

顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法测定 北极虾虾头的挥发性成分

解万翠 杨锡洪* 章超桦 吉宏武 张丽凤

(水产品深加工广东省普通高校重点实验室, 广东海洋大学食品科技学院, 湛江 524088)

摘要 为了测定北极虾 (*P. Borealis*) 虾头中的挥发性风味成分, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱 (HS-SPME-GC-MS) 分离及初步鉴定, 以 $C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃系列标准品进行 Kovats 保留指数 (Retention index, RI) 验证, 在此基础上利用未知物标准品匹配法最终确证。对虾头中的 62 种挥发性化合物进行了定性及半定量分析, 主要有烃类 18 种 (27.98%)、醇类 6 种 (9.57%)、酮类 14 种 (21.93%)、脂类 5 种 (13.20%)、醛类 8 种 (2.86%)、呋喃化合物 1 种 (0.41%)、含氮化合物 4 种 (19.58%)、含硫化合物 1 种 (0.71%) 及未知物 4 种 (3.76%)。含量较高的 (顺, 反) 3-5-辛二烯-2-酮和 (反, 反) 3-3-辛二烯-2-酮以及 1-戊烯-3-酮、3-戊烯-2-酮、6-辛烯-2-酮等以甜的、新鲜的蘑菇风味成为虾头风味特征的主要贡献; 醋酸乙酯等脂类化合物和 1-戊烯-3-醇、2-乙基-1-己醇及 1-辛烯-3-醇等醇类化合物对虾头特征风味也有较大贡献。另外, 虾头中含氮化合物 (如三甲胺) 的含量达 12.61%, 导致虾头明显的腥味和虾的特征风味。结果表明, 以 GC-MS 结合 RI 及 Standard 确证进行复杂未知物的定性鉴定, 增加了结果的可信度。建立了北极虾虾头挥发性风味化合物的检测方法, 为水产品复杂挥发性风味化合物的分析检测提供参考。

关键词 北极虾虾头; 挥发性风味; 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱; 保留指数

1 引言

天然化合物中香气物质具有复杂性和未知性, 对其进行定性分析与定量分析存在很大难度。气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 是目前常用的挥发性成分分离与鉴定方法^[1-2]。但是, 对于复杂未知组分的分析, 仅依靠质谱定性, 可信度低。采用保留指数 (Retention index, RI) 与 MS 共同定性, 使准确度大大提高^[3-5]。Giri 等^[6]采用 MS, RI 及标准品对照多重筛选法, 检测了发酵鱼酱的香气; Pontes 等^[7]采用 GC-MS 结合 RI 定性, 检测了百香果香料的 51 种香气化合物; 连宗衍等^[8]采用 SPME-GC-MS 分析了广藿香中的挥发性成分。国内关于风味化合物的分析多采用 MS 直接定性, 较少利用 RI 进行验证。但目前通常都要求 GC-MS 分析未知挥发性化合物时计算其 RI 值, 认为以 GC-MS 结合 RI 及标准品 (STD) 匹配法进行定性分析是可信度最高的方法。

虾头是对虾加工中的副产品, 占虾体重量的 30% ~ 40%, 含有丰富的蛋白质、不饱和脂肪酸、类胡萝卜素及多种人体必须的微量元素等^[9-12], 不仅营养丰富, 而且具有浓郁的海鲜风味, 是加工海鲜调味料的良好原料^[13]。为了准确测定北极虾 (*P. Borealis*) 虾头中复杂的挥发性风味组分, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱 (HS-SPME-GC-MS) 对其中的挥发性化合物进行分离与鉴定, 选择 $C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃标准品, 实验测得各未知化合物的保留指数 RI, 将实验测定值与文献值进行对比验证, 结合 MS 鉴定与 RI 验证共同确定未知化合物, 最终以未知物标准品进样确证。本研究通过 GC-MS 结合 RI 及 STD 确证完善北极虾虾头挥发性化合物分析的手段, 为天然化合物中挥发性风味化合物的研究提供参考。

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

SHIMADZU QP-2010 Plus 气相色谱-质谱仪 (日本岛津公司); HR 2027 组织捣碎机 (Philips 公司);

