

嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝特征风味成分分析

刘 建, 娄永江*, 刘 婷, 朱艳超, 袁 爽

(宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 采用顶空固相微萃取和气-质联用技术,对嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝及其生殖腺、消化腺、肌肉进行了挥发性成分检测。结果表明,从紫贻贝可食部分中检出 29 种挥发性成分,主要为醛类(47.48%)、酮类(11.86%)、醇类(15.52%)化合物,这些物质协同作用构成紫贻贝特有的风味。其中丙醛、戊醛、2,4-戊二烯醛、3-庚酮、戊醇含量高、阈值低,具有特殊香味,对嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝风味贡献大,为特征风味物质。结果同时表明,不同部位对紫贻贝整体肉特征风味的贡献度不一,生殖腺中醛类、酮类相对质量分数达 59.75%,是影响特征风味的主要部位,肌肉和消化腺次之。

关键词: 紫贻贝;顶空固相微萃取;GC-MS;挥发性物质;特征风味

中图分类号: S 985.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2018)10—01107—07

Analysis of Volatile Components of the *Mytilus edulis* in the Ocean Region Around Shengsi Gouqi Island

LIU Jian, LOU Yongjiang*, LIU Ting, ZHU Yanchao, YUAN Shuang

(School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS) were used for the analysis of volatile components of the *mytilus edulis* in the ocean region around Shengsi Gouqi Island, as well as its genital glands, digestive glands and muscle. The results showed that, 29 volatile components were identified in the edible part of *mytilus edulis*, and aldehydes (47.48%), ketone (11.86%), alcohols (15.52%) were predominant. These compounds caused the particular flavor of *mytilus edulis*. Propanal, pentanal, 2,4-pentadienal, 3-heptanone and pentanol had relative high content and low threshold value with particular flavor, which made the great contribution to the flavor of *mytilus edulis*. They may be the characteristic flavor compounds. The results also indicated that, different parts of the *mytilus edulis* make different contribution to the flavor. The content of aldehydes and ketone in genital glands were 59.75%, which is the main part affecting the characteristic flavor. The influence caused by the muscle and genital glands was less.

Keywords: *Mytilus edulis*, Headspace solid phase microextraction, GC-MS, volatile component, particular flavor

收稿日期: 2016-08-17

基金项目: 浙江省贻贝产业服务团队科技特派员项目(521500100)。

* 通信作者: 娄永江(1963—),男,浙江宁波人,教授,主要从事水产品加工与贮藏工程研究。E-mail: louyongjiang@nbu.edu.cn

引用本文: 刘建,娄永江,刘婷,等. 嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝特征风味成分分析[J]. 食品与生物技术学报,2018,37(10):1107-1113.

紫贻贝(*Mytilus edulis*)为高蛋白、低脂肪的健康水产食品^[1],且具有很高的药用和食疗价值。其以足丝营固着生活,成体多附着于低潮线至数米深的岩礁、木桩、绳缆等物体上,是一种滤食性的贝类,主要以硅藻、小型浮游生物等为食^[2]。由于不同区域内水生动植物的更替性,导致紫贻贝的饵料也会随之变化,因此不同区域的紫贻贝挥发性物质差别较大。同时,生态系统中的“生物积累”使饵料中积累的挥发性成分在其下一营养级中被放大,使不同区域的紫贻贝挥发性物质差别更显著^[3-4]。

嵊泗枸杞岛周边海域的紫贻贝,处于长江口冷暖水流的交汇带,肥沃的水质和适宜的温度使浮游生物种类繁多、含量丰富。此处所产的紫贻贝不仅具有贝类所有的肉香味、腥味,同时还带有独特的果香味。为此,作者通过检测嵊泗枸杞岛周边海区紫贻贝整体和各个部位的挥发性成分,以揭示其特征风味物质及紫贻贝各部位对特征风味的贡献度。

