-374
- [12] Shahidi F. Flavor of Meat and Meat Products. Glasgow, UK: Chapman & Hall, 1994: 117-164
- [13] 刘安军, 褚兰玲, 郑婕, 等. 鲤鱼土腥味成分的检测与去除[J]. 现代食品科技, 2011, 27(2): 219-223

- [14] 黄国宏,沈要林.鱼糜加工过程中凝胶性能的影响因素研究进展[J].现代食品科技,2007,23(1):107-110
- [15] 王锡昌,陈俊卿.顶空固相微萃取与气质联用法分析鲢鱼肉中风味成分[J].上海水产大学学报,2005,14(2):176-180
- [16] Benzo M, Gilardoni G, Ndini C, et al. Determination of the threshold odor concentration of main odorants in essential oils using gas chromatography-olfactometry incremental dilution technique[J]. Journal of Chromatography A,2007,1150:131-135
- [17] Iglesias J, Medina I. Solid-phase microextraction method for the determination of volatile compounds associated to oxidation of fish muscle[J]. Journal of Chromatography A,2008,1192(1):9-16
- [18] 周益奇,王子健.鲤鱼体中鱼腥味物质的提取和鉴定[J].分析化学,2006,34(9):165-167
- [19] Turchini G M, Mentasti T, Capfino F, et al. Effects of dietary lipid sources on flavour volatile compounds of brown trout (*Salmo trutta* L) fillet[J]. Journal of Applied Ichthyology,2004,20:71-75
- [20] 伍瑞祥,吴涛.淡水鱼土腥味物质及脱腥技术研究进展[J].长江大学学报(自然科学版),2011,8(10):253-256

食事传递

Food Int



中食展荣誉省甘肃： 绿色食品尽显“丝路”魅力

甘肃省与中食展有着丰富的合作经验，甘肃展团的身影曾多次出现在中食展上，在酒馆更是炙手可热。2016年，甘肃省更将作为SIALChina中食展的荣誉省鼎力加盟，中国国际贸易促进委员会甘肃省委员会（简称甘肃贸促会）将作为本届中食展的荣誉合作方，携省内的知名葡萄酒企业、肉类企业和绿色有机农产品生产企业共计20余家一道组成甘肃展团亮相2016SIALChina中食展，一展甘肃在葡萄酒产业、绿色农业、清真食品、特色水产品等多个食品领域上的优势，为中食展增加更多来自大西北的优质展品。

目前，甘肃已建成涉及地方特色产品的“全国绿色食品原料标准化生产基地”11个，生产总量155万吨，示范面积176万亩。兰州百合、平凉苹果、定西马铃薯、陇南橄榄油、酒泉鲜洋葱、张掖脱水菜、甘南牦牛肉、河西走廊葡萄酒和黄羊河流域甜玉米等一批具有浓郁地方特色的绿色有机食品迅速

进入国内外市场，进一步巩固了在高端绿色食品市场的领先地位。截至2015年底，全省共有食品生产企业2000余家，绿色食品产品数量由2010年的100多个增加到621个，位居全国第八位、西北首位；绿色食品认证数量每年以100个的速度增加，其中有机食品产品总数已达95个，食品总量接近300万吨，远销北美、欧洲、东南亚等地区。2015年，全省绿色有机食品出口量达3.03万吨，出口额达2542万美元，绿色食品成为甘肃企业提质增效的重要“砝码”。

“十三五”期间，甘肃省将力争继续保持每年发展100个绿色有机食品产品的增幅，到2020年，产品总数突破1000个，新增全国绿色食品原料标准化生产基地20个。同时，积极培育完善绿色食品营销体系，通过设立甘肃省绿色食品交易中心，组织参加国内外食品博览会活动等，不断推动全省绿色食品稳步开拓国际市场，整体进入全国主流超市，全面提升市场占有率。