

# 固相微萃取结合气质联用法分析一种奶味香精中的挥发性成分

李 宁<sup>1,2</sup>, 孙宝国<sup>3,4,\*</sup>, 梁梦兰<sup>3</sup>

(1.北京工商大学学报编辑部, 北京 100048; 2.北京市食品风味化学重点实验室, 北京 100048;  
3.北京工商大学食品学院, 北京 100048; 4.食品添加剂与配料北京市高等学校工程研究中心, 北京 100048)

**摘 要:**应用固相微萃取法采用3种不同萃取纤维,结合气相色谱-质谱联用技术,剖析1种国外奶味香精样品中的挥发性成分。结果表明;以Carboxen/聚二甲基硅氧烷(carboxen/polydimethylsiloxane, CAR/PDMS)为萃取纤维的方法鉴定出39种挥发性成分,以聚二甲基硅氧烷/二乙烯基苯(polydimethylsiloxane/divinylbenzene, PDMS/DVB)为萃取纤维的方法鉴定出41种挥发性成分,以二乙烯基苯/Carboxen/聚二甲基硅氧烷(Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane, CAR/PDMS/DVB)为萃取纤维的方法鉴定出40种挥发性成分;3种纤维萃取的分析结果相互补充,共鉴定出51种挥发性成分,其中酯类、醛酮类和内酯类化合物的含量最高,分别为26.12%、25.95%和15.16%,是该种奶味香精的主要组成成分。

**关键词:**固相微萃取法;奶味香精;挥发性成分;气质联用

## Analysis of Volatile Compounds in a Dairy Flavoring Using SPME-GC/MS

LI Ning<sup>1,2</sup>, SUN Bao-guo<sup>3,4,\*</sup>, LIANG Meng-lan<sup>3</sup>

(1. Editorial Department of Journal of Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China ;  
2. Beijing Key Laboratory of Food Flavor Chemistry, Beijing 100048, China ;  
3. School of Food and Chemical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China ;  
4. Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients, Beijing 100048, China)

**Abstract :** The volatile composition of a foreign dairy flavoring was analyzed by GC/MS after solid-phase microextraction using 3 different types of extraction fibers. A total of 39, 41 and 40 volatile compounds were identified with CAR/PDMS fiber, PDMS/DVB fiber, and CAR/PDMS/DVB fiber, respectively. The results of the three different kinds of fibers complemented each other, and a total of 51 volatile compounds were identified in this dairy flavor, among which, esters, aldehydes, ketones and lectones were the dominant components and their concentrations (26.12%, 25.95%, and 15.16 %) were higher than those of others.

**Key words :** solid-phase microextraction ; dairy flavoring ; volatile components ; gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS)

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)22-0221-05

随着人们生活水平的提高,乳及各种乳制品已经逐渐成为人们日常膳食的重要组成部分。由于乳制品自身的风味较弱,甚至未经加工的鲜乳几乎没有味道<sup>[1]</sup>。在乳制品加工过程中为了增强其特征风味,往往要借助于奶味香精的使用;另外,一些需要在风味中添加奶香味、奶油感、厚重感的食品,如咖啡、巧克力、烘焙食品等,在其加工过程中也会使用到奶味香精<sup>[2]</sup>。因

此,奶味香精是一类十分具有市场价值和研究价值的香精产品。

由于国内外饮食方面的差异,我国奶味香精工业发展较晚,奶味香精产品的生产、研发水平相对较弱。在奶味香精的生产和研发过程中,奶香味成分的调配占有极其重要的地位,而在调配工作中,关键性奶味香料化合物的确定又是调香工作的基础和关键性步骤。因

收稿日期: 2011-07-04

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100903)