1 材料与方法

1.1 原料

鲜活紫贻贝,采自嵊泗枸杞岛周边海区,体长:85.91~93.18 mm,体质量:31.81~38.83 g。

1.2 主要仪器

PL403 电子分析天平;梅特勒利多仪器(上海)有限公司产品;固相微萃取头(75 μ mCAR/PDMS)、手动固相微萃取进样器、10 mL EPA/VOA 螺口进样瓶:美国 Supelco 公司产品;QP-2010 气相色谱-质谱联用仪;岛津国际贸易(上海)有限公司提供。

1.3 挥发性物质的检测

1.3.1 原料预处理 选择大小相近的鲜活紫贻贝,清除附着的海藻砂石等杂质,用纯水清洗干净后真空包装,放入沸水中蒸煮 15 min,迅速在冰浴中冷却至 0~4 $^{\circ}$ C。紫贻贝可食部分挥发性风味检测时,将冷却后的样本置于预先冷却至 0~4 $^{\circ}$ C 研钵中,开袋去壳、足丝,将贝肉研碎后移入干净的包装袋中,置-80 $^{\circ}$ C 超低温冰箱中备用。紫贻贝各部位挥发性风味检测时,将冷却的样本置于预先冷却至 0~4 $^{\circ}$ C 烧杯中,开袋去壳、足丝,按消化腺、生殖腺及肌肉等分袋包装,置-80 $^{\circ}$ C 超低温冰箱中备用。

1.3.2 GC-MS 分析

1) 顶空固相微萃取 在 15 mL 萃取瓶中加入 0.5 g 预处理的样品。将 75 μ m CAR/PDMS 固相微

萃取头插入萃取瓶中,在 50 $^{\circ}$ C 下萃取 50 min。拔出萃取头,并迅速与 GC-MS 进样口连接,在 210 $^{\circ}$ C 下解吸 5 min,进行 GC-MS 分析。

2) 气相色谱-质谱联用分析条件 气相色谱条件:VOCOL 毛细管柱(60 m $\times$ 0.32 mm,1.8 μ m);进样口温度 210 $^{\circ}$ C;升温程序:柱初温 35 $^{\circ}$ C,保持 3 min,以 3 $^{\circ}$ C/min 上升到 40 $^{\circ}$ C,保持 1 min,再以 5 $^{\circ}$ C/min 上升到 210 $^{\circ}$ C,保持 6 min;载气流(He)流速 1.29 mL/min,不分流模式进样。

质谱条件:EI 电离源,离子温度 200 $^{\circ}$ C;扫描质量范围 50~500。

3) 数据处理 经 NIST 和 WILEY 谱库检索,并与其中的标准谱图进行对照、复合,通过人工谱图解析确认挥发性成分(匹配度大于 800)。按面积归一化法进行定性定量分析,求得各化学成分的相对百分含量。

2 结果与分析

2.1 紫贻贝的挥发性成分分析

经 GC-MS 分析,嵊泗枸杞岛周边海区紫贻贝可食部分样品共鉴定出 29 种成分,包括 7 种醛类,6 种烃类,5 种酮类,5 种醇类,2 种酯类和 2 种苯类。其中醛类(47.48%)、酮类(11.86%)、醇类(15.52%)为紫贻贝主要挥发性成分,占总挥发性成分的 74.86%。

醛类物质通常被认为具有清香、果香、脂香、坚果香等特殊香气^[5],这些香气主要是由于脂肪酸中的亚油酸和亚麻酸经热降解产生烯醛等挥发性物质所致。降解后的醛类物质具有油脂味、肉汤味、鱼腥味,浓度低时会带有清香气味^[6]。与其他区域紫贻贝的挥发性醛类相比,嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝的挥发性醛类(见表 1)中,检出了丙醛、戊醛、2,4-戊二烯醛、辛醛、苯甲醛等特有的醛类,且相对质量分数分别占 12.87%、20.83%、5.19%、3.19%、3.22%。这可能是因为嵊泗枸杞岛周边海域的浮游生物,在冷暖水交替刺激下,脂肪含量较高。紫贻贝摄食高脂肪含量的浮游生物,体内积累大量的不饱和脂肪酸。其中油酸可氧化产生,己醛、壬醛、辛醛等饱和直链醛^[7],这些醛类物质通常带有令人不愉快的、辛辣的气味,这可能是嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝带有微弱的辛辣的味的原因。而 2,4-戊二烯醛是多不饱和脂肪酸氧化的产物^[8],具有肉汤风味,这也应证

了嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝具有浓郁的猪肉风味的原因。至于苯甲醛则可能是由紫贻贝中丰富的游离氨基酸的斯特克雷尔反应生成的,具有令人愉快的坚果香,虽然苯甲醛广泛存在于小龙虾尾肉和蟹肉等水产品中^[9],但在贝壳类中鲜有报导。

酮类化合物通常具有贝类、鱼类的花香和果香风味,是脂肪的热氧化降解以及氨基酸的降解或者微生物氧化的产物^[10]。烯酮类物质会对贻贝的腥味起到增强作用^[11],而酮类阈值远高于其同分异构体的醛,因此它对紫贻贝的风味贡献较小。3-庚酮具有辛辣的肉香味,在嵊泗紫贻贝中的相对含量为6.47%,但其他区域紫贻贝中几乎不含该种物质,表明它可能是嵊泗枸杞岛周边区域紫贻贝的特征风味成分之一。

醇类的风味阈值比醛酮类物质高出许多^[9],通常具有芳香、植物香、酸败和土气味^[12]。低碳饱和醇类一般来源于体内糖类物质的发酵降解而生成的一些小分子低醇类产物,对贻贝肉风味贡献较小。但醇类的醇香气味会随碳链的增加而增加,碳链较长的醇类对紫贻贝的风味会有一定的贡献作用^[13]。嵊泗枸杞岛周边海区紫贻贝中检测出戊醇、(E)-2-辛烯-1-醇、5,7-十一二烯醇、乙硫醇、2-乙基乙醇共5种醇类化合物,总相对质量分数15.52%,其中戊醇有9.47%,对嵊泗枸杞岛周边海区紫贻贝的风味影响较大。乙硫醇质量分数为1.36%,它是紫贻贝肉中蛋氨酸、半胱氨酸热降解的产物,据相关记载,含硫化合物大部分具有肉香、葱蒜香气^[14]。

烷烃广泛分布于贝类和鱼类等水产品中,主要是源自脂肪酸烷氧自由基断裂。大多数的烷烃化合物具有清香和甜香,尤其是含有支链的烷烃,但是烷烃类物质对食物的风味几乎影响不高^[15],对水产鱼贝类的风味贡献也较小^[16]。C7~C12的烷烃在甲壳类挥发物中普遍存在,但他们的阈值较高,对紫贻贝的风味及腥味影响不大。氯代-2-甲基丁烯、1,3-辛二烯、1-甲基环己烯、正庚烯、1-甲基乙烯基环己烯等烷烃可能会在一定条件形成醛类或者酮类,是产生腥味的潜在因素^[17]。由于烷烃化合物在形成风味物质时会转化成对风味有贡献的杂环中间体^[16],因此在风味分析中也有不可忽视的作用。嵊泗枸杞岛紫贻贝周边海域中烷烃类化合物有7种,相对质量分数为13.32%,可能对嵊泗枸杞岛紫贻贝周边海域整体挥发性风味有一定作用。

酯类贡献奶香、奶油香、水果香、花香^[18]。嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝中有2种酯类,总相对质量分数仅为4.81%,但对紫贻贝的总体风味有一定作用。在该检测结果中还含有一些苯类物质,苯类是造成紫贻贝肉令人不愉快的挥发性成分^[19],对紫贻贝的风味产生了一定负影响。

