

养殖场采样

及市售草鱼肉气味成分的比较

王 璐,王锡昌*,刘 源

(上海海洋大学食品学院,上海 201306)

摘 要:以市售及养殖场采样的草鱼为原料,并与市售草鱼作对照,探究了池塘养殖饲料和生活环境对草鱼肉气味成分的影响。用电子鼻对两种草鱼背肉、腹肉的气味进行检测,并采用聚二甲基硅氧烷-二乙烯苯(PDMS/DVB)涂层的固相微萃取头萃取草鱼的挥发性成分,结合气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)进行分离鉴定。结果表明,电子鼻能判别出养殖场采样草鱼与市售草鱼肉气味之间的差异。养殖场采样草鱼以及市售草鱼背肉、腹肉分别鉴定出27种、22种、44种及42种挥发性成分,均以挥发性羰基化合物和醇类为主,两者的相对百分含量分别为91.60%、98.35%及88.38%、74.88%。但养殖场采样草鱼的己醛、(E)-2-辛烯-1-醇含量高于市售草鱼,这两种成分一般分别表现为青草味和泥土味。因此可以认定,这种气味差异与草鱼在养殖中的生活环境及饲养条件有关。

关键词:草鱼,市售,养殖场,挥发性成分,电子鼻,气-质联用仪

Comparison of the odors in grass carp meat from fish farm and market

WANG Lu, WANG Xi-Chang*, LIU Yuan

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: By grass carp from market as comparison, the impact of raising conditions and living environment on the odors in grass carp meat was investigated. The dorsal meat and belly meat of grass carp were firstly identified by electronic nose. Then, a method for the determination of odors from grass carp using head space solid phase micro-extraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was presented. The SPME fiber was coated with polydimethylsiloxane-di-vinylbenzene (PDMS/DVB). The results showed that electronic nose could discriminate grass carp meat from fish farm and market. There were 27, 22, 44 and 42 kinds of volatile compounds in dorsal meat, belly meat of grass carp from fish farm and market, respectively. Among these compounds, most of them were volatile carbonyl compounds and alcohols, the respective relative contents were 91.60%, 98.35%, 88.38% and 74.88%. The relative contents of hexanal and (E)-2-octen-1-ol in grass carp meat from fish farm were greater than that in grass carp meat from market, the odors of hexanal and (E)-2-octen-1-ol showed grassy, earthy and muddy. The odors of grass carp meat from market and fish farm were different. It could speculate that the difference was related to the living environment and raising conditions.

Key words: grass carp; market; fish farm; volatile components; electronic nose; GC-MS

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)05-0076-05

当前我国淡水养殖产量达千万吨的草、鲢、鳙大宗鱼类,是广大消费者一日三餐膳食的主要优质蛋白质源。近来随着有关先进风味测定技术的发展,对影响这几种鱼风味成分的检测及控制研究有了一个好的开端。本研究以市售及养殖场采样草鱼背肉(轴上肌, Epaxial muscle)、腹肉(轴下肌, Hypaxial muscle)的气味成分为对象,用电子鼻(Electronic

nose, EN)对其进行检测判别,并采用涂有聚二甲基硅氧烷-二乙烯苯(PDMS/DVB)涂层的固相微萃取头萃取草鱼的挥发性成分,结合气-质联用仪(GC-MS)进行分析,并以市售草鱼气味为对照,对池塘养殖草鱼的气味成分与饲养及生活环境的关系作了初步考察,旨在为探明养殖草鱼体异味的来源,提高鱼肉品质提供可参考的依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

试样 上海新芦苑集贸市场购买、上海东海农场捕获的活草鱼,体重均为4~5斤,急杀后去头和鳞,分别取鱼背肉、鱼腹肉2个部位,分装于小包装袋中,在-20℃下冻藏,待用。

收稿日期:2009-08-04 *通讯联系人

作者简介:王璐(1984-),女,硕士研究生,研究方向:水产品加工与贮藏。

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重大项目课题(2008BAD94B09); 2007年度高等学校博士点基金课题(20070264003)。

电子鼻 FOX4000, 法国 Alpha MOS 公司; 固相微萃取装置 手动进样手柄、萃取头(聚二甲基硅氧烷/二乙烯苯(PDMS/DVB), 涂层厚度 65 μ m, 美国 Supelco 公司; 气质联用仪 6890-5975B, 美国 Agilent 质谱公司。