2011-01-04 收稿; 2011-03-29 接受

本文系“十一五”国家科技支撑计划项目和现代农业产业技术体系建设专项资金资助

* E-mail: yangxihong63@163.com

FD-1A-50 真空冷冻干燥机(上海比朗仪器有限公司); AT 400 分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司); DHG 9000 恒温烘箱(上海索域试验设备有限公司)。

正构烷烃标准品: $C_5 \sim C_{20}$ (德国 Sigma 公司); 内标化合物: 2,4,6-三甲基吡啶(>98.0%); 挥发性香气化合物标准品系列(色谱纯)均购自 TCI 公司。

2.2 样品准备及顶空 SPME 捕集

取新鲜北极虾(*P. borealis*) 虾头(整虾购自湛江东风市场), 采用塑料袋包装 500 g/袋, 于 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱冷冻保存。使用前解冻并打浆, 冷冻干燥得到虾头粉(水分含量约 5%)。

手动固相微萃取装置(美国 Supelco 公司), 选择 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头; 初次使用前在气相色谱的进样口下老化 1 h。称取冷冻干燥虾头粉 1.5 g 于 15 mL 顶空进样瓶中, 顶空瓶首先在 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱平衡 10 min, 再进行静态顶空 SPME 萃取, 时间 40 min, 然后 GC-MS 进样, 解吸温度 $250\text{ }^\circ\text{C}$, 解吸时间 5 min。

2.3 GC-MS 分析条件

色谱柱为 SupelcowaxTM-10 毛细管柱(30 m \times 0.25 mm ϕ , 0.25 μm , 美国 Supelco 公司); 程序升温: 起始温度 $40\text{ }^\circ\text{C}$, 保持 5 min, 以 $2.5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速度升至 $250\text{ }^\circ\text{C}$, 保持 10 min; 载气(He) 流速 0.7 mL/min, 压力 25 kPa, 不分流进样, 气化室和进样口温度均为 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 。质谱采用电子轰击(EI) 离子源; 电子能量 70 eV; 传输线温度 $250\text{ }^\circ\text{C}$; 离子源温度 $200\text{ }^\circ\text{C}$; 质量扫描范围 m/z 40 ~ 350, 检测器电压 350 V。

2.4 RI 标准品曲线

取 $C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃标准品, 以甲醇为溶剂配制浓度为 0.1% 的溶液, 采取与样品相同的分析条件, 测定其 GC 保留时间, 以 $C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃的保留时间对应的相对保留指数(RI) 值做曲线。

按照 Kovats 计算式:

$$I = 100 \left(\frac{\lg X_i - \lg X_z}{\lg X_{z+1} - \lg X_z} \right) \quad (1)$$

式中, I 为保留指数, 在本文中是 RI(相对保留指数), X 为调整保留时间, i 为被测物质, Z 和 $Z+1$ 代表具有 Z 个和 $Z+1$ 个碳原子数的正构烷烃。被测物质的 X 值应恰在这两个正构烷烃的 X 值之间, 即 $X_z < X_i < X_{z+1}$ 。以实验得到的保留时间进行 RI 值计算, 得出各未知挥发性化合物的 RI 值。将文献值与实验值对照列表, 得到系列测得保留指数和保留指数数据库值, 二者比较进行验证。

2.5 标准品确证

样品通过 GC-MS 分离鉴定, 并经 RI 值验证后, 得到一系列挥发性化合物, 选择所测化合物的标准品, 分别配制浓度约为 20 mg/L 的甲醇溶液 GC-MS 分析。将标准品的图谱与样品中未知物的图谱进行对照, 确证的未知化合物。

3 结果与讨论

3.1 GC-MS 分离及初步鉴定

北极虾虾头的挥发性化合物的总离子流色谱图见图 1。从图 1 可见, 在此分析条件下得到的图谱分离度和定量准确度均较好, 通过 MS 谱库(NIST08.LIB) 进行匹配度和图谱比较, 得到虾头挥发性化合物 GC-MS 分离鉴定的初步结果(表 1), 利用 RI 值和标准品进一步确证。

3.2 Kovats 保留指数(RI) 验证

$C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃标准品的保留时间与对应 RI 值的标准曲线如图 2 所示, 这是进一步确定样品中各未知物 RI 值的前提条件。

