

顶空固相微萃取－气质联用法分析稻谷挥发性成分

林家永¹, 高艳娜², 吴胜芳³, 王松雪¹

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037; 2. 河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450052;

3. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214022)

摘要: 用顶空固相微萃取(HS-SPME)技术结合气相-质谱法(GC-MS)对不同稻谷中挥发性成分进行研究, 优化顶空固相微萃取的条件, 包括平衡时间、萃取时间、萃取温度以及样品量, 并对不同稻谷中挥发性成分进行鉴定和分类分析。结果表明: 稻谷中挥发性成分分析的最佳条件为平衡时间 60min、萃取时间 50min、萃取温度 80℃、样品量 20g。稻谷中的挥发性成分有醇类、醛类、酮类、酯类、烃类、有机酸类以及杂环类化合物等。最主要挥发性成分是醛类, 其中含量最高是己醛, 平均为 13.31%; 其次为壬醛, 平均为 7.93%。

关键词: 顶空固相微萃取; 稻谷; 气相-质谱联用; 挥发性组分

Headspace Solid Phase Microextraction Coupled to GC-MS for Analyzing Volatile Components in Paddy

LIN Jia-yong¹, GAO Yan-na², WU Sheng-fang³, WANG Song-xue¹

(1. Science Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China; 2. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China; 3. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214022, China)

Abstract: Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) was employed for gas chromatography-mass spectrometric (GC-MS) analysis of volatile components in paddy in this study. The optimal HS-SPME conditions such as extraction time, temperature, sample amount and equilibration time were explored prior to quantitative investigations of volatile components in paddy, which were 50 min, 80 °C, 20 g and 60 min, respectively. The volatile compounds in paddy consisted of alcohols, aldehydes, ketones, esters, hydrocarbons, organic acids, and heterocyclic components, etc. Aldehydes were the main volatile compounds, among which hexanal accounted for the highest percentage at 13.31% in average, followed by nonanal with an average percentage of 7.93%.

Key words: headspace solid phase microextraction; paddy; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); volatile components

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)20-0277-06

稻谷是主要粮食作物之一, 其产量占世界谷物总产量的 1/3。全世界大约有一半人口以稻谷为主要粮食。我国是世界三大产稻国之一, 有 2/3 左右的人口以大米为主食^[1]。稻谷也是我国的主要储备粮种, 在储藏期间, 由于稻谷自身的呼吸和各种酶的作用, 其品质必然会随着储藏时间的延长而不断变化, 甚至劣变。因此, 开展稻谷挥发性成分研究, 探寻稻谷储藏品质快速评价新方法, 对于指导稻谷科学储藏, 适时轮换具

有重要的现实意义。

固相微萃取 (solid phase microextraction, SPME) 方法是上世纪由加拿大 Waterloo 大学的 Arhturhe 等研发的一项样品分析前处理新技术, 它集采样、萃取、浓缩以及进样于一体, 与气相或液相色谱仪联用, 可有效地分析样品中痕量有机物, 重复性好, 检出限达到 $\mu\text{g/L}$ 级, 线性范围可达 3~5 个数量级以上^[2], 具有操作简便、分析速度快、费用低以及无需有机溶剂等特

收稿日期: 2009-05-26

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD08B07)

作者简介: 林家永(1960—), 男, 副研究员, 主要从事粮食品质与增值利用。E-mail: linjy@chinagrains.org

点, 广泛应用于食品、环境、化工、医药等领域的样品分析测定。

国内外对稻谷储藏过程挥发性成分的变化作过一些研究报道^[3-5], 周显青等^[3]用气相色谱分离了稻谷中挥发性成分, 共有 12 个组分, 但未对各组分进行鉴定。凌家煜^[5]用柱色谱分析了粮食中挥发性羰基化合物(VVC) 的组成与含量。本研究用固相微萃取与气质联用手段测定稻谷中挥发性成分的方法, 并对稻谷中挥发性成分进行鉴别和分类, 旨在为进一步研究稻谷储藏过程特征挥发性成分变化规律和稻谷储藏品质判定新指标提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2 个籼稻样品分别采自湖北省和广东省, 2 个粳稻分别采自黑龙江省和辽宁省。