作者简介: 李宁(1982—),女,博士,主要从事香料化学研究。E-mail: galdness@gmail.com

\*通信作者: 孙宝国(1961—),男,教授,博士,主要从事食品香精香料研究。E-mail: sunbg@btbu.edu.cn

此,为了了解与掌握制备奶味香精所需的奶味香原料的相关知识,可以剖析国外高档奶味香精中的挥发性成分,从中获得相关的数据作为参考。

目前用于样品挥发性成分分析的常见前处理方法有同时蒸馏萃取<sup>[3-5]</sup>(simultaneous distillation extraction, SDE)、固相微萃取<sup>[6-8]</sup>(solid-phase microextraction, SPME)、水蒸气蒸馏<sup>[9-10]</sup>(steam distillation, SD)等方法。其中,SPME法操作温度较低,可以避免由于加热等操作带来的副产物,因此常用于奶香味挥发性成分的分析<sup>[11-14]</sup>。由于固相微萃取纤维种类的不同,萃取产物的分析结果有较大差异,因此,固相微萃取纤维的种类是SPME法最重要的影响因素之一<sup>[15-17]</sup>。因此,选择多种不同类型的萃取纤维,将分析结果做相互补充,能进一步揭示样品的挥发性化合物的真实组成。

本实验采用SPME方法,应用3种不同的复合型萃取纤维,结合气质联用技术(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS),剖析1种国外的高档奶味香精中的主要挥发性成分,作为奶味香精调配过程中确定关键性奶味香料化合物的参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

奶味香精样品(液态,密度0.28g/mL) 美国某香精公司。6890N-5973I气相色谱-质谱联用仪、DB-Wax(30m × 0.25mm, 0.25 μm)毛细管柱 美国Agilent公司;SPME装置的手柄、固定搭载装置及PDMS/DVB、CAR/PDMS、CAR/PDMS/DVB三种纤维 美国Supelco公司;DF-101S型集热式恒温加热磁力搅拌器 河南省予华仪器有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 用SPME-GC-MS法处理奶味香精

选用75 μm CAR/PDMS、65 μm PDMS/DVB和50/30 μm CAR/PDMS/DVB三种复合型萃取纤维用于SPME实验。萃取前把SPME纤维在GC-MS进样口老化。根据文献<sup>[12]</sup>,选用对奶味香精萃取的较优SPME条件:将5mL奶味香精样品放于15mL分析瓶中,置于(50 ± 1)水浴中磁力搅拌10min,然后把固相微萃取针插入瓶中,缓慢伸出萃取纤维,置于液面上方5mm处,吸附40min后,收回纤维,取出针头,在GC-MS进样口脱附3min,进行GC-MS分析。按照上述操作,实验重复3次。

#### 1.2.2 GC-MS条件

氦气作载气,流速1mL/min。进样口衬管直径0.75mm。样品通过DB-Wax毛细管柱。柱箱的升温程

序是35保持10min,然后升温到210(3 /min),最后再升温到230(6 /min)。GC-MS接口温度280,质谱检测器温度150,电子轰击(electron impact, EI)离子源,离子源温度230,电子能量70eV,质谱扫描范围29~300u。

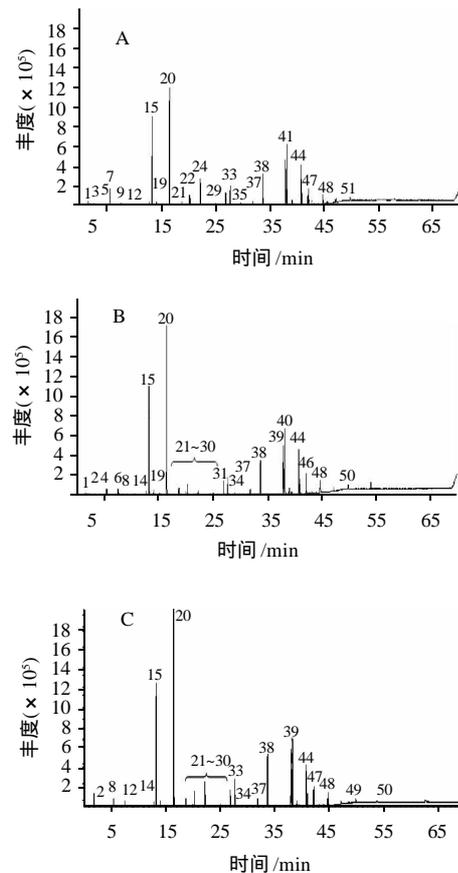
### 1.2.3 可挥发性成分的鉴定

待鉴定样品的质谱与Nist 08谱库中的质谱对比,同时通过正构烷烃C<sub>6</sub>~C<sub>33</sub>的GC保留时间计算待鉴定挥发性成分的保留指数,将其与Nist 08谱库提供的该挥发性成分在相同毛细管柱分析的文献报道中的保留指数进行对比,并用面积归一化法计算各组分的相对含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同萃取纤维结合GC-MS的鉴定结果