按照 Kovats 计算式, 得到各未知物的 RI 实验测得值。然后在相关数据库(<http://www.odour.org.uk> 和 <http://www.flavornet.org> 等) 及相关文献资料中检索各未知物的 RI 值, 均列入表 1 中, 进行比较, 进一步确认。本实验所得 RI 是可信度最高的, 但采用 Kovats 计算式要进行温度的校正, 同时在进行 RI 值检索时, 要匹配相同或相似的色谱柱, 因为保留时间是不同色谱固定相分离特性的不同所造成的。本实验所用毛细管柱型号为 Supelcowax-10, 可与 DB-Wax, CW-20M, Sp-wax, DB-FFAP, FFAP, HP-FFAP

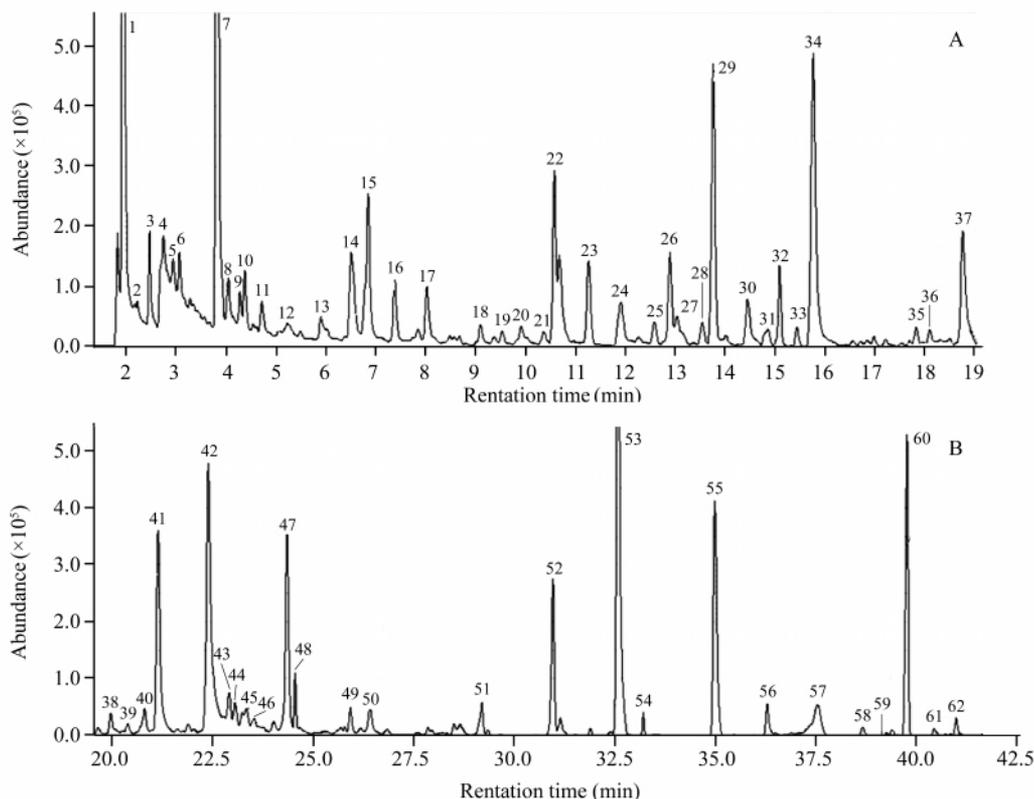


图1 虾头挥发性成分 SPME-GC-MS 检测的总离子流色谱图

Fig.1 TIC of volatile compounds in shrimp head analyzed by SPME-GC-MS

(A) 1.0 - 19.5 min; (B) 19.5 - 42.0 min.

和HP-20M 等进行匹配。

3.3 Standard 确证

经过 MS 图谱鉴定与 RI 值验证,得到挥发性化合物的 GC-MS 检测的初步结果,然后进行标准品的 GC-MS 最终确证,以 2-乙基-1-己醇为例说明鉴定过程见图 3。

保留时间为 30.96 的未知化合物,MS 鉴定相似度最高 91% 的化合物为 3,5,5-三甲基-2-己烯,其 RI 实验值为 1490。比较未知物与 3,5,5-三甲基-2-己烯的 MS 图谱,认为可能不是同一个化合物,通过检索已有文献结果^[14] 以及标准品对照,最终确认该未知物为 2-乙基-己醇(RI 为 1491)。