1.2 仪器与设备

固相微萃取装置和萃取头(CAD-PDMS 75 μm , PDMS 100 μm) 美国 Supelco 公司; 气-质联用分析仪美国热电公司; JLGJ4.5 型检验砷谷机 浙江台州粮仪厂; 恒温水浴锅 上海森信实验仪器有限公司; 带塞萃取瓶(定制)。

1.3 方法

1.3.1 样品制备方法

糙米样品制备: 清理稻谷, 去除杂质, 经砻谷后制得糙米, 置于白封袋内混合均匀, 备用。

顶空固相萃取: 取 20g 糙米置于 100ml 配有特制玻璃塞的顶空瓶中, 加入 2 倍质量的水, 放入水浴锅中加热, 待瓶内样品上部空间气体与下部液体达到动态平衡后, 将固相微萃取头穿过玻璃塞上的小孔插入顶空瓶中, 推出纤维头顶空萃取一段时间后将纤维头缩回针管, 将萃取头迅速插入气相色谱仪进样口中, 在 250℃ 不分流模式下解吸 5min。

1.3.2 GC-MS 测定条件

1.3.2.1 色谱条件

色谱柱为 DB5-MS 毛细管柱(30m \times 0.25mm, 0.25 μm); 载气为氦气, 流速为 1.0ml/min。柱初温为 50℃, 以 10℃/min 升温至 165℃, 保持 5min, 再以 15℃/min 升至 250℃, 保持 3min。采用不分流进样。

1.3.2.2 质谱条件

接口温度 280℃, 离子源为 EI, 离子源温度 230℃, 电子能量 70eV, 质量扫描范围(m/z) 35~350amu。

1.4 数据处理

样品中各未知挥发性成分的定性由计算机检索与 NIST 标准质谱库和 Wiley 标准质谱库匹配求得。各挥发性成分的定量由计算机数据处理系统, 按照峰面积的归一

化方法进行定量分析, 求得稻谷各挥发性成分的含量。

2 结果与分析

2.1 测定条件的优化

2.1.1 萃取温度选择

固相微萃取和富集样品是一个动态平衡的过程, 萃取效率与待测物质在各相之间的分配系数有关。分配系数是热力学常数, 温度是直接影响分配系数的重要参数。升高温度可以使气-液平衡中气相部分的浓度提高, 促进挥发性化合物到达顶空及萃取纤维表面, 但是固相微萃取表面吸附过程一般为放热反应, 升高温度又会降低萃取头涂层吸附能力。综合考虑应使萃取介质温度较高, 而萃取纤维表面保持低温; 其次还要考虑不同性质化合物的适宜萃取温度条件。在平衡温度、平衡时间、萃取时间、样品量分别为 80℃、30min、30min、20g 的萃取条件下, 分别选择 50、60、70、80、90℃, 探索萃取温度的影响。

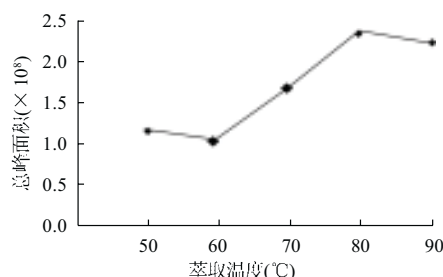


图1 萃取温度对总峰面积的影响

Fig.1 Effect of extraction temperature on total peak area of volatile components from paddy

从图 1 可以看出, 80℃ 以前随着萃取温度的提高, 色谱峰总面积和色谱峰高均随之增加, 80℃ 时达到最大, 随后又逐渐下降, 因此, 将 80℃ 确定为最佳萃取温度。

2.1.2 平衡时间的选择

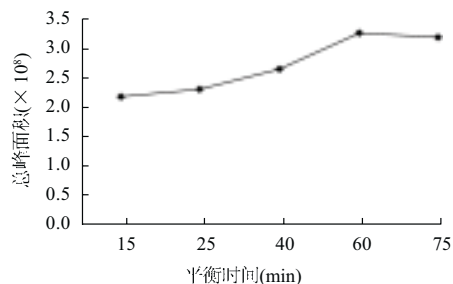


图2 平衡时间对总峰面积的影响

Fig.2 Effect of equilibrium time on total peak area of volatile components from paddy