紫贻贝风味的差异性主要与生存环境和海水中的浮游生物有关。研究表明刚刚附苗的紫贻贝个体较小,对浮游生物滤食性有限,大多以微小型的浮游生物为主,范围局限。生长成熟后的紫贻贝可以摄食粒径较大的浮游生物,摄食范围开始扩增,鲜腥味也随着摄食范围的扩大而积累^[20-21]。Le Guen S等^[22]分析法国周边海区贻贝后得出,认为甲硫基丙醛和(Z)-4-庚烯醛是法国紫贻贝的特征风味成分,使贻贝在蒸煮过程中有类似马铃薯的气味。张亮等^[23]对源自舟山列岛的紫贻贝进行挥发性成分分析,得出该地区紫贻贝中苯甲醛、2-戊基-2-壬烯醛、二甲基硫醚含量高,且2-戊基-2-壬烯醛、二甲基硫醚等在其他区域紫贻贝及水产品中含量少甚至不存在,认为以上几种物质对该区域紫贻贝的风味贡献最大,是其特征风味成分。

嵊泗枸杞岛虽属于舟山列岛区域内,但仅嵊泗枸杞岛周边海域处于长江口暗流冷暖水交汇带中,使得嵊泗枸杞岛周边海域的紫贻贝加热煮熟后,除具有肉香、辛辣、坚果香外兼有舟山列岛其它海区所产紫贻贝所不具有的特殊风味,还带有独特的果香味。丙醛、戊醛、2,4-戊二烯醛、3-庚酮、戊醇在整体风味中含量高、阈值低,具有特殊香味,对嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝风味贡献大,为特征风味物质,是区别其他区域紫贻贝的重要依据。

水产品的风味主要与醛、酮类等有关,它们共同形成鱼贝类的特征风味^[24]。醛类物质阈值很低,痕量条件下也会有强烈的气味^[25]。综上所述,与其他海域紫贻贝的挥发性成分相比(表1),丙醛、戊醛、2,4-戊二烯醛、3-庚酮可能为嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝的特征风味成分。

2.2 紫贻贝不同部位挥发性物质分析

紫贻贝生殖腺、消化腺和肌肉中分别检测到28、36和41种挥发性物质,其中8种物质(2,4-戊二烯醛、苯甲醛、壬醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、乙酸乙酯、戊醇、1,3-辛二烯、甲苯)是3个部位共同存在的。由图1可知,3个部位中挥发性物质种类的分

