

使用 TD-GC/MS-O 分析螺蛳粉挥发性风味成分

朱建设

(哲斯泰(上海)贸易有限公司, 上海 201206)

摘要: 螺蛳粉具有其非常独特气味和香味, 是由于其特有配料的各种挥发性风味化合物带来的。本文采用热脱附 TDU--吸附搅拌磁子 (SBSE) 提取螺蛳粉汤的挥发性风味香气香味成分, 气相色谱质谱法分析鉴定螺蛳粉汤的挥发性风味香气香味成分; 采用 TF-SPME 薄膜固相微萃取测定酸笋的挥发性化合物; 采用 GC-MS-O 对气味进行考察。利用气质数据解卷积软件拆分共流出色谱峰和保留指数校正以及化合物的气味风味信息, 来揭示螺蛳粉其独特风味化合物的构成。

关键词: 螺蛳粉, 酸笋, ODP, 嗅闻, GCMS, 保留指数, AromaOffice2D

螺蛳粉是广西柳州的特色小吃之一, 是广西当地居民主要的快餐食品。产品都以广西地方特色的食材——酸笋以及螺蛳(石螺)为主要原料, 具有辣、爽、鲜、酸、烫的独特风味, 是柳州最具地方特色的名小吃。近年来, 柳州螺蛳粉因其独特的风味及营销模式迅速红遍全国。螺蛳粉的味美还因为它有着独特的汤料。汤料由螺蛳、山奈、八角、肉桂、丁香、多种辣椒、等天然香料和味素配制而成。2018年8月20日, “柳州螺蛳粉”获得国家地理标志商标 [1]。2008年, 柳州螺蛳粉手工制作技艺入选广西壮族自治区第二批非物质文化遗产名录。2020年被列入国家级非物质文化遗产名单。[2]

螺蛳粉由于其独特的汤料而呈现特有的气味和香味。这种特有的美味是由螺蛳粉里面的特有配料的各种挥发性风味化合物带来的。有少数文献对于酸笋(非方便速食螺蛳粉所用酸笋)的成分分析有报道[3], 但对于螺蛳粉全汤的风味成分未见报道。本文采用吸附搅拌磁子 (SBSE) 提取螺蛳粉汤的挥发性风味香气香味成分, 大体积冷却进样口 CIS, 热脱附 TDU 和气相色谱质谱法分析鉴定螺蛳粉汤的挥发性风味香气香味成分; 采用 TF-SPME 薄膜固相微萃取测定酸笋的挥发性化合物; 采用 GC-MS-O 对气味进行考察。利用 AromaOffice2D 风味物质数据库软件查询和处理 GCMS 数据。此软件包含解卷积拆分共流出色谱峰和保留指数校正以及化合物的气味风味信息。

1 试验部分

1.1 仪器与装置

美国安捷伦 7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪

德国 Gerstel 的 MPS Robotic Pro 多功能自动样品前处理平台，可以实现全自动液体，顶空，固相微萃取 SPME，热脱附，磁力搅拌吸附萃取 SBSE，动态顶空 DHS 等功能。

德国 Gerstel 的 CIS4 大体积冷阱进样口和 TDU2 热脱附单元。

德国 Gerstel 的 ODP4 嗅闻仪。

磁力吸附搅拌子（PDMS，10mmX1mm, Gerstel）

薄膜固相微萃取 TF-SPME(PDMS/DVB, 20 x 4.8 mm, Gerstel)。

1.2 样品，标样，试剂

样品：方便袋装螺蛳粉（京东电商平台）。

香气香味化合物标准品均来自 Sigma-Aldrich 等主要试剂公司，少数为实验室内部精制标样。C6-C30 正构烷混合标准物，来自安谱公司。

1.3 GC/MS 条件

1.3.1 色谱条件:

色谱柱：安捷伦 HP-Innowax (60m×0.25 mm (i.d.)×0.25μm) 惰性毛细管柱；

升温程序：40℃保持 2 min，以 5 °C/min 升至 250℃，保持 20 min；

载气（He, 纯度 99.999%以上）流速 1.8mL/min；

进样口：CIS-PTV 大体积冷阱进样口，温度-30℃-250℃，15℃/S；分流比 11:1。

热脱附 TDU：25-230℃, 100℃/min, 不分流，传输线温度：260℃

MSD 和 ODP 分流比为 1:1

1.3.2 质谱条件:

电子轰击 (EI) 离子源; 电子能量 70eV; 传输线温度 250°C; 离子源温度 230°C; 四级杆温度 150°C。SCAN 扫描范围: 29-400。EMV: 1328V。

1.4 数据处理软件:

安捷伦 MS 化学工作站 F 版

Amdis 自动化质谱图解卷积和鉴定软件

GERSTEL Olfactory Data Interpreter (ODI) Software

AromaOffice2D V7 风味物质数据库软件 (Gerstel, K.K)

1.5 样品的提取处理及分析方法

按方便螺蛳粉说明的步骤煮螺蛳粉: 将干粉及 500ml 冷水放入锅中, 煮沸约 8-10 分钟, 粉用筷子能夹断即可, 捞起放入碗中备用。加入 500ml 水进锅中烧开, 倒入煮好的米粉和汤包煮开, 把配料(腐竹、木耳、酸笋、花生等)放入, 煮开后倒入碗中搅拌均匀。

螺蛳粉汤: 准确取 15g 样品于 20ml 顶空瓶, 准确加入 1ppm 的内标物, 放入磁力吸附搅拌子, 一小时后, 用去离子水冲洗干净, 放入 TDU2 热脱附的小管, 运行序列, 进行热脱附。

酸笋: 取 3.6g 样品于 20ml 顶空瓶, 悬挂 TF-SPME 薄片, 60°C 提取 1 小时后, 放入 TDU2 热脱附的小管, 运行序列, 进行热脱附, TDU 温度 30-250°C, CIS 温度-30-250°C。



图 1 TF-SPME 薄膜固相微萃取示意图

在分析样品前, 和样品分析完全相同的条件下, 用 0.05% 的 C6-C30 的正构烷标样注射到 GCMS, 获得正构烷的保留时间, 用于软件计算保留指数。

2 结果与讨论

2.1 样品处理方法

螺蛳粉汤的原料比较复杂，里面有米粉，调料包和其它材料。其香气成分测定需要一种简单快速，无溶剂或少许溶剂的提取富集技术。和一般需要溶剂和浓缩的复杂步骤的 LLC，SDE，SPE，SAFE 等样品提取制备方法相比，搅拌棒吸附萃取（SBSE）是一种无溶剂的用于萃取和浓缩痕量有机物的技术。其灵敏度高，重现性好，样品用量少，操作简单快速，也比普通 SPME 的灵敏度高许多，非常适合螺蛳粉汤的风味化合物的测定。