1.2 样品处理方法

1.2.1 电子鼻法 分别准确称取经搅碎的草鱼背肉、腹肉 2.5g, 置于 10mL 进样瓶中。

1.2.2 顶空-固相微萃取(HS-SPME)法 分别准确称取经搅碎的草鱼背肉及腹肉 2.5g, 加 2.5mL 0.18g/mL 氯化钠溶液, 匀浆后置于含有微型搅拌子的 15mL 顶空瓶中。

1.3 实验条件

1.3.1 电子鼻条件 样品温度 4.0 $^{\circ}$ C, 清洗时间 120s, 测样时间 600s。载气: 合成干燥空气; 流速: 150mL/min。顶空产生参数: 产生时间: 600s; 产生温度: 40 $^{\circ}$ C; 搅动速度: 500r/min。顶空注射参数: 注射体积: 2500 μ L; 注射速度: 2500 μ L/s; 注射针总体积: 2.5mL; 注射针温度: 50 $^{\circ}$ C。获取参数: 获取时间: 120s; 延滞时间: 600s。

1.3.2 顶空-固相微萃取条件 采用 65 μ m PDMS/DVB 萃取头, 萃取温度 45 $^{\circ}$ C, 萃取时间 40min, 磁力搅拌, 选用中速档(500~700r/min), 解吸时间 5min, 解吸温度 250 $^{\circ}$ C。

1.3.3 色谱条件 色谱柱: DB-35 弹性毛细管柱(30m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.25 μ m); 程序升温: 柱初温 40 $^{\circ}$ C, 保持 3min, 以 4 $^{\circ}$ C/min 升至 160 $^{\circ}$ C, 保持 2min, 以 8 $^{\circ}$ C/min 升至 230 $^{\circ}$ C, 保持 10min; 进样口温度 250 $^{\circ}$ C; 载气(He)流量 1.0mL/min; 不分流模式进样。

1.3.4 质谱条件 传输线温度 280 $^{\circ}$ C; 离子源温度 230 $^{\circ}$ C; 四极杆温度 150 $^{\circ}$ C; 电子能量 70eV; 质量扫描范围 m/z: 35~350。

1.4 数据处理

对于电子鼻测定数据, 采用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)进行了分析。GC-MS 数据由 Xcalibur 软件系统完成。采用 NIST 和 Wiley 谱库, 对挥发性成分进行确认定性, 且仅当正反匹配度均大于 800(最大值为 1000)的鉴定结果才予以报道。并通过 Excel 数据处理系统, 按面积归一化法求得各化学成分在草鱼不同部位气味物质中的相对百分含量。

2 结果与讨论

2.1 EN 法判别养殖场采样与市售草鱼气味的显著性差异

2.1.1 养殖场采样及市售草鱼背肉、腹肉电子鼻响应的分析 图 1 可以反映出, 养殖场采样草鱼与市售草鱼鱼肉之间存在一定区别, 但直接通过柱状图对市售与养殖场采样草鱼鱼肉进行区分准确性较差, 需要用统计方法进行处理, 本文使用主成分分析(PCA)统计方法对电子鼻采集的数据进行了分析。

2.1.2 养殖场采样及市售草鱼背肉、腹肉主成分分析 图 2 为利用 PCA 方法对养殖场采样及市售草鱼肉的数据进行分析的 3D 图。从图中可以看出, 市售

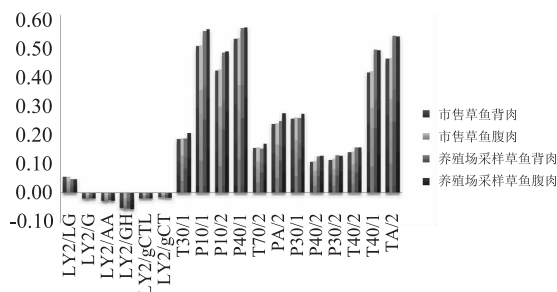


图 1 市售及养殖场采样草鱼背肉、腹肉电子鼻数据

草鱼背肉和腹肉间 PCA 分析结果重叠程度较大, 而养殖场采样草鱼背肉和腹肉的重叠程度较小, 这说明养殖场采样草鱼背肉与腹肉之间存在一定的差异, 而用 PCA 分析法无法将市售草鱼背肉与腹肉区分开。此外, 养殖场采样草鱼肉聚集的区域与市售草鱼有所差异, 这说明电子鼻可以将养殖场采样与市售草鱼肉进行区分。