气相中各组分的分压不仅受温度影响,而且与平衡时间有密切的关系。在平衡温度、萃取时间、萃取温度、样品量分别为80℃、30min、80℃、20g的萃取条件下,分别选择平衡时间为10、25、40、60、75min进行实验。结果如图2,可以看出,在60min以前随着平衡时间的增加,色谱峰总面积随之增加,60min时达到最大,随后趋于平衡,因此,将最佳平衡时间确定为60min。

2.1.3 萃取时间的选择

在平衡温度、平衡时间、萃取时间、萃取温度、样品量分别为80℃、30min、80℃、20g的萃取条件下,分别选择平衡时间为10、25、40、55、70min进行实验。

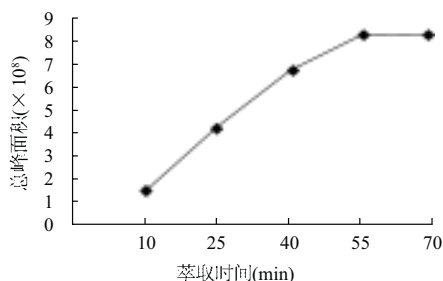


图3 萃取时间对总峰面积的影响

Fig.3 Effect of extraction time on total peak area of volatile components from paddy

从图3可以看出,随着萃取时间的增加,色谱峰总面积随之增加,55min时达到最大,随后趋于平衡,而且55min之后杂质峰增大较快,为避免杂质峰的影响,实验采用50min为萃取时间。

2.1.4 样品量的选择

在平衡温度、平衡时间、萃取时间、萃取温度分别为80℃、30min、30min、80℃的萃取条件下,称样量分别选择10、15、20、25、30g进行实验。

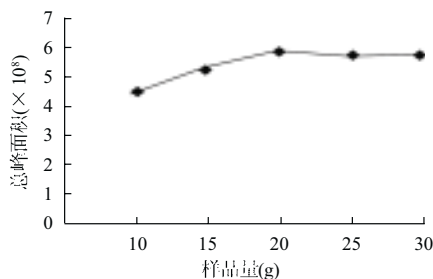


图4 样品量对总峰面积的影响

Fig.4 Effect of sample amount on total peak area of volatile components from paddy

从图4可以看出,在样品量为20g时,峰面积值最大。因此实验采用20g样品量。

2.2 精密度实验

在最佳固相微萃取条件下,重复分析同一试样5次,计算出5次总峰面积的相对标准偏差,结果如表1。

表1 稻谷挥发性成分分析重现性实验结果表

Table 1 Experimental reproducibility for GC-MS analysis of volatile components in paddy based on optimized HS-SPME

测定次数	总峰高	总峰面积
1	236714734	711688705
2	232831897	711763421
3	229953884	689801699
4	242762815	745467910
5	243723859	663439100
平均值	237197438	704432167
标准偏差	6027595	30351355
相对标准偏差(%)	2.54	4.31

从表1可以看出,总峰高的相对标准偏差为2.54%,总峰面积的相对标准偏差为4.31%。说明本方法具有较好的精密度。

2.3 稻谷挥发性成分的鉴定及分析

2.3.1 稻谷挥发性成分的GC-MS的总离子峰图

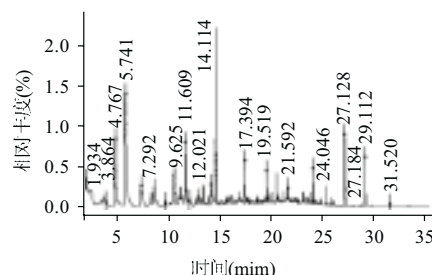


图5 籼稻挥发性成分的GC-MS的总离子峰图

Fig.5 GC-MS total ion current chromatogram of volatile components in Indica paddy

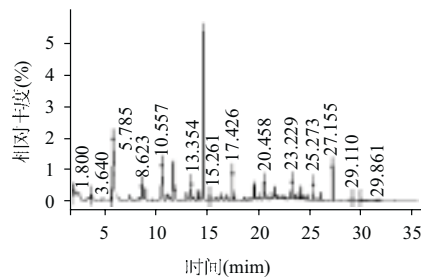


图6 粳稻挥发性成分的GC-MS的总离子峰图

Fig.6 GC-MS total ion current chromatogram of volatile components in Japonica paddy