对于有独特风味的腌制发酵的酸笋是条状的，薄膜固相微萃取 TF-SPME 比较适合。

2.2 螺蛳粉汤的挥发性化合物分析

SBSE 提取测定某螺蛳粉汤的挥发性化合物总离子色谱图（TIC）如下：

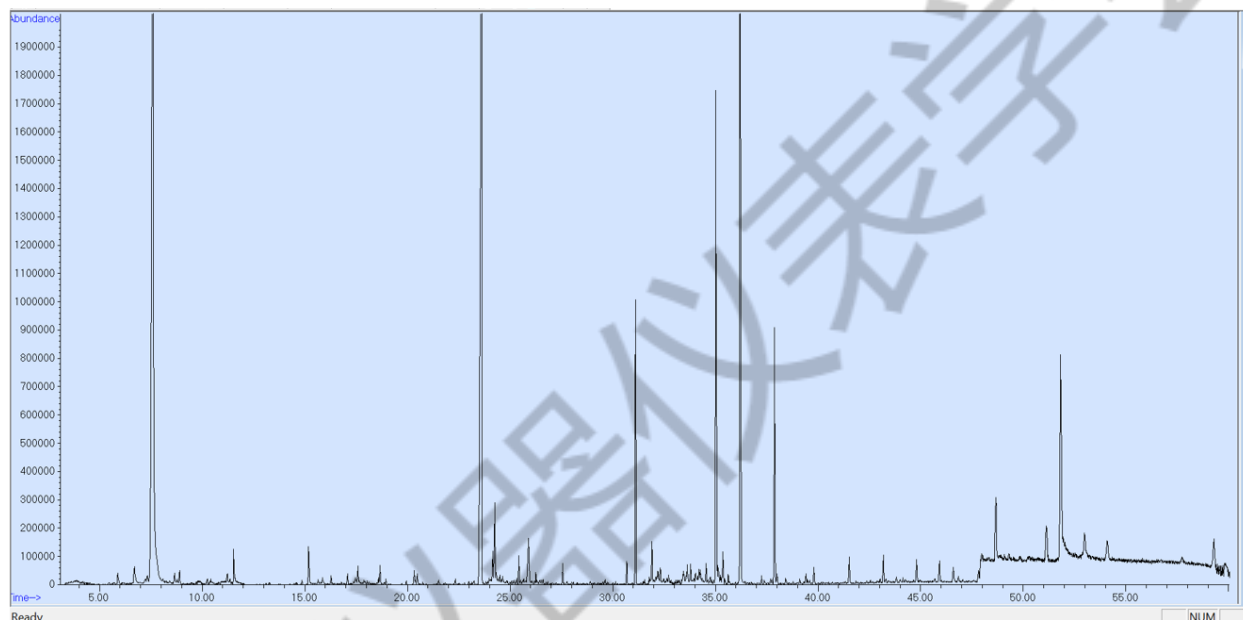


图 2 SBSE 提取测定某螺蛳粉汤的挥发性化合物总离子色谱图（TIC）

从 SBSE 提取测定某螺蛳粉汤鉴定了大约 125 种风味化合物。含量最高的化合物是对甲酚，为 76.8957ppm。含量最多化合物有大茴香脑，乙基麦芽酚，丁香酚棕榈酸等。其次有乙酸乙酯，正己醇，桉叶素，苯甲醛，芳樟醇，石竹烯，大茴香醛等。

各种萜烯，醛类，醇类，酮类，酯类，酚类，吡嗪，硫醚等，在此不一一例举讨论。，详见表 1 某螺蛳粉汤的 SBSE 分析组分表。

表 1 某螺蛳粉汤的 SBSE 分析组分表

N o.	Name 化合物名称	RI_L ib	RI_te st	RT_m in	ppm
1	PROPANONE	810	788	5.455	0.053 6
2	ETHYL ACETATE	880	868	6.694	2.466 0
3	METHYLBUTYRALDEHYDE, 2-	911	901	7.231	0.466 4
4	ISOVALERALDEHYDE	925	906	7.33	0.686 2
5	ALCOHOL	934	918	7.598	3.000 0
6	ETHYL ISOBUTYRATE	969	955	8.406	0.053 6
7	PROPYL ACETATE	979	966	8.659	0.873 8
8	ALDEHYDE C 5	985	973	8.802	0.053 6
9	PINENE, ALPHA-	1032	1012	9.707	0.010 7
10	ETHYL BUTYRATE	1038	1032	10.24 8	0.391 3
11	TOLUENE	1043	1039	10.42 5	0.241 2
12	BUTYL ACETATE	1082	1069	11.22 5	0.632 6
13	DIMETHYL DISULPHIDE	1084	1074	11.35 8	0.064 3
14	ALDEHYDE C 6	1094	1080	11.53 9	2.948 5
15	CARENE, DELTA-3-	1152	1143	13.28 1	0.053 6
16	PHELLANDRENE ALPHA	1171	1178	14.27 6	0.053 6
17	HEPTANONE, 2	1185	1186	14.48 4	0.053 6

18	LIMONENE	1201	1198	14.84 6	0.310 9
19	EUCALYPTOL	1222	1210	15.18 3	2.482 1
20	HEXENAL, 2E-	1215	1226	15.64	0.273 4
21	PENTYL FURAN-2	1213	1234	15.84 9	0.053 6
22	TERPINENE, GAMMA-	1241	1249	16.27 1	0.546 8
23	CYMENE, P-	1263	1278	17.07 3	0.852 4
24	TERPINOLENE	1288	1289	17.38 7	0.053 6
25	BENZENE, 1,2,4-TRIMETHYL-	1270	1291	17.45 9	0.461 0
26	ALDEHYDE C 8	1297	1295	17.57 5	1.050 7
27	CYCLOHEXANONE	1285	1306	17.86 9	0.080 4
28	OCTENONE, 1,3-	1296	1308	17.93 3	0.053 6
29	OCTANEDIONE, 2,3-	1310	1329	18.50 2	0.053 6
30	DIMETHYLPYRAZINE, 2,5-	1336	1332	18.58 4	0.477 1
31	HEPTENAL, 2E-	1334	1335	18.65 5	1.334 8
32	INDANE	1369	1342	18.86 1	0.005 4
33	METHYL HEPTENONE, 6,5,2-	1334	1346	18.94 3	0.252 0
34	ALLINATE /ALLYL ISOTHIOCYANATE	1357	1374	19.72	0.053 6
35	1,1-ETHANEDIOL DIACETATE	1372	1382	19.94 3	0.042 9
36	NONANONE, 2-	1399	1396	20.32 5	1.040 0
37	TETRADECANE	1400	1398	20.32 5	0.225 2