SPME方法采用CAR/PDMS、PDMS/DVB和CAR/PDMS/DVB三种萃取纤维对奶味香精样品进行前处理,结合GC-MS,得到的总离子流图如图1和表1所示。



A~C的萃取纤维分别为CAR/PDMS、PDMS/DVB、CAR/PDMS/DVB。

图1 奶味香精样品经3种不同萃取纤维的SPME法萃取后结合GC-MS分析得到的总离子流图

Fig.1 TIC of the dairy flavor extracted by SPME using 3 different extraction fibers

表 1 SPME 前处理方法结合 GC-MS 分析奶味香精样品的挥发性成分组成  
Table 1 Volatile composition of the dairy flavoring identified by SPME combined with GC-MS

序号	挥发性化合物		CAS 号	保留指数 RI		保留时 间/min	相对含量/%		
	英文名	中文名		计算值	文献值		CAR/PDMS	PDMS/DVB	CAR/PDMS/DVB
1	acetaldehyde	乙醛	000075-07-0	<800	695	1.98	0.27 ± 0.01	0.24 ± 0.02	0.25 ± 0.04
2	acetic acid, methyl ester	乙酸甲酯	000079-20-9	841	841	2.74	0.36 ± 0.03	0.12 ± 0.09	0.18 ± 0.01
3	ethyl acetate	乙酸乙酯	000141-78-6	881	881	3.47	0.14 ± 0.02	0.07 ± 0.01	—
4	isopropyl alcohol	乙酸异丙酯	000067-63-0	926	926	4.45	—	0.09 ± 0.03	—
5	ethyl alcohol	乙醇	000064-17-5	930	930	4.56	0.16 ± 0.01	—	0.16 ± 0.01
6	<i>n</i> -propyl acetate	乙酸丙酯	000109-60-4	965	969	5.43	—	0.10 ± 0.04	—
7	2,3-butanedione	2,3-丁二酮	000431-03-8	969	969	5.56	2.98 ± 0.17	0.80 ± 0.41	1.03 ± 0.04
8	butanoic acid, ethyl ester	丁酸乙酯	000105-54-4	1032	1032	7.50	—	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01
9	butane, 1-(ethenyl-3-methyl-)	3-甲基丁基乙烯醚	039782-38-2	1035	719*	7.60	0.51 ± 0.04	—	—
10	propanoic acid, propyl ester	丙酸丙酯	000106-36-5	1039	1039	7.76	—	0.28 ± 0.08	0.19 ± 0.02
11	3-hexanone	3-己酮	000589-38-8	1056	1056	8.34	0.13 ± 0.01	—	—
12	S-ethyl ethanethioate	硫代乙酸乙酯	000625-60-5	1080	1080	9.28	0.20 ± 0.01	0.18 ± 0.04	0.16 ± 0.01
13	1-butanol, 3-methyl-, acetate	3-甲基丁醇乙酸酯	000123-92-2	1116	1116	10.68	14.23 ± 0.19	—	0.17 ± 0.02
14	2-heptanone	2-庚酮	000110-43-0	1175	1175	12.85	0.65 ± 0.04	0.71 ± 0.07	0.60 ± 0.08
15	butanethioic acid, S-methyl ester	硫代丁酸甲酯	002432-51-1	1186	1198	13.32	0.14 ± 0.01	16.32 ± 3.10	13.94 ± 1.32
16	2-heptanone, 3-methyl-	3-甲基-2-庚酮	002371-19-9	1206	937*	14.11	0.22 ± 0.01	—	—
17	butanoic acid, butyl ester	丁酸丁酯	000109-21-7	1212	1212	14.30	—	0.15 ± 0.01	0.13 ± 0.02
18	propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	2-甲基丙醇己酯	002349-07-7	1212	1350	14.30	19.37 ± 1.03	—	—
19	2-propen-1-ol, 2-methyl-, acetate	2-甲基-2-丙烯醇乙酯	000820-71-3	1239	752*	15.24	0.08 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.24 ± 0.02
20	2-butanone, 3-hydroxy-	3-羟基-2-丁酮	000513-86-0	1274	1274	16.53	0.66 ± 0.03	27.31 ± 3.34	27.47 ± 1.82
21	propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	2-羟基丙酸乙酯	000097-64-3	1337	1337	18.75	0.13 ± 0.01	1.05 ± 0.07	1.01 ± 0.13
22	2-nonanone	2-壬酮	000821-55-6	1381	1381	20.27	5.10 ± 0.10	1.91 ± 0.26	1.82 ± 0.30
23	<i>n</i> -octanoic acid isopropyl ester	辛酸异丙酯	005458-59-3	1426	1419	21.76	—	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.01