从图5、6可以看出,固相微萃取可以充分提取稻谷中的挥发性成分,并在GC-MS中获得很好的解吸附,

通过检测, 可以获得分离良好的总离子峰图, 说明固相微萃取是一项可行的稻谷挥发性成分的前处理技术。

2.3.2 稻谷中挥发性成分的总组成

稻谷中含有醇、醛、酮、酯、烃、酸以及杂环类化合物等挥发性成分, 各类挥发性成分的具体数量如图7, 从测定结果可知, 稻谷中挥发性成分种类数量最多的是烃类, 其次是醛类、醇类及酮类, 有机酸类、酯类和杂环类很少。

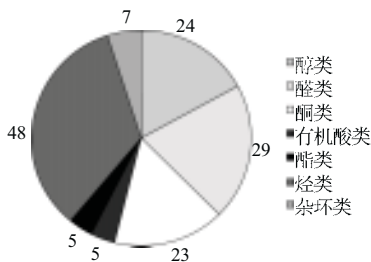


图7 稻谷中各类挥发性成分的数量

Fig.7 Percentage of various volatile components in paddy

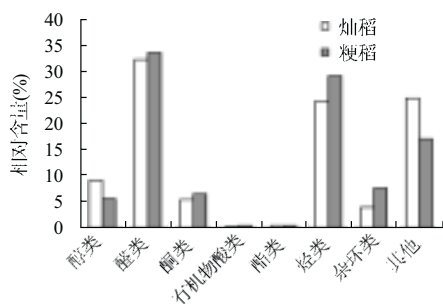


图8 稻谷中各类挥发性成分的组成

Fig.8 Relative content of various volatile components in paddy

从图8可以看出, 稻谷中挥发性成分总含量最高的是醛类和烃类, 其次为醇类、酮类和杂环类。籼稻和粳稻醛类挥发性成分总含量差异不大, 分别为32.22%和33.47%; 烃类挥发性成分总含量籼稻比粳稻低, 分别为24.34%和29.15%; 醇类挥发性成分总含量籼稻比粳稻高; 分别为9.1%和5.6%; 酮类挥发性成分总含量籼稻与粳稻相差不大。

2.3.2 稻谷中的醇类挥发性成分

从表2可以看出, 共24种稻谷中醇类挥发性成分被检出, 籼稻有19种, 多于粳稻的13种。不同类和品种之间的稻谷醇类挥发性成分及含量差异都较大, 籼稻中醇类挥发性成分含量较高的是正己醇、正辛醇以及2-己基-1-辛醇; 粳稻中含有较高醇类挥发性成分的是正辛醇、2-己基-1-辛醇以及3,7,11-三甲基-1-十二醇。但是2种稻谷都含有正庚醇、正辛醇、2-己基-1-辛醇以及3,7,11-三甲基-1-十二醇。

表2 不同稻谷醇类挥发性成分及相对含量(%)

Table 2 Alcohols and their relative contents in different varieties of paddy

序号	化合物名称	籼稻1号	籼稻2号	粳稻1号	粳稻2号
1	正己醇	3.35	0.17	—	—
2	正庚醇	0.26	0.15	0.12	0.34
3	正辛醇	1.24	0.40	0.30	1.53
4	1-辛烯-3-醇	—	—	0.17	—
5	2-己基-1-辛醇	1.14	0.67	0.09	1.01
6	1-辛烯-3-醇	0.58	0.32	—	—
7	2-乙基-1-癸醇	—	1.43	2.35	—
8	2-丁基-1-辛醇	0.78	—	—	—
9	正壬醇	0.46	—	—	—
10	2-乙基-1-癸醇	0.59	—	—	—
11	2-甲基-十一醇	0.74	—	—	—
12	正十二醇	0.20	0.15	—	0.33
13	3,7,11-三甲基-1-十二醇	0.01	1.65	2.09	0.07
14	2-十四醇	—	—	—	0.04
15	6,10,13-三甲基-十四醇	0.29	—	—	—
16	10-十五烯-1-醇	—	—	—	0.48
17	9-甲基-10-十五烯-1-醇	—	—	0.268	—
18	正十六醇	0.76	0.69	—	0.12
19	3,7,11,15-四甲基-2-十六烯-1-醇	—	1.23	0.79	—
20	正十七醇	0.13	—	—	—
21	10-十七烯-1-醇	—	0.11	—	—
22	正十八醇	0.21	—	—	—
23	正十九醇	—	—	1.12	—
24	叶绿醇	0.50	—	—	—