38	ALDEHYDE C 9	1383	1402	20.47 3	0.943 5
39	FENCHONE	1396	1412	20.73	0.053 6
40	OCTENAL, 2E-	1437	1442	21.51 5	0.241 2
41	OCTENOL, 1,3-	1446	1452	21.76 3	0.005 4
42	PYRAZINE, 3,6-DIMETHYL 2-ETHYL-	1437	1455	21.83 5	0.010 7
43	PENTADECANE	1500	1500	23	0.080 4
44	COPAENE, ALPHA-	1498	1505	23.13 9	0.010 7
45	HEPTADIENAL, 2E,4E-	1482	1510	23.24 9	0.021 4
46	BENZALDEHYDE	1530	1547	24.16 1	2.369 5
47	LINALOOL	1548	1550	24.25 5	5.762 9
48	PYRAZINE, 3,6-DIMETHYL-2-VINYL-	1531	1553	24.33 1	0.916 7
49	ALCOHOL C 8	1550	1561	24.50 7	0.600 4
50	Pentadecane, 3-methyl-		1566	24.64 5	0.579 0
51	HEXADECANE	1600	1598	25.43 4	1.731 5
52	NONADIENAL, 2E,6Z-	1579	1602	25.52 2	0.048 2
53	METHYL HEPTADIENONE, 6,3,5,2-	1593	1608	25.67 5	0.375 3
54	TERPINENOL, 4-	1601	1616	25.90 9	0.520 0
55	CARYOPHYLLENE	1584	1618	25.90 9	5.360 8
56	DECENAL, 2E-	1636	1658	26.84 2	0.026 8
57	ACETOPHENONE	1644	1675	27.24 1	0.016 1

58	ESTRAGOL	1666	1689	27.57 1	1.200 8
59	HEPTADECANE	1700	1698	27.78 4	0.075 1
60	TERPINEOL, ALPHA-	1698	1708	28.01 4	0.032 2
61	TERPINYL ACETATE, ALPHA-	1685	1712	28.08 6	0.053 6
62	CRESYL ACETATE, P-	1714	1748	28.89 2	0.053 6
63	DECADIENAL, 2E,4Z	1761	1781	29.63 6	0.316 3
64	OCTADECANE	1800	1798	30.01 2	0.053 6
65	METHYL SALICYLATE	1753	1804	30.13 7	0.048 2
66	DECADIENAL, 2E,4E-	1809	1829	30.68 3	1.624 3
67	ANETHOLE TRANS-	1777	1850	31.11 6	18.39 30
68	CAPRONIC ACID	1840	1862	31.37 3	0.010 7
69	GERANYLPROPANONE	1840	1867	31.48 2	0.032 2
70	unknown		1870	31.54 7	0.316 3
71	BUTYRIC ACID-3-HYDROXY-2,2,4- TRIMETHYL-PENTYLESTER, ISO-		1880	31.77 3	0.541 4
72	2,2,4-TRIMETHYL-1,3-PENTANEDIOL DIISOBUTYRATE	1869	1887	31.90 8	3.232 6
73	BENZYLALCOHOL	1886	1895	32.09 2	0.589 7
74	SAFROL	1851	1901	32.19 8	1.431 3
75	unknown		1907	32.32 1	1.163 3
76	TRIDECANOL, 2-	1917	1922	32.63 2	0.337 7
77	BHT IONOL	1901	1925	32.71 7	0.723 7

78	PHENYLETHYL ALCOHOL, 2-	1910	1932	32.84	0.042 9
79	IONONE, BETA-	1934	1961	33.42 9	1.377 7
80	HEXANOIC ACID, 2-ETHYL-	1951	1963	33.42 9	0.273 4
81	HEPTANOIC ACID	1947	1969	33.57 6	0.675 5
82	ALCOHOL C 12	1965	1971	33.62 9	1.383 1
83	METHYLGUAIACOL, 4-	1951	1979	33.78 6	1.468 9
84	unknown		1991	34.03 7	0.691 5
85	ACETYLPIRROLE-2	1975	1996	34.12 9	0.310 9
86	EICOSANE	2000	1999	34.19 6	0.777 3
87	unknown		2002	34.25 8	0.734 4
88	Caryophyllenepoxid III		2017	34.54 2	1.361 6
89	EUGENOL METHYL ETHER	2023	2028	34.76 7	0.552 2
90	ETHYLMALTOL	2040	2041	35.02 1	35.02 76
91	ETHYLGUAIACOL, 4-	2009	2053	35.24 6	0.600 4
92	ANISYL ALDEHYDE	2001	2059	35.36 2	2.519 6
93	CINNAMIC ALDEHYDE	2015	2072	35.62 5	0.482 5
94	CAPRYLIC ACID	2038	2075	35.68 2	0.053 6
95	Heneicosane		2099	36.20 8	0.005 4
96	CRESOL, P-	2067	2103	36.20 8	76.89 57
97	ETHYL CINNAMATE	2129	2158	37.24 4	0.514 6