表 1 不同产地紫贻贝的挥发性成分

Table 1 Volatile components of purple mussel from different areas

名称	相对质量分数%			名称	相对质量分数%		
	嵊泗	舟山 ^[2]	法国 ^[2]		嵊泗	舟山 ^[2]	法国 ^[2]
丙醛	12.87	—	—	正丙醇	—	—	+
1-甲硫基丙醛	—	—	+	2-乙基乙醇	0.82	—	—
戊醛	20.83	—	—	戊醇	9.47	—	—
2,4-二戊烯醛	5.19	—	—	(E)-2-戊烯-1-醇	—	—	+
3-甲基-2-丁烯醛	—	—	+	(E)-2-辛烯-1-醇	2.48	—	—
己醛	—	—	+	4-乙基苯甲醇	—	—	+
苯甲醛*	3.22	8.64	—	2-壬醇	—	—	+
庚醛	—	—	+	5,7-十一二烯醇	1.39	—	—
(E)-2-庚烯醛	—	—	+	乙硫醇	1.36	—	—
(Z)-4-庚烯醛	—	—	+	2,2-二氯丙烷	4.1	—	—
辛醛*	3.19	0.96	—	庚烷	1.55	—	—
2,4-辛二烯醛	—	—	+	十二烷	0.68	—	—
环己基乙醛	0.46	—	—	氯代-2-甲基丁烯	2.86	—	—
壬醛*	1.72	3.45	—	1-甲基环己烯	2.05	—	—
反-2-顺-6-壬二烯醛	—	3.83	—	3,3,5-三甲基-1-己烯	—	5.84	—
(Z)-6-壬烯醛	—	1.47	—	1,3-辛二烯	2.08	—	—
2-戊基-2-壬烯醛	—	18.66	—	甲苯	1.8	—	—
十三醛	—	3.72	—	间二甲苯	—	—	+
2-丁酮	1.59	—	—	邻二甲苯	1.18	—	—
2,3-丁二酮	—	—	+	1,2,4-三甲基苯	—	—	+
3-戊酮	—	3.21	—	乙基吡啶	—	—	+
1-戊烯-3-酮	—	1.48	—	4-己基吡啶	2.85	—	—
4-丙基环己酮	0.03	—	—	二甲基硫醚	—	5.75	—
2-庚酮	—	0.57	—	二甲基二硫醚	—	—	+
3-庚酮	6.47	—	—	二甲基三硫醚	—	1.01	—
3-辛酮*	2.41	0.93	—	4-甲基噻唑	—	—	+
3,5-辛二烯-2-酮	—	2.59	—	1-乙酰基噻唑	—	—	+
甲基庚烯酮	1.36	—	—	2,6-二甲基萘	—	—	+
2-壬酮	—	2	—	N-乙基甲胺	1.14	—	—
乙酸乙酯	3.99	—	—	3-甲基丁酸	—	0.9	—
丙酸乙酯	0.82	—	—	甲氧基苯基酚	—	8.52	—
2-乙基丁酸甘油酯	—	2.25	—				

注：“—”表示未检出；“+”表示被检测。

布及含量差异性较显著,表明不同部位对紫贻贝特征风味成分的贡献程度不同。醛类、酮类在不同部位分布变化明显,酯类、醇类、苯类即使有差异性,但由于这些物质的阈值远高于醛、酮等^[8],对紫贻贝的风味影响稍小。

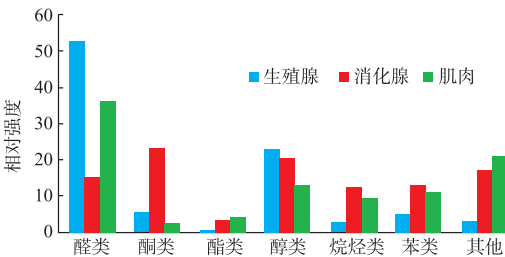


图 1 紫贻贝各部位挥发性化合物种类

Fig. 1 Kinds of volatile compounds in different parts of purple mussel

在生殖腺中,醛类、醇类化合物相对质量分数比消化腺、肌肉高,尤其醛类质量分数达到 52.82%,对生殖腺的特征风味具有重要影响。而酮类、酯类、烷烃类、苯类化合物的相对含量都比消化腺和肌肉低。在生殖腺整个挥发性物质中戊醛和戊醇的相对质量分数很高,分别为 38.73%、16.77%。戊醛是油酸氧化的产物,有刺激性气味^[7]。戊醇是脂肪的氧化分解和羰基化合物还原后的产物,有辛辣的气味^[9]。这两种成分共占生殖腺挥发性物质的 55.5%,使生殖腺具有浓重的鲜腥味,是紫贻贝特征风味的主要贡献部位。

与生殖腺相比,消化腺中醛类化合物的质量分数有所降低,仅占 15.57%。但其酮类化合物比其他两部位高出许多,为 25.8%。消化腺是紫贻贝摄食消

化的场所,主要散发硅藻、浮游动植物原始的清香。酮类化合物在嗅觉上虽然主要给人以水果香、花草香等让人愉快的气味,但是其阈值远高于同分异构体的醛,因此它对紫贻贝的风味贡献较小,另外烯酮类物质会对贻贝的腥味起到增强作用,所以消化腺对紫贻贝的风味也有一定贡献。在消化腺的挥发性成分中,1-戊酮、1,2-二甲基-4-苯丙醇、邻二甲苯、3-甲基氢氧化硫质量分数较高,分别为 18.85%、10.09%、7.01%、10.43%,其中 1-戊酮、1,2-二甲基-4-苯丙醇主要呈现淡淡的鲜味,而邻二甲苯和 3-甲基氢氧化硫是微生物腐败的产物,具有臭味,这几种物质综合作用给消化腺带来一定的鲜腥味,但这