3.4 北极虾虾头挥发性风味化合物的组成及特征风味化合物

经过 GC-MS 分析鉴定、RI 值验证和 STD 确定后,得到北极虾头挥发性化合物的结果列于表 1。

从北极虾头中分离鉴定得到 62 种挥发性化合物,主要由烃类、醇类、酮类、脂类、醛类、含氮、含硫及呋喃类等化合物组成,各化合物的种类及相对百分含量见图 4。

分析结果表明,北极虾虾头的挥发性风味成分的种类及含量中 18 种烃类化合物占 27.98%,但烃类具有较高的芳香阈值,尤其是正构烷烃,对于虾头特征风味的贡献与含量是不成正比的;14 种酮类化合物含量为 21.93%,具有甜味及新鲜蘑菇风味的(顺,反)3,5-辛二烯-2-酮和(反,反)3,3-辛二烯-2-酮的含

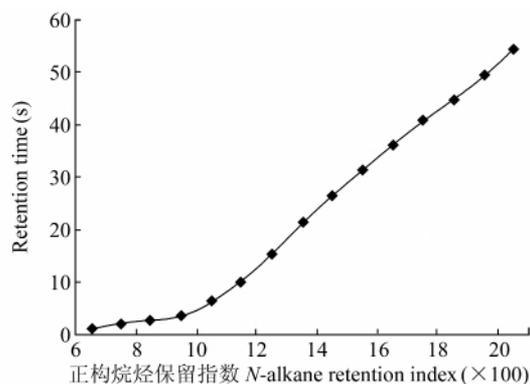


图2 $C_5 \sim C_{20}$ 正构烷烃标准品的 Kovats 保留指数-保留时间图

Fig.2 Kovats retention index (RI) and retention time (RT) relations of $C_5 - C_{20}$ hydrocarbon standard compounds

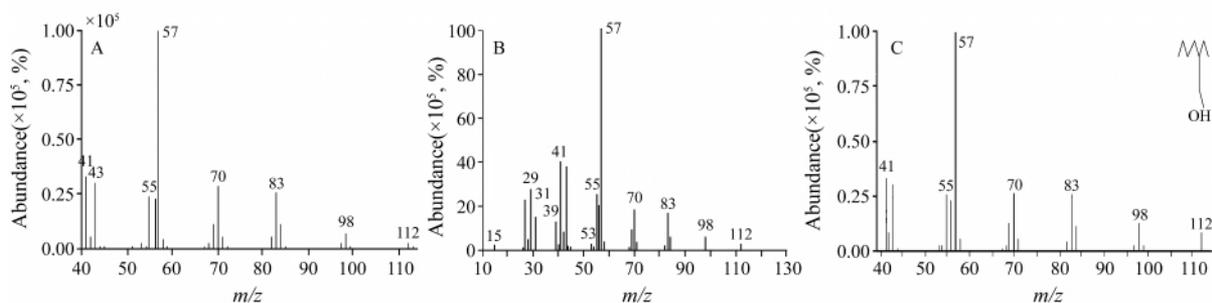


图 3 化合物(保留时间 30.96 min) MS 鉴定举例

Fig. 3 Compounds (retention time 30.96 min) on the information of GC-MS and standard chromatography

A: 未知物图谱; B: 最大相似度图谱; C: 标准品确证图谱。A: MS of unknown comp.; B: MS of biggest similarity comp.; C: MS of standard (STD) comp.

表 1 北极虾头中特征性挥发性化合物的分析及鉴定结果*

Table 1 Analysis and identification of specific volatiles in shrimp head (*P. Borealis*)