98	BUTYL ISOTHIOCYANATE, 4-METHYLTHIO-	2109	2166	37.38 6	0.203 7
99	PELARGONIC ACID	2149	2183	37.69 5	0.337 7
10 0	BENZYL METHYL KETONE, 4-METHOXY-	2133	2186	37.75 9	0.284 1
10 1	EUGENOL	2151	2193	37.88 2	16.34 52
10 2	PHENOL, 3-ETHYL-	2182	2197	38.00 6	0.117 9
10 3	DOCOSANE	2200	2199	38.00 6	0.841 6
10 4	VINYLGUAIACOL, 4-	2181	2223	38.42 7	0.503 9
10 5	PROPIOPHENONE, 4-METHOXY-	2187	2242	38.77 7	0.021 4
10 6	ETHYL PALMITATE	2253	2261	39.11 3	0.369 9
10 7	HELIOTROPIN	2226	2272	39.31 3	0.026 8
10 8	unknown		2277	39.40 4	0.788 0
10 9	BENZENE, 4-PROPENYL-1-(3-METHYL-2-BUTENYLOXY)-/ FOENICULIN	2261	2282	39.49 7	0.300 2
11 0	CAPRIC ACID	2253	2288	39.59 9	0.010 7
11 1	TRICOSANE	2300	2299	39.79 8	1.136 5
11 2	PHENOL, 2,4-DI-TERT.-BUTYL-	2293	2321	40.16 5	0.021 4
11 3	DIETHYL PHTHALATE	2375	2397	41.52 4	0.042 9
11 4	TETRACOSANE	2400	2400	41.52 4	2.074 6
11 5	PHENOL, 4-VINYL-	2379	2420	41.85	0.016 1
11 6	2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-nonyl-?		2462	42.55 5	0.005 4
11 7	PENTACOSANE	2500	2500	43.18 6	2.004 9

118	METHYL LINOLEATE	2480	2509	43.305	0.0161
119	ETHYL LINOLEATE	2532	2546	43.825	0.0697
120	2',3',4' Trimethoxyacetophenone?		2568	44.142	0.0268
121	HEXACOSANE	2600	2611	44.811	1.8173
122	ETHYL 4-METHOXYCINNAMATE	2614	2666	45.92	1.5332
123	HEPTACOSANE	2700	2700	46.599	1.4581
124	MYRISTIC ACID	2711	2712	46.845	0.0536
125	OCTACOSANE	2800	2800	48.669	8.7221
126	NONACOSANE	2900	2900	51.121	5.3823
127	PALMITIC ACID	2930	2924	51.812	36.6037
128	9-Hexadecenoic acid	2970	2963	52.976	5.6932
129	Alkane isomer			54.082	3.3023
130	STEARIC ACID			59.299	5.4412
	Sum				293.031

通过嗅闻，和螺蛳粉特有气味的化合物如下表：

表 2 某螺蛳粉汤嗅闻结果，螺蛳粉特有气味部分

N o.	Name 化合物名称	RI_ Lib	RI_t est	RT_ min	ppm	气味描述	气 味强度
96	CRESOL, P-	2067	2103	36.208	76.8957	螺蛳粉特有 “臭”味	4
101	EUGENOL	2151	2193	37.882	16.3452	螺蛳粉特有 “臭”味	2

1 02	PHENOL, 3-ETHYL-	218 2	219 7	38.00 6	0.11 79	螺蛳粉特有 “臭”味	1
1 04	VINYLGUAIACOL, 4-	218 1	222 3	38.42 7	0.50 39	螺蛳粉特有 “臭”味	1
1 22	ETHYL 4- METHOXYCINNAMATE	261 4	266 6	45.92	1.53 32	粪臭味	1

从上表看出，最大的贡献化合物是对甲酚，以及丁香酚等，酚类化合物为主。当然也有其它香气化合物，例如烤香，玉米，爆米花，药香，花香，清香，酸味，杏仁，焦糖，肥皂，樟脑等气味。见下表：