24	octanoic acid, ethyl ester	辛酸乙酯	000106-32-1	1429	1429	21.84	0.58 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.02
25	acetic acid	乙酸	000064-19-7	1442	1442	22.25	0.24 ± 0.02	0.76 ± 0.08	3.67 ± 0.06
26	ethane-1,1-diol dibutanoate	乙二醇二丁酸酯	025572-25-2	1505	1286*	24.31	—	—	0.21 ± 0.02
27	ethyl 3-methyl-2-oxobutylate	3-甲基-2-羟基丁酸乙酯	020201-24-5	1505	956*	24.32	—	0.26 ± 0.03	—
28	propyl octanoate	辛酸丙酯	000624-13-5	1513	1514	24.54	—	0.14 ± 0.04	0.20 ± 0.02
29	nonanoic acid, ethyl ester	壬酸乙酯	000123-29-5	1530	1530	25.04	0.16 ± 0.01	0.33 ± 0.05	0.47 ± 0.04
30	propanoic acid, 2-methyl-	2-甲基丙酸	000079-31-2	1560	1560	25.93	0.59 ± 0.06	0.31 ± 0.04	0.33 ± 0.05
31	2-undecanone	2-十一酮	000112-12-9	1590	1590	26.88	1.81 ± 0.19	1.86 ± 0.33	2.04 ± 0.11
32	pentanoic acid, 4-oxo-, ethyl ester	乙酰丙酸乙酯	000539-88-8	1598	1600	27.15	0.14 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.17 ± 0.02
33	butanoic acid	丁酸	000107-92-6	1618	1618	27.70	3.15 ± 0.11	2.94 ± 0.47	3.46 ± 0.46
34	pyrazine, 2-methyl-3-(methylthio)-	2-甲基-2-甲硫基吡嗪	002882-20-4	1666	1616	29.07	0.36 ± 0.01	0.23 ± 0.03	0.33 ± 0.03
35	hexanoic acid, 2-pentenyl ester, (Z)-	己酸-2-戊烯酯	074298-89-8	1697	1290*	29.97	0.17 ± 0.01	—	—
36	pentanoic acid	戊酸	000109-52-4	1728	1729	30.81	—	0.24 ± 0.03	0.18 ± 0.02
37	<i>cis</i> -3-hexenylactate	(3Z)-3-己烯基-2-乳酸酯	061931-81-5	1768	1727	31.89	0.76 ± 0.07	1.02 ± 0.21	1.11 ± 0.05
38	hexanoic acid	己酸	000142-62-1	1836	1836	33.71	5.08 ± 0.53	6.17 ± 1.44	6.89 ± 0.32
39	4H-pyran-4-one, 2-ethyl-3-hydroxy-	乙基麦芽酚	004940-11-8	2001	2033	37.92	9.42 ± 0.67	9.76 ± 1.91	9.83 ± 1.45
40	2(3H)-furanone, dihydro-5-pentyl-	-壬内酯	000104-61-0	2013	2012	38.20	10.98 ± 0.24	9.88 ± 1.63	9.47 ± 1.22
41	benzeneacetic acid, 4-(1,1-dimethyl)-,methyl ester	对叔丁基苯乙酸甲酯	003549-23-3	2047	1487*	38.99	0.62 ± 0.08	0.21 ± 0.02	0.19 ± 0.03
42	octanoic acid	辛酸	000124-07-2	2051	2051	39.07	1.15 ± 0.11	0.57 ± 0.08	0.49 ± 0.03
43	triacetin	乙酸丙三酯	000102-76-1	2067	2029	39.46	0.52 ± 0.10	0.34 ± 0.06	0.28 ± 0.04
44	4-thiazolethanol, 5-methyl-, acetate	4-甲基-5-乙酰氧乙基噻唑	094021-41-7	2122	1387*	40.76	6.56 ± 0.14	6.17 ± 0.89	5.54 ± 0.86
45	2(3H)-furanone, 5-hexyldihydro-	-癸内酯	000706-14-9	2130	2130	40.93	2.65 ± 0.22	1.77 ± 0.25	1.62 ± 0.21
46	2H-pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	-癸内酯	000705-86-2	2180	2180	42.09	3.22 ± 0.24	2.76 ± 0.44	2.47 ± 0.28
47	1,2,3-propanetriol, tripropanoate	丙三醇三丙酯	000139-45-7	2228	1546*	43.17	0.19 ± 0.03	0.21 ± 0.05	—
48	5-thiazolethanol, 4-methyl-	4-甲基-5-羟乙基噻唑	000137-00-8	2298	2302	44.71	2.98 ± 0.54	2.35 ± 0.40	1.92 ± 0.24
49	2H-pyran-2-one, 6-heptyltetrahydro-	-十二内酯	000713-95-1	2413	2416	47.12	—	—	0.68 ± 0.13
50	vanillin	香兰素	000121-33-5	2541	2540	49.83	—	1.09 ± 0.13	0.76 ± 0.03
51	benzaldehyde, 3-hydroxy-4-methoxy-	异香兰素	000621-59-0	2541	1468*	49.83	3.39 ± 1.09	—	—