几种物质阈值高对整个紫贻贝的风味贡献没有生殖腺大。

肌肉是紫贻贝的主要食用部位,除含有较高相对质量分数的醛类之外(36.37%),其他成分都比生殖腺和消化腺的相对质量分数低。醛类的阈值低决定了肌肉对紫贻贝整体风味也有较大的影响。在肌肉整体挥发性物质中,丙醛和 3-甲基氢氧化硫质量分数较高,分别为 11.67%和 10.65%,这两种物质都具有臭味,对肌肉的风味影响较大。另外,消化腺中也含有 10.43%的 3-甲基氢氧化硫,消化腺与肌肉共同为紫贻贝整体带来一些腥臭风味。

表 2 紫贻贝各部位挥发性成分变化

Table 2 Changes of volatile components in different parts of purple mussel

种类	名称	相对质量分数/%				
		生殖腺	消化腺	肌肉	气味	阈值/(mg/L)
醛类	丙醛	—	5.02	11.67	臭味	—
	丁醛	—	—	0.33	窒息性气味	—
	戊醛	38.73	—	8.62	特殊香味	9
	2-甲基丁醛	—	0.58	—	—	1.1
	苯甲醛*	1.44	1.98	2.04	杏仁味	41.7
	庚醛	6.14	—	5.24	鱼腥味	2.8
	辛醛	—	3.36	2.87	青草香	0.587
	3-环己烯-1-乙醛	—	—	1.78	—	—
	壬醛*	1.18	2.46	0.4	鱼腥味	1.1
	2,4-二戊烯醛*	5.41	2.17	3.42	肉汤味	—
酮类	2-丁酮	—	0.55	0.81	—	35400
	丁烯酮	0.83	0.3	—	臭味	—
	1-戊酮	—	18.85	—	—	—
	环己酮	—	0.73	0.69	泥土香	—
	辛酮	2.7	—	—	—	—
	3-辛酮	1.05	—	0.59	—	—
	6-甲基-5-庚烯-2-酮*	0.62	3.22	0.9	—	50
	2-壬酮	0.74	—	—	花香、果香	38.9
	乙酸乙酯*	0.99	2.15	2.42	水果香	—
酯类	己酸乙酯	—	—	0.24	菠萝香	—
	乙酸丁酯	—	0.35	1.48	水果香	66
	2-甲基丁酸乙酯	—	1.16	—	—	—
	乙酸癸酯	—	—	0.57	—	—
醇类	2-乙基乙醇	0.79	1.33	—	—	—
	戊醇*	16.77	2.34	4.68	—	—
	1-戊烯-3-醇	2.2	—	2.23	水果香	358.1
	3-甲基-1-丁醇	—	3.35	0.17	—	—
	3-甲基戊醇	—	0.78	—	—	—
	庚醇	0.51	—	0.56	芳香	—
	2,4-辛二烯-1-醇	0.37	—	2.73	—	—
	1,5-辛二烯-1-醇	0.55	—	—	—	—
	1-辛烯-3-醇	0.83	1.15	—	蘑菇香	853.49
	2-辛炔-1-醇	—	1.38	—	—	—
	4-叔丁基苯甲醇	1.1	—	—	—	—
	二甲基-1-辛醇	—	—	1.06	—	—
	2-丁基-1-辛醇	—	—	1.65	—	—
	十三醇	—	0.15	—	特殊气味	—