表 3 某螺蛳粉汤嗅闻结果，部分其它气味化合物

N o.	Name 化合物名称	RI_L ib	RI_te st	RT_m in	ppm	气 味描述	气味 强度
	CYCLOHEXANONE	1285	1306	17.869	0.080 4	青 味	2
	DIMETHYLPYRAZINE, 2,5-	1336	1332	18.584	0.477 1	煮 玉米味	2
	METHYL HEPTENONE, 6,5,2-	1334	1346	18.943	0.252 0	烤 红薯	3
	ALDEHYDE C 9	1383	1402	20.473	0.943 5	肥 皂	2
	FENCHONE	1396	1412	20.73	0.053 6	樟 脑	2
	PYRAZINE, 3,6- DIMETHYL 2-ETHYL-	1437	1455	21.835	0.010 7	烤 香	2
	HEPTADIENAL, 2E,4E-	1482	1510	23.249	0.021 4	青 味	2
	BENZALDEHYDE	1530	1547	24.161	2.369 5	药 ，杏仁	2
	NONADIENAL, 2E,6Z-	1579	1602	25.522	0.048 2	青 味，肥 皂	2
	DECENAL, 2E-	1636	1658	26.842	0.026 8	烤 香	2
	ESTRAGOL	1666	1689	27.571	1.200 8	草 药	1

	DECADIENAL, 2E,4Z	1761	1781	29.636	0.316 3	爆 米花	1
	METHYL SALICYLATE	1753	1804	30.137	0.048 2	风 油精	2
	DECADIENAL, 2E,4E-	1809	1829	30.683	1.624 3	酸 臭	3
	CAPRONIC ACID	1840	1862	31.373	0.010 7	酸 臭	3
	IONONE, BETA-	1934	1961	33.429	1.377 7	花 香	3
	ACETYLPIRROLE-2	1975	1996	34.129	0.310 9	玉 米	1
	ETHYLMALTOL	2040	2041	35.021	35.02 76	焦 糖, 烤 香	2
	ETHYLGUAIACOL, 4-	2009	2053	35.246	0.600 4	药	2
	ANISYL ALDEHYDE	2001	2059	35.362	2.519 6	药	2
	HELIOTROPIN	2226	2272	39.313	0.026 8	药	1

2.3 酸笋的挥发性化合物分析及和螺蛳粉汤挥发性化合物的关系

一般认为酸笋是螺蛳粉独特酸臭味的主要来源。所以对酸笋部分进行了 TF-SPME 提取分析。TF-SPME 薄膜固相微萃取测定某螺蛳粉中酸笋的挥发性化合物的总离子色谱图（TIC）如下：

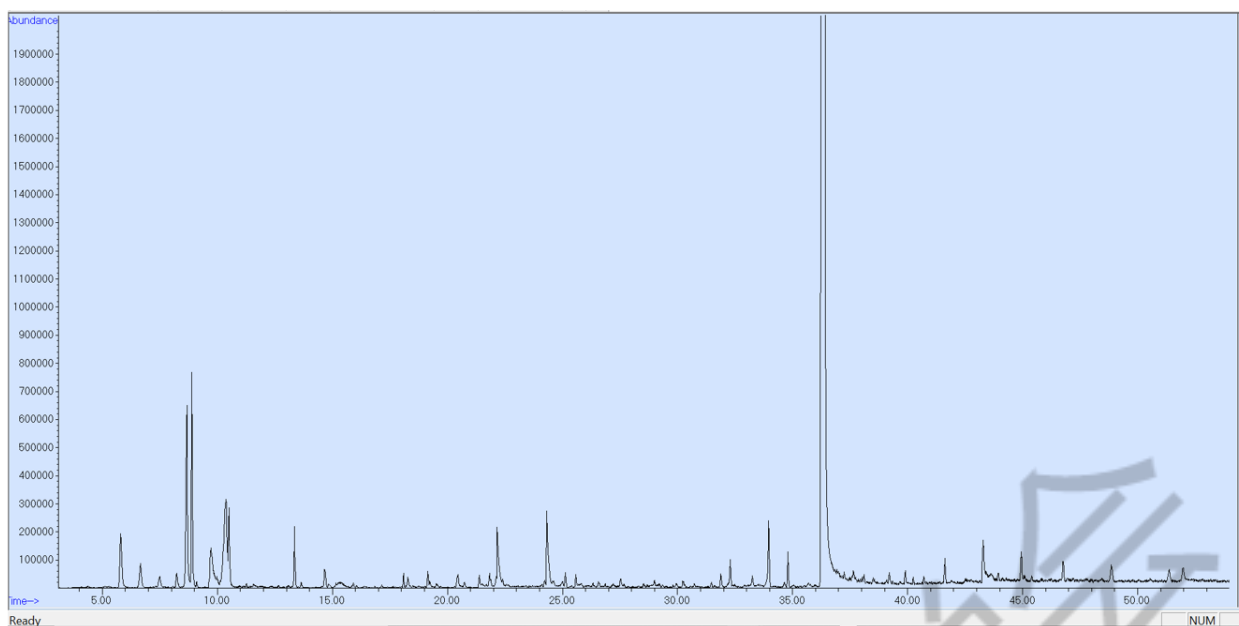


图 3 TF-SPME 薄膜固相微萃取测定某螺蛳粉中酸笋的挥发性化合物的总离子色谱图 (TIC)