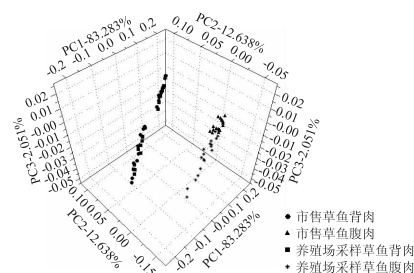


图 2 市售及养殖场采样草鱼背肉、腹肉的 PCA 分析结果

2.2 HS-SPME 法萃取挥发性物质分析

为了明确以上两者之间存在的差异, 本文采用顶空-固相微萃取技术提取草鱼肉的挥发性成分, 结合 GC-MS 分析, 进一步探究养殖场采样与市售草鱼肉之间的差异。

2.2.1 养殖场采样及市售草鱼背肉、腹肉的 GC-MS 总离子峰图 养殖场采样及市售草鱼背肉、腹肉挥发性成分的 GC-MS 色谱图如图 3 所示。经 NIST 图库检索以及文献参考确认, 养殖场采样草鱼背肉、腹肉鉴定 27 种、22 种挥发性物质, 其中醛类 7 种、7 种, 醇类 7 种、7 种, 酮类 4 种、3 种, 酯类 1 种, 烃类 4 种、2 种, 芳香类 2 种、1 种以及其它化合物 2 种、2 种。市售草鱼背肉、腹肉分别鉴定 44 种、42 种挥发性物质, 其中醛类 9 种、7 种, 醇类 11 种、12 种, 酮类 8 种、5 种, 烃类 6 种、6 种, 芳香类 6 种、8 种以及其它化合物 4 种、4 种。

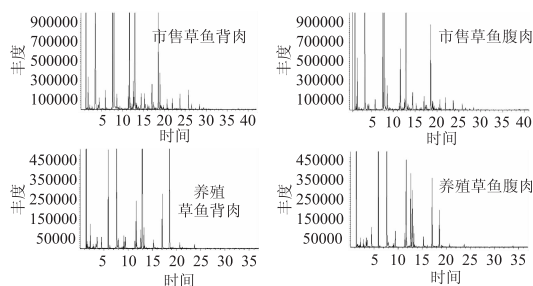


图 3 市售及养殖场采样草鱼背肉、腹肉挥发性成分总离子峰图

2.2.2 养殖场采样及市售草鱼背肉、腹肉挥发性成分的鉴定 一般认为新鲜鱼肉的气味成分多由挥发

性羰基化合物和醇类组成的^[1],挥发性羰基化合物所产生的多为原生的、浓郁的香味,而挥发性醇类所产生的为品质较为柔和的气味^[2-3]。从表1中可看出,养殖场采样及市售草鱼肉的羰基类和醇类化合物分别占了总挥发性物质的91.60%、98.35%及88.38%、74.88%。这与前人研究的鱼肉中气味成分组成基本一致^[3-6]。

从分子量范围来看,大部分物质处于100~230MW,但仍然存在有少量低于90的小分子量挥发性物质。这是因为实验中对样品的前处理,未参考前人的处理方法^[7-8],即将经加热以后蒸馏出的馏分作为研究对象,而是将未加热的鱼肉搅碎、匀浆置于顶空瓶中,以图尽可能地减少一些小分子量挥发性成分的损失。由表1可知,1-己醇、1-辛烯-3-醇及2,5-辛二酮是市售草鱼背肉中主要的挥发性化

物,1-己醇、1-辛烯-3-醇及壬醛是市售草鱼腹肉中主要的挥发性化合物,1-己醇、(E)-2-辛烯-1-醇、己醛、壬醛及2,5-辛二酮是养殖场采样草鱼背肉、腹肉中主要的挥发性化合物。