续表 2

种类	名称	相对质量分数/%				
		生殖腺	消化腺	肌肉	气味	阈值/(mg/L)
烃类	1,2-二甲基-4-苯丙醇	—	10.09	—	—	—
	乙硫醇	—	—	0.23	蒜臭味	—
	1,2-二氯丙烷	2.21	—	—	—	—
	己烷	—	0.81	0.66	—	—
	庚烷	—	3.15	1.21	—	—
	3,3,5-三甲基环己烷	—	—	0.47	—	—
	癸烷	—	1.58	0.85	—	—
	十二烷	0.18	—	1.9	—	—
	1-氯十二烷	—	—	0.93	—	—
	1-氯戊烷	—	1.82	—	—	—
	庚烯	—	0.7	—	—	—
	1,3-辛二烯 *	0.75	4.03	3.65	—	—
	1-甲基乙烯基环己烯	—	0.65	—	—	—
苯类	1,3-二氯苯	1.02	—	0.62	刺激气味	—
	甲苯 *	1.63	1.52	3.51	芳香味	1550
	邻二甲苯	—	7.01	—	—	—
	1,3-二甲苯	1.26	—	3.24	—	—
	乙苯	—	2.34	—	—	—
	乙烯苯	—	—	1.8	—	—
	己基苯	1.03	—	1.91	—	—
	1-甲基-4-己基苯	—	2.43	0.28	—	—
	1,4-二己基苯	0.45	—	—	—	—
	3-甲基氢氧化硫 *	3.71	10.43	10.65	—	—
其他	异亚丙基二氯	—	6.9	6.79	—	—
	L-缬氨酸	—	0.18	—	—	—
	1,2-二戊基苯酚	—	—	3.94	—	—

注：“—”表示未检出；“*”表示三者的共同物质。

3 结 语

作者采用顶空固相微萃取-气质联用技术,检测了采自嵊市枸杞岛周边海区紫贻贝整体肉及生殖腺、消化腺、肌肉的挥发性成分,对不同区域紫贻贝的挥发性物质进行对比分析,其中嵊泗枸杞岛周边海区的紫贻贝中丙醛、戊醛、2,4-戊二烯醛、3-庚酮、戊醇相对质量分数比较高,分别为 12.87%、20.83%、5.19%、6.47%、9.47%,且这几种物质是区别于其他区域紫贻贝的特征物质,因此丙醛、2,4-戊二烯醛、3-庚酮、戊醇被视为嵊泗枸杞岛周边海区紫贻贝的特征风味成分。

在嵊泗枸杞岛周边海域紫贻贝的生殖腺、消化腺和肌肉这 3 个可食部位中共检测到 11 大类 63 种挥发性成分,每一部位都有区别于其他两部位的特征风味成分。生殖腺中醛类化合物质量分数达到 52.82%,戊醛和戊醇质量分数高,具有鲜腥味,对紫贻贝整体风味贡献最大;消化腺中醛类仅占 15.57%,但是由于酮类的加和作用,使消化腺对紫贻贝整体风味的影响有不可代替的作用,1-戊酮、1,2-二甲基-4-苯丙醇、邻二甲苯在消化腺中质量分数高,对消化腺及紫贻贝整体风味具有一定作用;肌肉中含有 35.37%的醛类,对紫贻贝整体风味的影响仅次于生殖腺。

参考文献:

[1] 励炯. 厚壳贻贝的营养指标评价及抗炎机理探究[D]. 杭州:浙江大学,2007.

[2] MENG Qingliang. Mussel farming and processing techniques[J]. **Shandong Fisheries**, 2005, 22(9): 6. (in Chinese)

[3] XIANG Wenying, WANG Xiaofei. Remediation of different aquatic animals and plants on eutrophic water body [J]. **Acta Hydrobiologica Sinica**, 2012, 36(4): 792-797. (in Chinese)

[4] 付英杰. 两种养殖模式下枸杞岛紫贻贝的生长特征及其对水域水质的影响[D]. 舟山:浙江海洋学院,2014.