注: —, 未检测到。下同。

2.3.3 稻谷中的醛类挥发性成分

表3 不同稻谷醛类挥发性成分及相对含量(%)

Table 3 Aldehydes and their relative content in different varieties of paddy

序号	化合物名称	籼稻1号	籼稻2号	粳稻1号	粳稻2号
1	3-甲基-2-丁醛	—	—	—	0.11
2	戊醛	0.33	0.29	0.32	1.45
3	2,4-戊二烯醛	0.02	—	—	—
4	己醛	13.5	15.9	9.27	14.59
5	2-己烯醛	0.095	—	0.07	0.16
6	2,4-己二烯醛	—	—	—	0.204
7	2-乙基-2-己烯醛	—	0.44	—	—
8	庚醛	3.12	0.79	0.93	2.33
9	2-庚烯醛	0.65	0.48	0.42	0.92
10	辛醛	4.0	1.13	1.18	5.09
11	2-辛烯醛	0.63	0.51	0.49	—
12	2-丁基-2-辛烯醛	—	1.48	1.03	—
13	2,3,7-三甲基辛醛	—	0.53	—	—
14	壬醛	10.0	2.53	2.96	16.25
15	壬烯醛	0.52	—	—	0.51
16	2,4-壬二烯醛	—	—	—	0.17
17	癸醛	2.46	0.53	0.47	2.18
18	2-癸烯醛	—	—	—	1.07
19	十一醛	0.46	—	0.11	0.47
20	柠檬醛	—	—	—	0.05
21	十二醛	—	—	—	0.19
22	2,4-十二二烯醛	—	—	0.11	0.13
23	十三醛	0.26	—	—	—
24	十四醛	0.26	—	—	0.23
25	十六醛	0.16	—	0.12	0.52
26	7-十六烯醛	—	0.79	—	—
27	苯甲醛	1.49	1.0	1.41	1.24
28	4-甲基-苯甲醛	—	—	0.04	0.07
29	苯乙醛	—	—	0.09	—

从表3可以看出,稻谷中共29种醛类挥发性成分被检出,籼稻有19种,粳稻含有更多的醛类挥发性成分,有24种。籼稻和粳稻中都含有戊醛、己醛、庚醛、2-庚烯醛、辛醛、壬醛、癸醛以及苯甲醛挥发性成分,是主要的醛类挥发性成分。其中己醛含量最高,平均含量为13.31%;其次为壬醛,平均含量为7.93%;戊醛、己醛、庚醛、辛醛、壬醛、癸醛以及苯甲醛的含量也较高,其他的醛类含量都较低。籼稻的己醛平均含量比粳稻高,籼稻为14.69%,粳稻为11.93%,其他不同类和品种之间的稻谷醛类挥发性成分及含量差异都较大。

2.3.3 稻谷中的酮类挥发性成分

表4 不同稻谷酮类挥发性成分及相对含量(%)