注：化合物序号与图 1 中的香料化合物峰号一致；带\*者为非极性柱的保留指数。“—”表示未鉴定出。

SPME方法以CAR/PDMS为萃取纤维,结合GC-MS分析,共鉴定得到39种挥发性成分,其中包括:醛酮类化合物8种(质量分数11.81%),即乙醛、2,3-丁二酮、3-己酮、2-庚酮、3-甲基-2-庚酮、3-羟基-2-丁酮、2-壬酮、2-十一酮;酯类化合物16种(质量分数37.76%),即乙酸甲酯、乙酸乙酯、硫代乙酸乙酯、3-甲基丁醇乙酸酯、硫代丁酸甲酯、2-甲基丙醇己酯、2-甲基-2-丙烯醇乙酯、2-羟基丙酸乙酯、辛酸乙酯、壬酸乙酯、乙酰丙酸乙酯、己酸-2-戊烯酯、(3Z)-3-己烯基-2-乳酸酯、对叔丁基苯乙酸甲酯、乙酸丙三酯、丙三醇三丙酯;内酯类化合物3种(质量分数16.84%),即-壬内酯、-癸内酯、-癸内酯;酸类化合物5种(质量分数10.21%),即乙酸、2-甲基丙酸、丁酸、己酸、辛酸;醇类化合物1种(质量分数0.16%),为乙醇;杂环类化合物3种(质量分数9.90%),即2-甲基-2-甲硫基吡嗪、4-甲基-5-乙酰氧乙基噻唑、4-甲基-5-羟乙基噻唑;其他类化合物3种(质量分数13.32%),即3-甲基丁基烯醚、乙基麦芽酚、异香兰素。

SPME方法以PDMS/DVB为萃取纤维,结合GC-MS分析,共鉴定得到41种挥发性成分,其中包括:醛酮类化合物6种(质量分数32.83%),即乙醛、2,3-丁二酮、2-庚酮、3-羟基-2-丁酮、2-壬酮、2-十一酮;酯类化合物21种(质量分数21.61%),即乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸异丙酯、乙酸丙酯、丁酸乙酯、丙酸丙酯、硫代乙酸乙酯、硫代丁酸甲酯、丁酸丁酯、2-甲基-2-丙烯醇乙酯、2-羟基丙酸乙酯、辛酸异丙酯、辛酸乙酯、3-甲基-2-羟基丁酸乙酯、辛酸乙酯、壬酸乙酯、乙酰丙酸乙酯、(3Z)-3-己烯基-2-乳酸酯、对叔丁基苯乙酸甲酯、乙酸丙三酯、丙三醇三丙酯;内酯类化合物3种(质量分数14.41%),即-壬内酯、-癸内酯、-癸内酯;酸类化合物6种(质量分数10.99%),即乙酸、2-甲基丙酸、丁酸、戊酸、己酸、辛酸;杂环类化合物3种(质量分数8.75%),即2-甲基-2-甲硫基吡嗪、4-甲基-5-乙酰氧乙基噻唑、4-甲基-5-羟乙基噻唑;其他类化合物2种(质量分数10.85%),即乙基麦芽酚、香兰素。