表 4 某螺蛳粉酸笋 TF-SPME 分析组分表

No	N	Name	RI_Lib	RI_tes t	RT_mi n	TIC%
1		ETHYL ACETATE	880	865	6.672	0.077
2		ISOVALERALDEHYDE	925	905	7.317	0.01
3		ALCOHOL	934	912	7.471	0.035
4		ETHYL PROPIONATE	961	946	8.221	0.036
5		PROPYL ACETATE	979	967	8.674	0.442
6		DECANE	1000	986	9.092	0.012
7		Acetic acid, TMS derivative		1011	9.707	0.205
8		PROPANOL	1045	1037	10.389	0.464
9		PROPYL PROPIONATE	1031	1042	10.51	0.165
10		2,6,10-Trimethyltridecane		1070	11.268	0.01
11		ALDEHYDE C 6	1094	1081	11.569	0.01
12		DODECANE	1200	1191	14.657	0.048
13		PENTANEDIONE, 2,4-	1208	1215	15.343	0.005
14		PENTYL FURAN-2	1213	1235	15.897	0.008
15		ALCOHOL C 5	1253	1252	16.383	0.001
16		HEPTENAL, 4Z-	1245	1255	16.448	0.001

17	STYRENE	1248	1268	16.825	0.001
18	ALDEHYDE C 8	1297	1296	17.609	0.001
19	HEPTANOL, 2	1320	1320	18.28	0.022
20	ETHYL LACTATE	1341	1352	19.139	0.027
21	ALCOHOL C 6	1355	1355	19.237	0.01
22	INDANE	1369	1372	19.693	0.001
23	TETRADECANE	1400	1400	20.455	0.034
24	PROPYL LACTATE	1410	1436	21.386	0.015
25	DIMETHYLSTYRENE, P-	1434	1453	21.82	0.03
26	ACETIC ACID	1437	1466	22.159	0.178
27	BENZALDEHYDE	1530	1548	24.225	0.013
28	PROPANOIC ACID	1534	1551	24.315	0.214
29	ALCOHOL C 8	1550	1580	25.013	0.026
30	2-HYDROXYPROPYL PROPIONATE	1633	1657	26.86	0.01
31	METHYLBUTYRIC ACID, 2-	1649	1686	27.527	0.018
32	VERATROL		1750	28.994	0.009
33	METHYL SALICYLATE	1753	1806	30.238	0.02
34	CAPRONIC ACID	1840	1864	31.475	0.009
35	GUAIACOL	1859	1883	31.874	0.026
36	BENZYLALCOHOL	1886	1902	32.285	0.056
37	PHENYLETHYL ALCOHOL, 2-	1910	1949	33.247	0.022
38	METHYLGUAIACOL, 4-	1951	1984	33.959	0.135
39	PHENOL	2002	2027	34.796	0.051
40	ETHYLGUAIACOL, 4-	2009	2074	35.716	0.01
41	CRESOL, P-	2067	2107	36.361	96.03 9
42	CEDROL	2130	2154	37.246	0.041
43	ANISYL ACETATE	2165	2176	37.654	0.031
44	ETHYLPHENOL, 4	2160	2196	38.019	0.009
45	DOCOSANE	2200	2200	38.102	0.016

46	ETHYL PALMITATE	2253	2262	39.211	0.022
47	TRICOSANE	2300	2300	39.897	0.026
48	PHENOL, 2,4-DI-TERT.- BUTYL-	2293	2320	40.247	0.005
49	Hexadecanoic acid, propyl ester?		2346	40.704	0.024
50	TETRACOSANE	2400	2400	41.638	0.05
51	BENZOIC ACID	2432	2497	43.244	0.05
52	PENTACOSANE	2500	2501	43.309	0.129
53	ETHYL LINOLEATE	2532	2541	43.957	0.004
54	HEXACOSANE	2600	2601	44.949	0.052
55	HEPTACOSANE	2700	2701	46.766	0.051
56	OCTACOSANE	2800	2801	48.866	0.053
57	NONACOSANE	2900	2901	51.357	0.043
58	PALMITIC ACID		2922	51.98	0.047

47	TRICOSANE	2300	2300	39.897	0.026
48	PHENOL, 2,4-DI-TERT.-BUTYL-	2293	2320	40.247	0.005
49	Hexadecanoic acid, propyl ester?		2346	40.704	0.024
50	TETRACOSANE	2400	2400	41.638	0.05
51	BENZOIC ACID	2432	2497	43.244	0.05
52	PENTACOSANE	2500	2501	43.309	0.129
53	ETHYL LINOLEATE	2532	2541	43.957	0.004
54	HEXACOSANE	2600	2601	44.949	0.052
55	HEPTACOSANE	2700	2701	46.766	0.051