- [5] YANG Wenge, XU Dalun, ZHANG Chunfang, et al. Optimization of SPME extraction for flavour compounds from *Sciaenops ocellatus* meat by response surface methodology [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2012, 2(9): 87-95. (in Chinese)
- [6] 陈德慰. 熟制大闸蟹风味及冷却加工技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [7] ALASALVAR C, TAYLOR K D A, SHAHIDI F. Comparison of volatiles of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2005, 53(7): 2616-2622.
- [8] SHAHIDI F. Flavor of meat, meat products and seafoods[M]. London: Blackie Academic & Professional, 1998: 159-190.
- [9] SUN Jing, HUANG Jian, HOU Yundan, et al. Analysis of volatile compounds of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) meat by headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry [J]. **Food Science**, 2011, 32(22): 230-233. (in Chinese)
- [10] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [11] YANG Hua, LIU Binbin, LOU Yongjiang. The deodorization technique of cultured *Pseudosciaena crocea* [J]. **Food Science and Technology**, 2012, 37(6): 154-157. (in Chinese)
- [12] WANG Xia, HUANG Jian, HOU Yundan, et al. Analysis of volatile components in yellowfin tuna by electronic nose and GC-MS [J]. **Food Science**, 2012, 33(12): 268-272. (in Chinese)
- [13] LIU Hong, YANG Ronghua, DAI Zhiyuan, et al. The preparation of meat flavor essence from silver carp and the analysis of flavor components[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2010, 10(2): 149-153. (in Chinese)
- [14] LIU Yuping, CHEN Haitao, SUN Baoguo. Recent advances in extraction and analysis of volatile components in fish [J]. **Food Science**, 2009, 30(23): 447-451. (in Chinese)
- [15] XU Yixiu, ZHANG Min, SUN Jincai. Analysis of distasteful substance in bayberry juice by solid phase microextraction combined with GC-MS[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(10): 1057-1061. (in Chinese)
- [16] BU Tingting, XU Dalun, YANG Wenge, et al. Optimization of fermentation conditions and volatile components of centropages mcMurrichi sauce[J]. **Journal of Nuclear Agricultural Sciences**, 2016, 30(1): 110-119. (in Chinese)
- [17] ZHOU Yiqi, WANG Zijian. Extration and analysis on fishy odor-causing compounds in the different part of carp [J]. **Chinese Journal of Analytical Chemistry**, 2006, 34(9): 165-167. (in Chinese)
- [18] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor[J]. **Meat Science**, 2007, 77(1): 63-80.
- [19] WANG Xichang, CHEN Junqing. Analysis of flavors in silver carp meat by headspace solid phase microextraction combined with GC-MS[J]. **Journal of Shanghai Fisheries University**, 2005, 14(2): 176-180. (in Chinese)
- [20] 陈清满. 枸杞岛海域养殖紫贻贝生长与生态因子关系初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- [21] 周曦杰. 枸杞岛典型生境螺贝代表种—角蝶螺、紫贻贝摄食生态初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014.
- [22] LE G S, PROST C, DEMAÏMAY M. Evaluation of the representativeness of the odor of cooked mussel extracts and the relationship between sensory descriptors and potent odorants [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2001, 49(3): 1321-1327.
- [23] 张亮. 紫贻贝风味即食产品的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- [24] GAO Ruichang, SU Li, HUANG Xingyi, et al. Research progress of flavor components in fishery products[J]. **Fisheries Science**, 2013, 32(1): 59-62. (in Chinese)
- [25] ZHANG Qing, WANG Xichang, LIU Yuan. Study on volatile odor active compounds of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) meat by SDE-GC-olfactometry[J]. **Journal of Anhui Agri Sci**, 2009, 37(4): 1407-1409, 1425. (in Chinese)