峰号 No	保留时间 RT (min)	挥发性组分名称 Volatile compounds	鉴定方法 Identification method	保留指数 RI		香气特征 ^a Odour description	相对含量 RC (%)
				实验值 Exp.	文献值 Ref.		
1	1.93	三甲胺 Trimethylamine	MS, RI, Std	679	679	鱼腥、氨味、虾味 Fishy, amine, shrimp	12.61
2	2.23	正庚烷 Heptane	MS, RI, Std	702	700	果味、甜味 Fruity, Sweet	0.25
3	2.46	二甲硫 Dimethyl sulfide	MS, RI, Std	748	745	硫、卷心菜及奶酪 Sulfur, Cabbage, cheese	0.71
4	2.75	正辛烷 Octane	MS, RI, Std	802	800	杂醇、果味、甜味 Fusel-like, Fruity, Sweet	2.86
5	3.07	醋酸甲酯 Methyl acetate	MS, RI, Std	831	828	水果、黑加仑汁风味 Fruit, Blackcurrant juice	1.22
6	3.82	醋酸乙酯 Ethyl Acetate	MS, RI, Std	890	890	果味、奶油味、橙味 Fruity, buttery, orange	9.96
7	4.05	2-丁酮 2-Butanone	MS, RI, Std	904	903	朦胧、奶酪味 Ethereal, cheese	0.84
8	4.28	2-甲基丁醛 2-Methyl-butanal	MS, RI, Std	915	912	坚果、烧烤及麦芽 Nutty, burnt, malty	0.51
9	5.23	2-乙基呋喃 2-Ethyl-furan	MS, RI, Std	956	956	橡胶味、刺激味 Rubber, pungent, musty	0.41
10	6.51	正癸烷 Decane	MS, RI, Std	998	1000	杂醇、果味、甜味 Fusel-like, Fruity, Sweet	1.44
11	7.38	1-戊烯-3-酮 1-Penten-3-one	MS, RI	1027	1030	甜味、果味及酮气味 sweet fruity ketone	0.68
12	9.10	2,3-戊二酮 2,3-Pentanedione	MS, RI, Std	1071	1054	焦糖、果味、奶油 Caramel, Fruity, Buttery	0.26
13	9.92	己醛 Hexanal	MS, RI, Std	1088	1084	果味、鱼腥、药草味 Fruity, Fishy, Herbal	0.26
14	10.65	正十一烷 Undecane	MS, RI, Std	1108	1100	杂醇气味 Fusel-like	3.08
15	11.27	3-甲基-丁基 醋酸酯 3-Methyl-butyl acetate	MS, RI	1119	1118	新鲜、香蕉、果味 Fresh, Banana, Fruity	1.02
16	11.92	3-戊烯-2-酮 3-Penten-2-one (E)	MS, RI, Std	1133	1123	甜的水果及酮气味 Sweet fruity ketone	0.73
17	12.90	正丁醇 1-Butanol	MS, RI, Std	1153	1145	红酒、药、果香 Wine, medicine, fruit	1.15
18	13.04	2-甲基-2-戊烯醛 2-Methyl-2-pentenal	MS, RI	1155	1151	果香、香料和青草香 Fruity, Spicy, Grassy	0.54
19	13.76	1-戊烯-3-醇 1-Penten-3-ol	MS, RI, Std	1168	1181	烧灼味、肉味、青草味 Burnt, meaty, grassy	3.28
20	14.45	吡啶 Pyridine	MS, RI, Std	1180	1180	肉、坚果、扇贝味 meat, nutty, scallop-like	0.74
21	15.77	正十二烷 Dodecane	MS, RI, Std	1202	1200	杂醇气味 Fusel-like	4.77
22	20.81	辛醛 Octanal	MS, RI, Std	1295	1298	橘皮 脂肪 辛辣 Orange peel, fatty, pungent	0.73
23	21.14	正十三烷 Tridecane	MS, RI, Std	1302	1300	柑橘类 水果 Citrus-like, Fruity	3.36

续表1(Continued to Table 1)

峰号 No	保留时间 RT (min)	挥发性组分名称 Volatile compounds	鉴定方法 Identification method	保留指数 RI		香气特征 ^a Odour description	相对含量 RC (%)
				实验值 Exp.	文献值 Ref.		
24	22.39	氮,氮-二甲基甲酰胺 <i>N,N</i> -Dimethyl formamide	MS, RI, Std	1326	1319	氨味和淡鱼腥味 amine, faint fishy	6.09
25	22.91	6-辛烯-2-酮 6-Octen-2-one	MS	1336	—	酮、果香 ketone, fruit odour	0.97
26	23.06	庚酸乙酯 Ethyl heptanoate	MS, RI, Std	1339	1341	果香、朗姆酒 fruity, rum wine	0.72
27	23.24	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-heptene-2-one	MS, RI, Std	1342	1345	甜味、果味 Sweet, fruity	0.47
28	29.19	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	MS, RI, Std	1456	1460	蘑菇、鱼、脂肪 Mushroom, fishy, fatty	0.76
29	30.96	2-乙基-1-己醇 2-Ethyl-1-hexanol	MS, RI, Std	1490	1491	温和油脂味、玫瑰 Mild, Oily, rosy	3.09
30	32.58	(顺,反)3,5-辛二烯-2-酮 (<i>Z,E</i>)3,5-Octadien-2-one	MS, RI	1524	1500	甜、新鲜、蘑菇味 Sweet, fresh, mushroom	9.84
31	34.98	(反,反)3,3-辛二烯-2-酮 (<i>E,E</i>)3,3-Octadien-2-one	MS, RI	1573	1588	蘑菇、干草、新鲜气味的 mushroom, hay, fresh	5.71
32	39.76	2-甲基十六烷 2-Methylhexadecane	MS, RI	1676	1654	—	4.73