SPME方法以CAR/PDMS/DVB为萃取纤维,结合GC-MS分析,共鉴定得到40种挥发性成分,其中包括:醛酮类化合物6种(质量分数33.22%),即乙醛、2,3-丁二酮、2-庚酮、3-羟基-2-丁酮、2-壬酮、2-十一酮;酯类化合物18种(质量分数18.98%),即乙酸甲酯、丁酸乙酯、丙酸丙酯、硫代乙酸乙酯、3-甲基丁醇乙酸酯、硫代丁酸甲酯、丁酸丁酯、2-甲基-2-丙烯醇乙酯、2-羟基丙酸乙酯、辛酸异丙酯、辛酸乙酯、乙二醇二丁酸酯、辛酸乙酯、壬酸乙酯、乙酰丙酸乙酯、(3Z)-3-己烯基-2-乳酸酯、对叔丁基苯乙酸甲酯、乙酸

丙三酯;内酯类化合物4种(质量分数14.24%),即-壬内酯、-癸内酯、-癸内酯、-十二内酯;酸类化合物6种(质量分数15.02%),即乙酸、2-甲基丙酸、丁酸、丙酸、己酸、辛酸、癸酸、十二酸、十四酸;醇类化合物1种(质量分数0.16%),为乙醇;杂环类化合物3种(质量分数7.80%),即2-甲基-2-甲硫基吡嗪、4-甲基-5-乙酰氧乙基噻唑、4-甲基-5-羟乙基噻唑;其他类化合物2种(质量分数10.59%),即乙基麦芽酚、香兰素。

## 2.2 该种奶味香精中挥发性成分的组成

综合3种不同萃取纤维的SPME样品前处理方法,结合GC-MS的鉴定结果,在该种奶味香精中,共鉴定得到51种挥发性化合物。各种挥发性化合物的相对含量见表1,不同种类挥发性化合物的数目与相对含量如图2、3所示。

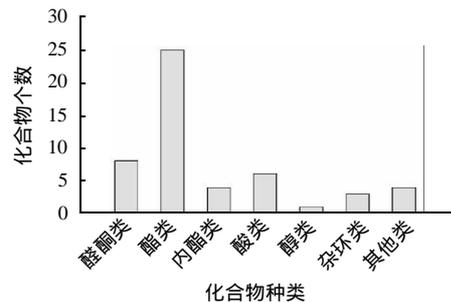


图2 样品中不同种类挥发性成分的化合物数目

Fig.2 Number of each group of volatile compounds identified in the dairy flavoring

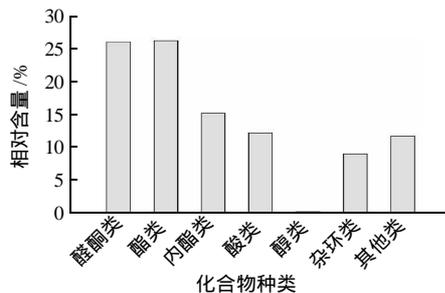


图3 样品中不同种类挥发性成分的相对含量

Fig.3 Relative content of each group of volatile compounds identified in the dairy flavoring

由图2、3可知,组成奶味香精样品的酯类化合物的相对含量最大为26.12%,是奶味香精中最重要的组成成分。同时,酯类化合物的个数也最多,占总被鉴定出化合物个数的49.02%(25种),这表明,每种酯类化合物在奶味香精配方中所占的平均含量不高,酯类化合物在奶味香精中的作用是多种酯类共同作用,协调奶味香精的整体香气。