2.2.3 养殖场采样及市售草鱼肉的组分比较

2.2.3.1 醛类化合物 在养殖场采样及市售草鱼肉中,挥发性醛类化合物的相对百分含量存在明显差异。在市售草鱼的背肉、腹肉中,醛类化合物相对百分含量仅分别占了12.63%、16.56%,而在养殖场采样草鱼背肉、腹肉中,则分别占了45.54%、36.04%。市售草鱼背肉中的醛类以己醛、壬醛居多,腹肉中以己醛、壬醛和癸醛为主,而养殖场采样草鱼背肉、腹肉中己醛和壬醛的相对百分含量都高于市售草鱼。挥发性醛类化合物一般阈值低,本实验检出的庚醛和辛醛具有油脂氧化的味道^[9]。此外,己醛主要呈现

表1 市售及养殖场采样草鱼背肉、腹肉样品中的挥发性成分

化合物名称	峰面积±SD(%)			
	市售草鱼		养殖草鱼	
	背肉	腹肉	背肉	腹肉
醛				
戊醛	0.13±0.03	ND	1.47±0.16	0.89±0.04
己醛	3.85±0.98 ^a	2.28±0.08 ^a	26.29±3.24 ^b	20.85±1.23 ^c
庚醛	0.52±0.07	0.69±0.12	2.11±0.45	2.05±0.18
(Z)-2-庚烯醛	0.16±0.02	ND	ND	ND
辛醛	1.13±0.36	1.65±0.68	3.53±1.24	2.68±0.16
苯甲醛	ND	ND	0.39±0.26	0.24±0.01
(E)-2-辛烯醛	0.53±0.06	0.38±0.12	ND	ND
壬醛	4.55±1.58 ^a	6.76±2.91 ^a	9.97±3.55 ^b	8.75±0.35 ^b
癸醛	1.67±1.02	4.48±2.41	1.78±0.44	0.57±0.03
十一醛	0.15±0.01	0.32±0.15	ND	ND
小计	12.63±2.22 ^a	16.56±5.99 ^a	45.54±3.34 ^b	36.04±0.86 ^c
醇				
(Z)-2-戊烯-1-醇	ND	ND	0.55±0.11	0.65±0.05
1-戊烯-3-醇	0.38±0.09	0.20±0.04	ND	ND
1-戊醇	1.55±0.34	0.90±0.07	2.32±0.31	2.11±0.28
1-己醇	34.42±4.05	22.16±3.86	20.50±2.75	35.00±0.60
1-庚醇	2.5±0.22	1.83±0.07	2.19±0.72	2.10±0.22
1-辛烯-3-醇	18.54±0.45	13.58±2.26	ND	ND
3-辛醇	0.39±0.02	0.48±0.10	ND	ND
6-甲基-5-庚烯-2-醇	ND	0.19±0.07	ND	ND
2-乙基-1-己醇	1.14±0.15	1.73±0.15	3.25±0.74	0.36±0.02
1-辛醇	2.64±0.53	2.59±0.09	2.21±0.52	1.61±0.04
(E)-2-辛烯-1-醇	ND	0.24±0.04 ^a	6.17±2.01 ^b	10.73±0.75 ^c
3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	0.41±0.08	0.69±0.27	ND	ND
1-壬醇	2.47±0.49	3.60±0.17	ND	ND
(1α,2α,5β)-5-甲基-2-(1-甲基乙基)-环己醇	0.14±0.08	ND	ND	ND
小计	64.57±4.12 ^a	48.19±6.31 ^b	37.18±3.47 ^c	52.56±0.68 ^b
酮				
2,3-戊二酮	0.24±0.05	ND	0.63±0.05	0.46±0.05
2-庚酮	0.36±0.02	ND	ND	ND
3-辛酮	0.49±0.03	0.47±0.10	ND	ND
2,5-辛二酮	7.57±0.53	4.66±0.95	6.24±1.65	8.71±0.18
6-甲基-5-庚烯-2-酮	1.16±0.31	2.89±0.36	1.59±0.37	0.57±0.04
(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮	0.36±0.11	ND	ND	ND
(1S)-1,7,7-三甲基-二环[2.2.1]庚烷-2-酮	0.54±0.08	1.09±0.27	0.42±0.10	ND
(E)-6,10-二甲基-5,9-十一碳二烯-2-酮	0.40±0.17	1.01±0.17	ND	ND
小计	11.12±0.74 ^a	10.13±1.50 ^a	8.88±2.15 ^a	9.74±0.23 ^a