Table 4 Ketones and their relative content in different varieties of paddy

序号	化合物名称	籼稻1号	籼稻2号	粳稻1号	粳稻2号
1	丙酮	0.97	—	—	—
2	4-羟基-4-甲基-2-戊酮	0.01	—	—	—
3	2-庚酮	—	0.95	—	—
4	6-甲基-2-庚酮	0.16	0.48	—	—
5	2,3-庚烯-2-酮	—	0.286	—	—
6	6-甲基-5-烯-2-庚酮	1.28	—	—	—
7	6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮	0.21	0.15	—	—
8	2-辛酮	—	0.35	0.91	0.71
9	2,3-辛二酮	—	—	0.32	0.88
10	3-辛烯-2-酮	—	0.46	0.45	—
11	3,5-辛二烯-2-酮	—	—	—	0.06
12	6-甲基-5-庚-2-酮	—	—	0.691	1.83
13	5-乙基-6-甲基-庚-2-酮	—	—	0.08	0.39
14	6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮	—	—	0.39	0.76
15	2-壬酮	—	0.169	—	—
16	3-壬烯-2-酮	—	—	0.25	—
17	2-十酮	—	0.32	0.24	—
18	6,10-二甲基-2-十一酮	0.67	—	0.51	0.72
19	6,10-二甲基-5,9-十一二烯-2-酮	0.291	—	—	—
20	2-十二酮	—	0.56	0.55	0.12
21	2-十三酮	—	—	0.17	0.19
22	2-十五酮	0.26	—	—	0.11
23	6,10,14-三甲基-2-十五酮	2.60	0.41	0.79	1.99

从表4可以看出,共23种稻谷中酮类挥发性成分被检出,籼稻有17种,粳稻有14种。不同类和品种之间的稻谷酮类挥发性成分含量差异大,只有6,10,14-三甲基-2-十五酮同时存在于籼稻和粳稻中,与醛类挥发成分相比,稻谷中酮类挥发性成分含量都比较低。

2.3.4 稻谷中的烃类挥发性成分

不同稻谷中烃类挥发性成分分析结果如表5,从表中可以看出,在稻谷中的烃类挥发成分数量多,共48种被检出。籼稻和粳稻中都含有2,6,10-三甲基-十二烷、

十五烷、2,6,10-三甲基-十五烷、十六烷、十七烷、十九烷以及二十烷,它们的含量也较高,平均含量分别为1.39%、1.75%、3.14%、2.60%、2.52%、1.62%以及3.52%。其他稻谷烃类挥发性成分的含量较低,而且差异较大。

表5 不同稻谷烃类挥发性成分及相对含量(%)

Table 5 Hydrocarbons and their relative content in different varieties of paddy

序号	化合物名称	籼稻1号	籼稻2号	粳稻1号	粳稻2号
1	丙烷	—	—	—	0.02
2	3,5-二甲基-辛烷	0.01	—	—	—
3	3-乙基-2-甲基-庚烷	1.12	—	—	—
4	壬烷	—	—	—	0.25
5	癸烷	—	—	—	0.48
6	2,6-二甲基-癸烷	0.70	—	—	—
7	2,4,6-三甲基癸烷	—	—	0.17	—
8	十一烷	1.70	—	0.04	0.06
9	2,5-二甲基十一烷	0.17	0.05	0.05	—
10	十二烷	—	0.53	0.18	0.11
11	2-甲基-十三烷	0.15	—	—	—
12	2,6,10-三甲基-十二烷	0.42	3.45	1.45	0.25
13	十三烷	0.67	—	—	1.59
14	5-甲基-十三烷	0.22	0.22	0.18	—
15	十四烷	—	1.544	—	—
16	2,6,10-三甲基十四烷	—	—	0.56	—
17	十五烷	1.72	0.06	2.96	2.28
18	5-甲基-十五烷	—	—	0.591	—
19	2,6,10-三甲基-十五烷	1.48	3.03	7.82	0.25
20	十六烷	1.07	3.43	4.24	1.69
21	3-甲基-十六烷	—	—	0.90	—
22	2,6,10,14-四基-十六烷	—	—	1.72	—
23	十七烷	3.17	0.92	5.72	0.26
24	2,6-二甲基-十七烷	0.19	1.22	0.28	—
25	2,6,10,14,四甲基-十七烷	—	1.47	1.55	—
26	十八烷	—	3.99	—	0.58
27	十九烷	0.45	3.74	1.83	0.46
28	二十烷	0.27	3.31	10.0	0.47
29	三十一烷	0.19	—	—	—
30	三十二烷	—	0.97	—	—
31	三十四烷	—	3.22	2.13	—
32	3,5,24-三甲基-三十四烷	—	—	2.09	—
33	三十六烷	—	0.46	—	0.25
34	三十七烷	—	—	0.59	—
35	三十八烷	0.29	—	—	—
36	三十九烷	0.41	0.36	0.61	—
37	四十烷	0.15	0.20	—	—
38	17-十六烷基-三十四烷	—	—	0.75	—
39	三十六烷	0.22	0.59	—	—
40	1,1-二甲基-2-辛基-环丁烷	0.12	—	—	—
41	烷基-环戊烷	—	—	—	0.09
42	正庚基-环戊烷	—	0.34	—	0.17
43	十一烷基-环戊烷	—	—	1.21	—
44	十五烷基-环戊烷	0.13	1.49	—	—
45	十七烷基-环戊烷	—	—	0.46	—
46	甲苯	—	—	—	0.68
47	1,2,3-三甲基-苯	—	—	0.02	—
48	1-乙基-2-甲基-苯	0.16	—	—	0.26