醛酮类和内酯类化合物是另外两类重要的组成成

分,这两类化合物的相对含量占总被鉴定出化合物相对含量的41.11%(分别为25.95%和15.16%),而这两类化合物的个数仅占全部被鉴定出化合物个数的23.53%(8种和4种)。这表明,这两类化合物中每种香原料在奶味香精配方中所占的平均含量较高,在香精配方中是主体化合物。由图2、3可以看出,在奶味香精中酸类化合物也是不可或缺的。

### 3 结 论

采用SPME方法,应用3种不同的复合型萃取纤维,结合GC-MS,剖析1种国外的高档奶味香精的主要挥发性成分。结果共鉴定出51种挥发性成分,其中以CAR/PDMS为萃取纤维鉴定出39种,以PDMS/DVB为萃取纤维鉴定出41种,以CAR/PDMS/DVB为萃取纤维鉴定出40种。其中酯类、醛酮类和内酯类化合物的相对含量较高,分别为26.12%、25.95%和15.16%,是主要的组成成分。酯类化合物的作用是多种酯类化合物共同协调整体香气,醛酮类和内酯类化合物是香精配方中的主体化合物。

#### 参 考 文 献 :

- [1] ANDREW J T, ROBERT S T L. Food flavor technology[M]. Cumbria, UK: Blackwell, 2010: 147.
- [2] PHILIP R A. Food flavorings[M]. Berlin, Germany: Springer, 1999: 327.
- [3] 田红玉, 孙宝国, 张慧丽. 香成分分析中的样品制备技术[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2006, 24(5): 1-5.
- [4] MAJCHER M, JELENÍ H H. Comparison of suitability of SPME, SAFE and SDE methods for isolation of flavor compounds from extruded potato snacks[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22(6): 606-612.
- [5] 谢建春. 现代香味分析技术及其应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 73.
- [6] 曹雁平, 张东. 固相微萃取-气相色谱质谱联用分析花椒挥发性成分[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 190-193.
- [7] Van LEUVEN I, Van CAELENBERG T, DIRINCK P. Aroma characterisation of Gouda-type cheeses[J]. International Dairy Journal, 2008, 18(8): 790-800.
- [8] 陆占国, 李秀慧, 李伟. 采用3种萃取纤维头的顶空固相微萃取法萃取草莓果穗挥发性成分[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2011, 29(3): 8-5.
- [9] 邱丽丽, 容蓉, 张莹, 等. 水蒸气蒸馏与顶空进样GC-MS分析白胡椒挥发性成分[J]. 食品科学, 2010, 31(14): 161-164.
- [10] 姜显光, 侯冬岩, 回瑞华, 等. 马兰种子及其种皮中挥发组分的GC-MS分析[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 363-364.
- [11] LI Ning, ZHENG Fuping, LIANG Menglan, et al. Identification of volatile flavor compounds in Chinese Sinkiang camel-naizi using different solid phase microextraction fibers[J]. Food Science and Biotechnology, 2010, 19(4): 993-998.
- [12] 李宁, 郑福平, 李宏甫, 等. 固相微萃取法萃取液态奶味香精挥发性香成份条件的优化[J]. 精细化工, 2009, 26(10): 982-987.
- [13] DELGADO F J, GONZALEZ-CRESPO J, CAVA R, et al. Changes in the volatile profile of a raw goat milk cheese treated by hydrostatic high pressure at different stages of maturation[J]. International Dairy Journal, 2011, 21(3): 135-141.
- [14] POVEDA J M, SANCHEZ-PALOMO E, PEREZ-COELLO M S, et al. Volatile composition, olfactometry profile and sensory evaluation of semi-hard spanish goat cheeses[J]. Dairy Science and Technology, 2008, 88(3): 355-367.
- [15] MARÍA L, MERCEDES L, PEDRO L, et al. Optimization of a derivatization-solid-phase microextraction method for the analysis of thirty phenolic pollutants in water samples[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 963(1): 137-148.
- [16] LAMBROPOULOU D A, SAKKAS V A, ALBANIS T A, et al. Validation of an SPME method, using PDMS, PA, PDMS-DVB, and CW-DVB SPME fiber coatings, for analysis of organophosphorus insecticides in natural waters[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2002, 374(5): 932-941.
- [17] HIROYUKI K. Recent advances in solid-phase microextraction and related techniques for pharmaceutical and biomedical analysis[J]. Current Pharmaceutical Analysis, 2005, 1(1): 65-84.