续表

化合物名称	峰面积 ± SD(%)			
	市售草鱼		养殖草鱼	
	背肉	腹肉	背肉	腹肉
酯类				
乙酸乙酯	ND	ND	0.59 ± 0.24	ND
小计	ND	ND	0.59 ± 0.24	ND
烃类				
戊烷	ND	ND	0.29 ± 0.09	ND
三氯甲烷	0.35 ± 0.24	0.27 ± 0.08	2.30 ± 0.56	0.64 ± 0.03
壬烷	0.19 ± 0.05	0.46 ± 0.14	0.57 ± 0.15	ND
D-柠檬烯	1.52 ± 0.23	1.71 ± 0.29	1.34 ± 0.30	0.27 ± 0.01
十四烷	0.31 ± 0.11	0.49 ± 0.03	ND	ND
十五烷	0.30 ± 0.08	0.41 ± 0.02	ND	ND
十六烷	0.16 ± 0.05	0.22 ± 0.05	ND	ND
小计	2.79 ± 0.14 ^a	3.55 ± 0.35 ^a	4.5 ± 1.08 ^a	0.90 ± 0.02 ^b
芳香类				
乙苯	ND	ND	0.39 ± 0.06	ND
苯乙烯	0.18 ± 0.02	0.32 ± 0.09	2.42 ± 0.56	0.50 ± 0.07
1,4-二氯苯	0.30 ± 0.10	0.43 ± 0.09	ND	ND
1,2,4,5-四甲基-苯	0.72 ± 0.23	2.36 ± 0.43	ND	ND
2,4-二甲基苯乙烯	ND	1.43 ± 0.28	ND	ND
五甲基苯	0.21 ± 0.09	0.87 ± 0.30	ND	ND
1-乙基-2,4,5-三甲基苯	ND	0.64 ± 0.24	ND	ND
萘	1.43 ± 0.41	5.49 ± 0.92	ND	ND
1-甲基-萘	2.30 ± 0.69	6.40 ± 1.56	ND	ND
小计	5.14 ± 1.43 ^a	17.94 ± 1.67 ^b	2.81 ± 0.59 ^c	0.50 ± 0.07 ^d
其它				
2-羟基-丙酰胺	ND	ND	0.29 ± 0.08	0.04 ± 0.01
2-乙基呋喃	ND	ND	0.22 ± 0.05	0.21 ± 0.03
甲氧基-苯基肼	3.02 ± 0.81	1.61 ± 0.96	ND	ND
2,3-二氢-4,7-二甲基-1H-茚	0.13 ± 0.01	0.44 ± 0.07	ND	ND
1-亚乙基-1H-茚	0.49 ± 0.09	1.42 ± 0.22	ND	ND
2-甲硫基-苯并噻唑	0.26 ± 0.12	0.23 ± 0.15	ND	ND
小计	3.76 ± 0.76 ^a	3.63 ± 0.94 ^a	0.51 ± 0.13 ^b	0.25 ± 0.03 ^b

注:平行样品分析次数 n=3;显著性差异标注于特征性化合物之上;同行肩标字母不同表示差异显著(P<0.05);有相同字母或者不标注者为差异不显著(P>0.05)。

为类似于青草的清新的鱼香味^[10],而壬醛会产生令人不愉快的气味^[7]。

2.2.3.2 醇类化合物 在养殖场采样及市售草鱼肉的挥发性醇类化合物中,相对百分含量最高的均为1-己醇,分别可达20.50%、35.00%、34.42%及22.16%,其同新鲜淡水鱼所具有的植物性青草气味相关^[10]。在养殖场采样草鱼鱼肉中,检测出的(Z)-2-戊烯-1-醇有青草和泥土的气味^[11]。此外,养殖场采样草鱼鱼肉中(E)-2-辛烯-1-醇的相对百分含量高于市售草鱼鱼肉,是一种带泥土气味的挥发性化合物^[10]。在养殖场采样及市售草鱼鱼肉中均检出具有令人讨厌金属味的1-辛醇^[10]。醇类化合物分布的主要差别在于,市售草鱼背肉、腹肉中的醇类均以1-己醇、1-辛烯-3-醇为主,而养殖场采样草鱼背肉、腹肉中则以1-己醇、(E)-2-辛烯-1-醇居多。