56	OCTACOSANE	2800	2801	48.866	0.053
57	NONACOSANE	2900	2901	51.357	0.043
58	PALMITIC ACID		2922	51.98	0.047

从表 4 看出，某螺蛳粉酸笋最大组分为对甲酚，含量 96%。它是螺蛳粉汤的对甲酚的来源。和酸笋的嗅闻结果一致味道，是浓烈的臭味，药香，螺蛳粉特有气味。参见下面螺蛳粉汤和其中酸笋的挥发性化合物的总离子色谱图对比（TIC）：

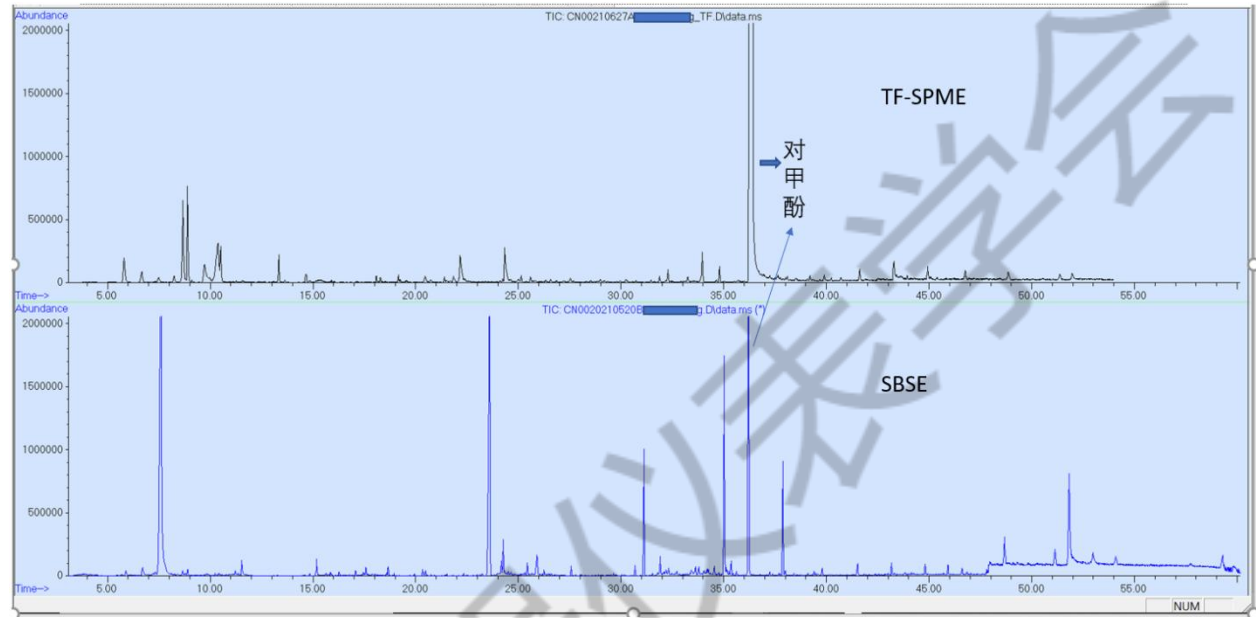


图 4 螺蛳粉汤和其中酸笋的挥发性化合物的总离子色谱图对比（TIC）

小结：螺蛳粉的特有气味来源于酸笋的对甲酚，以及其它挥发性化合物。

参考文献:

[1] “柳州螺蛳粉”国家地理标志商标启用。 广西新闻网[引用日期 2018-08-29]

[2] 文化和旅游部关于第五批国家级非物质文化遗产代表性项目名录推荐项目名单的公示。 文旅部[引用日期 2020-12-24]

[3] 郭荣灿,王成华,江虹锐,余炼,刘小玲,赵谋明.广西发酵酸笋气味物质提取方法优化及比较分析[J].食品工业科技,2019,40(13):202-210+220

[4]Determination of the Volatiles in Fermented Bamboo Shoots by Head Space – Solid-Phase Micro Extraction (HS-SPME) with Gas Chromatography– Olfactory – Mass Spectrometry (GC-O-MS) and Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA), Analytical Letters, 54:7, 1162-1179

[5]尹航, 周文红, 白云霞, 刘小玲. 基于电子鼻、气相-离子迁移谱 (GC-IMS) 法分析广西螺蛳粉与螺蛳鸭脚煲风味 食品工业科技. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020070197>

中国仪器仪表杂志