* : 本表只列出部分特征化合物,未包括所有已鉴定的挥发性化合物; a : 香气特征引自文献; RI: 相对保留指数; RC: 面积归一化的相对百分含量(相对含量 > 1.0%的化合物)(This table only gives some specific compounds but not all the compounds); a: Odour description obtained from reference; RI: Relative retention index; RC: Relative contents (the comp. contents over 1.0%)。

量分别为 9.55% 和 5.54%, 同时还有 2-丁酮、1-戊烯-3-酮、2,3-戊二酮、3-戊烯-2-酮、6-辛烯-2-酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮等, 因此丰富的酮类化合物贡献于虾的甜的花香和果香风味, 通常由多不饱和脂肪酸的氧化或降解、氨基酸降解或微生物氧化产生; 脂类化合物, 如醋酸乙酯(9.67%)和醋酸甲酯(1.18%), 同样以甜的果香风味特征使北极虾的风味更加浓郁; 含量较高的醇类化合物(9.3%), 特别是具有蘑菇、肉味和温和油脂风味的 1-戊烯-3-醇(3.28%)、2-乙基-1-己醇(3.09%)和 1-辛烯-3-醇(0.76%)等, 具有低阈值和高风味活性的特点, 可能由脂肪的氧化分解或由羰基化合物还原生成, 对虾头风味也有较大的贡献^[15]。虾头属于虾加工副产品, 含氮化合物的含量较高(19.58%), 造成了虾头明显的腥味和虾的特征风味, 因此在虾头精深加工中需要脱腥处理, 才可能得到更加宜人的虾风味产品; 除此之外, 虾头中还含有醛类化合物(2.86%)、呋喃化合物(0.41%)、含硫化合物(0.71%)及未知物(3.76%) 构成虾头复杂的天然风味。

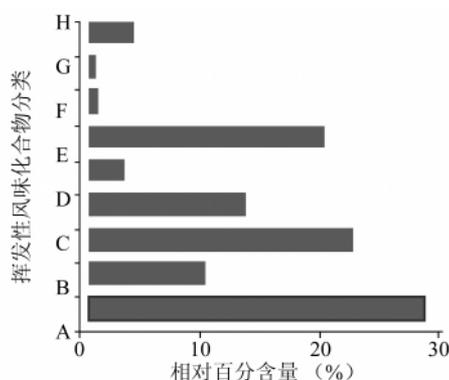


图4 北极虾头中挥发性风味化合物的构成种类及含量

Fig. 4 Types and contents of volatile compounds analyzed in shrimp head (*P. Borealis*)

A. 烃类(Hydrocarbons); B. 醇类(Alcohols); C. 酮类(Ketones); D. 脂类(Esters); E. 醛类(Aldehydes); F. 含氮化合物(Nitrogen-containing comp.); G. 含硫化合物(Sulfur-containing comp.); H. 呋喃类(Furans); I. 未知物(Unknowns)。

References

- ZENG Dong, CHEN Bo, YAO Shou-Zhuo (曾栋, 陈波, 姚守拙). *Chinese J. Anal. Chem.* (分析化学). **2005**, 33(4): 491~494
- FU Yu-Xin, XU Yuan-Jun, CHEN Bin, LI Yan, LUO Li-Ping (付宇新, 徐元君, 陈滨, 李艳, 罗丽萍). *Chinese J. Anal. Chem.* (分析化学). **2009**, 37(5): 745~748
- YANG Ting-Xu, LI Jing-Wen, WU Shi-Min, CHEN Xiao-Yi (杨婷旭, 李静文, 吴时敏, 陈啸邑). *Food Science* (食品科学), **2009**, 30(15): 257~260
- Bianchi F, Careri M, Mangia A, Musci M. *Journal of Separation Science*, **2007**, 30(4): 563~572
- Hemmateenejad B, Javadnia K, Elyasi M. *Anal. Chim. Acta*, **2007**, 592(1): 72~81