2.2.3.3 酮类化合物 对于酮类化合物的相对百分含量而言,养殖场采样及市售草鱼鱼肉之间不存在明显差异。市售草鱼鱼肉共鉴定出8种酮类化合物,养殖场采样草鱼鱼肉仅鉴定出4种,包括2,3-戊二酮、2,5-辛二酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、(1S)-1,7,7-三甲基-二环[2.2.1]庚烷-2-酮。

酮类化合物的分布,养殖场采样及市售草鱼鱼肉均以2,5-辛二酮为主,相对百分含量分别可达6.24%、8.71%、7.57%及4.66%,被认为是形成比较厚重鱼腥气的成分^[10]。虽然酮类在总的挥发性物质中所占的相对百分含量不是很高,但它们可能对草鱼的特征风味有影响。

2.2.3.4 烃类化合物 养殖场采样及市售草鱼鱼肉共检出7种烃类化合物,包括戊烷、三氯甲烷、壬烷、D-柠檬烯、十四烷、十五烷及十六烷。此外在两种草鱼鱼肉中均检测出一种叫做D-柠檬烯的新烃类化合物,其含量较其它同类化合物相对要高,但对此化合物的相关报道尚未见到,其来源及形成有待进一步考察。各种烷烃(C₆~C₁₉)已经被鉴定存在于某些鱼肉的挥发物中,由于它们的阈值较高,因此烷烃对于食品整体的风味贡献不大。但当涉及到一些支链烷烃、烯烃或芳烃时,就可能与鱼肉的香气特征有关^[7]。

2.2.3.5 芳香类及其他类化合物 此外,鱼肉的风味也可能受到环境污染物的影响。一些含苯化合物如苯、甲苯类化合物,是造成鱼肉中令人不愉快的气味物质。本实验在市售草鱼鱼肉中检出的此类化合物有1,4-二氯苯、苯乙烯、五甲基苯等,共有12种。在养

殖场采样草鱼肉中检出的则有乙苯、苯乙烯、2-羟基-丙酰胺及2-乙基呋喃。市售草鱼肉中检出的萘和1-甲基萘也可能是运销途中的环境污染所造成,并转移到鱼体内而被鉴定出的^[12]。此外,本实验在市售草鱼背肉、腹肉中检测出甲氧基-苯基酚,其含量分别可达3.02%及1.61%,也可能与环境污染、兽药等其他因素有关,需进一步考察。

2.3 养殖场及市场采样草鱼肉气味存在差异的考察

本实验采用电子鼻气味检测的结果,显示养殖场与市场采样草鱼肉之间存在显著差异,并且养殖场采样草鱼背肉与腹肉也存在一定的差异,市场采样草鱼背肉与腹肉的气味则无法用PCA分析区分。同时挥发性成分测定的养殖场与市场采样的草鱼肉中,也检测出一些在种类数量上不同的气味物质,其中养殖场采样的草鱼肉中检出较多具有代表性的气味成分为己醛和(E)-2-辛烯-1-醇。此外,养殖草鱼背肉与腹肉在这两种气味成分的含量上均存在显著差异($P < 0.05$),而市场采样草鱼背肉与腹肉在己醛含量上无显著差异($P > 0.05$)。

在样品处理时,发现养殖场采样草鱼的内脏中留有大量的青草残余。由此可以推断,养殖场喂养草鱼的饲料以青草为主。摄入的青草经消化系统分解,小分子物质直接渗透过肠道,进入血液循环,渗透积累到肌肉组织中。天然水体中存在大量的浮游植物,由于这些浮游植物及其分泌的代谢产物通过鱼鳃和皮肤渗透进入鱼体各部分,经化学反应产生导致气味物质贮存和积累,使鱼体的气味加重。同样,天然水体中放线菌产生的一些挥发性成分经过鱼体富集之后,会使鱼肉带有特有的泥土味。因此,鱼类的生存环境及饲养条件对鱼肉气味造成的影响是不容忽视的。但对于造成养殖草鱼背肉与腹肉气味差异的原因有待进一步考察。此外,在市场采样的草鱼肉中检测出一些可能与运输流通中污染有关的苯、萘一类的衍生物,这些与食品卫生安全有关的物质的种类和来源,有待进一步的检测探讨。