2.3.5 其他稻谷挥发性成分

表6 其他稻谷挥发性成分及相对含量(%)

Table 6 Other compounds and their relative content in different varieties of paddy

序号	化合物名称	籼稻1号	籼稻2号	粳稻1号	粳稻2号
有机酸类	1 乙酸	—	0.02	0.19	0.14
	2 丙酸	0.13	—	—	—
	3 2,3-二羟基丁二酸	—	—	0.04	—
	4 3,7-二甲基己酸	—	—	—	0.084
	5 棕榈酸	0.09	—	0.09	0.12
酯类	1 甲酸己酯	—	—	0.35	—
	2 己酸十二烷基酯	—	—	0.24	—
	3 苯乙酸-4-十三酯	—	0.05	—	—
	4 乙酸十四酯	—	—	—	0.19
	5 草酸-环己基甲基酯	—	0.56	—	—
杂环类	1 2-甲基-呋喃	—	—	—	0.74
	2 2-戊基-呋喃	3.31	2.63	2.15	5.41
	3 2-甲基-5-异丙基呋喃	0.24	—	0.10	0.28
	4 2,3-二氢苯并呋喃	—	—	—	1.53
	5 甲基-萘	0.30	1.22	1.40	0.28
	6 甲氧基-苯基-酚	—	—	0.94	2.38
	7 吡啶	—	—	—	0.06

从表6可以看出,所检出的稻谷中有机酸类、酯类以及杂环类挥发性成分的数量不多,有机酸类5种,酯类5种,杂环类7种。不同类和品种之间的稻谷中的有机酸类和酯类挥发性成分数量差异大,含量低。在杂环类挥发性成分中,籼稻和粳稻中都含有2-戊基-呋喃和甲基-萘,含量也较高,平均含量分别为3.37%

和0.80%。其他稻谷杂环类挥发性成分的含量较低。

3 结 论

用顶空固相微萃取技术结合气相色谱-质谱法(GC-MS)对不同稻谷中的挥发性成分进行分析研究,优化了顶空固相微萃取的条件,包括平衡时间、萃取时间、萃取温度以及样品量。对不同稻谷中的挥发性成分进行了鉴定和分类分析。

稻谷中的挥发性成分分析的最佳条件为:平衡时间60min,萃取时间50min,萃取温度80℃,样品量20g。

稻谷中的挥发性成分有醇类、醛类、酮类、酯类、烃类、有机酸类以及杂环类化合物等。挥发性成分种类数量最多的是烃类,其次是醛类、醇类和酮类,有机酸类、酯类和杂环类很少。

稻谷中挥发性成分总含量最高的是醛类和烃类,其次为醇类、酮类和杂环类。最主要挥发性成分是醛类,其中含量最高是己醛,平均为13.31%;其次为壬醛,平均为7.93%。

参考文献:

- [1] 庞乾林. 稻米知识纵览[J]. 中国稻米, 2004(3): 44-47.
- [2] 马继平,王涵文,关亚凤. 固相微萃取新技术[J]. 色谱, 2002, 20(1): 16-20.
- [3] 周显青,张玉荣,赵秋红,等. 稻谷储藏过程中挥发性物质的变化及其与新陈度的关系[J]. 粮食与饲料工业, 2005(2): 1-3.
- [4] MAGA J A. Rice product volatiles: a review[J]. J Agric Food Chem, 1984, 32: 964-970.
- [5] 凌家焜. 粮食中挥发性碳基化合物(VVC)的组成分析与含量测定[J]. 粮食储藏, 1988(1): 20-25.