- 6 Giri A , Osako K , Ohshima T. *Food Research International* , **2010** , 43(4) : 1027 ~ 1040
- 7 Pontes M , Marques J C , Camara J S. *Microchemical Journal* , **2009** , 93(1) : 1 ~ 11
- 8 LIAN Zong-Yan , YANG Feng-Qing , LI Shao-Ping (连宗衍 , 杨丰庆 , 李绍平) . *Chinese J. Anal. Chem.* (分析化学) . **2009** , 37(2) : 283 ~ 287
- 9 Heu M S , Kim J S , Shahidi F. *Food Chemistry* , **2003** , 82(2) : 235 ~ 242
- 10 Sánchez-Camargo A P , Meireles M A A , Lopes B F , Cabral F A. *Journal of Food Engineering* , **2011** , 102: 87 ~ 93
- 11 Coward-Kelly G , Agbogbo F K , Holtzapple M T. *Bioresource Technology* , **2006** , 97(13) : 1515 ~ 1520
- 12 Du Y J , Zhao Y Q , Dai S C , Yang B , Jiang Y M , Rao G H. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* , **2009** , 10(1) : 103 ~ 107
- 13 Armenta R E , Guerrero-Iegarreta I. *Food Chemistry* , **2009** , 112(2) : 310 ~ 315
- 14 Mondello L , Sciarrone D , Casilli A. *Journal of Separation Science* , **2007** , 30(12) : 1905 ~ 1911
- 15 Roachat S , Egger J , Chaintreau A. *J. Chromatogr. A* , **2009** , 1216(36) : 6424 ~ 6432

Determination of Volatile Flavor Compounds of Shrimp Head by Headspace Solid Phase Microextraction- Gas Chromatography-Mass Spectrometry

XIE Wan-Cui , YANG Xi-Hong* , ZHANG Chao-Hua , JI Hong-Wu , ZHANG Li-Feng

(Key Laboratory of Aquatic Product Advanced Processing of Guangdong Higher Education Institutes ,
College of Food Science and Technology , Guangdong Ocean University , Zhanjiang 524088)

Abstract For determination the volatile flavor compounds of sweet shrimp heads (*P. Borealis*) , solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry was used to separate and identify , then standards of hydrocarbons of C₅ - C₂₀ were adapted to verify by Kovats retention index (RI) , finally , the standard compounds of unknown were analyzed to confirm these identifications. Based on these , 62 kinds of volatile compounds in shrimp heads (*P. Borealis*) were analyzed by qualitative and semi-quantitative method , in which include 18 hydrocarbons (27.98%) , 6 alcohols (9.57%) , 14 ketones (21.93%) , 5 esters (13.20%) , 8 aldehydes (2.86%) , 1 furan compound (0.41%) , 4 nitrogenous compounds (19.58%) , 1 sulphurs (0.71%) , and 4 unknowns (3.76%) . Considering the threshold perception and odour active values , ketones of (E , Z) 3,5-octadien-2-one , (E , E) 3,5-octadien-2-one , 1-penten-3-one , 3-penten-2-one (E) , and 6-methyl-2-heptanone that have sweet , fresh mushroom flavor were identified as the key compounds for the shrimp head flavor. Esters (ethyl acetate) and alcohols (1-penten-3-ol , 1-octen-3-ol , and 2-ethyl-1-hexanol) have high contribution to shrimp head flavor too. Moreover , the high concentration of nitrogenous compounds such as trimethylamine can cause a fishy flavor of shrimp head. The results indicated that by combining with GC-MS , RI and standard confirm , the credibility of the data increased. The SPME-GC-MS method could be used as a reference for analysis of complicated volatile flavor of aquatic products.

Keywords Shrimp head (*P. Borealis*) ; Volatile flavor; Solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry; Retention index

(Received 4 January 2011; accepted 29 March 2011)