3 结论

电子鼻能判别出养殖场采样与市售草鱼肉之间的的气味差异,通过气-质联用分析,养殖场与市场采样草鱼肉也分别检测出相当多的数量和种类不同的挥发性气味物质。特别是养殖场采样的草鱼肉中存在的己醛和(E)-2-辛烯-1-醇带有青草和泥土气味

的成分,可能与青草饲料及天然水体中的浮游植物和放线菌有关。此外市场采样的鱼肉中也检出了一些可能来自运输流通中的污染物质。从改进草鱼养殖和运输流通中的风味品质和卫生安全条件,对于这类物质的种类和来源,有待今后作进一步的检测探讨。

参考文献

- [1] SHAHIDI F 著,李洁,朱国斌,译.肉制品与水产品的风味[M].第二版.北京:中国轻工业出版社,2001.
- [2] 章超桦,平野敏行,铃木健,等.鲫的挥发性成分[J].水产学报,2000,24(4):354-358.
- [3] HANNE H F, REFSGAARD, HAAHR, et al. Isolation and quantification of volatiles in fish by dynamic headspace sampling and mass spectrometry[J]. J Agric Food Chemistry, 1999, 47(3): 1114-1118.
- [4] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Variations in the occurrences of enzymically derived volatile aroma compounds in salt and freshwater fish [J]. J Agric Food Chemistry, 1984, 32(6): 1344-1347.
- [5] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Enzymic hydroperoxide initiated effects in fresh fish [J]. J Food Science, 1987, 52(3): 596-600.
- [6] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C, STUIBER D A. Volatile compounds characterizing the aroma of fresh Atlantic and Pacific oysters [J]. J Food Science, 1985, 50(1): 5-9.
- [7] 王锡昌, 陈俊卿. 顶空固相微萃取与气质联用法分析鲢肉中风味成分 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(2): 176-180.
- [8] 江健, 王锡昌, 陈西瑶. 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, 2005, 22(2): 219-222.
- [9] MOTTRAM D S. Flavor formation in meat and meat products: a review [J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [10] 赵庆喜, 薛长湖, 徐杰, 等. 微波蒸馏-固相微萃取-气相色谱-质谱-嗅觉检测器联用分析鳙鱼鱼肉中的挥发性成分 [J]. 色谱, 2007, 25(2): 267-271.
- [11] 张青, 王锡昌, 刘源. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱-嗅觉测量联用初探鲢肉的挥发性风味物质 [J]. 水产学报, 2009, 33(4): 692-696.
- [12] OGATA M, MIYAKE Y. Identification of substance in petroleum causing objectionable odor in fish [J]. Water Research, 1973, 7(10): 1493-1504.
- [13] Sperry P R. Morphology and mechanism in latex flocculated by volume restriction [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1984, 99(1): 97-108.
- [14] Saskia de Jong, et al. Charge density of polysaccharide controls microstructure and large deformation properties of mixed gels [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21: 1172-1187.
- [15] C Rocha, et al. Rheological and structural characterization of gels from whey protein hydrolysates/locust bean gum mixed systems [J]. Food Hydrocolloids, 2009, In press.

(上接第75页)

pressure induced gelation of skim milk dispersions [J]. Food Hydrocolloids, 2001, 15: 315-319.

[10] A L F Cavallieri, et al. The effect of acidification rate, pH and ageing time on the acidic cold set gelation of whey proteins [J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22: 439-448.

[11] Saskia de Jong, H Jan Klok, Fred van de Velde. The mechanism behind microstructure formation in mixed whey protein-polysaccharide cold-set gels [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23: 755-764.

[12] 阎维, 杨晓泉. 不同分子量葡聚糖与大豆7S蛋白混合凝

胶流变学性质研究 [J]. 食品科学, 2010(1): 10.

[13] Sperry P R. Morphology and mechanism in latex flocculated by volume restriction [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1984, 99(1): 97-108.

[14] Saskia de Jong, et al. Charge density of polysaccharide controls microstructure and large deformation properties of mixed gels [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21: 1172-1187.

[15] C Rocha, et al. Rheological and structural characterization of gels from whey protein hydrolysates/locust bean gum mixed systems [J]. Food Hydrocolloids, 2009, In press.