

不同品种鸡肉蒸煮挥发性风味成分比较研究

王春青, 李学科, 张春晖, 李侠, 陈旭华

(中国农业科学院农产品加工所, 农业部重点实验室, 北京 100193)

摘要: 利用固相微萃取-气相色谱-质谱 (SPME-GC-MS) 联用内标法对不同品种鸡肉的蒸煮挥发性风味物质进行定性定量分析, 基于挥发性物质种类及含量差异, 对鸡肉蒸煮主要风味物质进行主成分分析, 并对品种进行聚类分析。同时利用电子鼻 (E-nose) 风味分析技术, 对鸡品种进行种类区分。结果表明: 10 种蒸煮鸡肉共鉴定出 72 种挥发性物质, 其中醛类 20 种、酮类 7 种、醇类 11 种、其它化合物 34 种, 共有的挥发性风味物质 19 种。不同品种鸡肉相比, 柴母鸡和乌鸡的挥发性风味物质种类较多, 分别为 49 和 46 种; 清远鸡和北京油鸡的醛类含量较高, 分别为 11785.47 和 11050.57 ng/g。主成分分析表明, 蒸煮鸡肉主要挥发性物质为(E)-2-壬烯醛、(E)-2-辛烯醛、庚醇和 2-癸酮。基于蒸煮鸡肉中挥发性风味物质种类和含量不同, 可将 10 个品种鸡肉聚为两类。采用电子鼻分析技术, 可将中国地方品种鸡与白羽肉鸡很好地地区分。

关键词: 蒸煮鸡肉; 挥发性风味物质; 固相微萃取-气相色谱-质谱; 主成分分析; 聚类分析; 电子鼻

文章编号: 1673-9078(2015)1-208-215

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.036

Comparison of Volatile Compounds in Different Kinds of Cooked Chicken Meat

WANG Chun-qing, LI Xue-ke, ZHANG Chun-hui, LI Xia, CHEN Xu-hua

(CAAS/Comprehensive Key Laboratory of Agro-products Processing, Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China)

Abstract: The volatile compounds in different varieties of cooked chicken meat were identified using solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) and were further quantified based on internal standard analysis. Based on the difference in the type and concentration of volatile substances, the main flavor components were analyzed using principal component analysis and different chicken varieties were analyzed by cluster analysis. E-nose was used to distinguish the different varieties of chicken. A total of 72 volatile components were identified in ten varieties of cooked chicken, including 20 aldehydes, 7 ketones, 11 alcohols, and 34 other compounds, 19 of which were observed in all samples. There were more volatile compounds in Chai and Silkie hens than those in other chicken varieties; these varieties contained 49 and 46 volatile compounds, respectively. The aldehyde and ketone content in Beijing fatty chicken and Tsingyuan's chicken were greater than those in the other chicken varieties, and were 11785.47 ng/g and 11050.57 ng/g, respectively. (E)-2-octenal, (E)-2-nonenal, heptanol, and 2-decanone were the main volatile components according to principal components analysis. The cluster analysis showed that the ten chicken varieties could be divided into two classes, based on the type and content of volatile flavor substances. Chinese indigenous chickens and broiler chicken could be distinguished by the E-nose.

Key words: cooked chicken; volatile flavor compounds; solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry; principal component analysis; cluster analysis; e-nose

鸡肉是我国主要肉类品种之一, 因其具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇的特点, 广受消费者欢迎。我国主要存在种类是以艾维茵为代表的快大型白羽肉鸡和以我国地方品种为代表的优质黄羽肉鸡。鸡肉加工制品

收稿日期: 2014-06-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2012BAD29B03)

作者简介: 王春青 (1989-), 女, 硕士, 研究方向: 畜产品加工及安全控制理论及技术

通讯作者: 张春晖 (1971-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 肉类科学研究

类型丰富, 包括卤制、烤制和炖煮等, 给消费者提供较多的选择。在肉品质评价方面, 风味品质是评价鸡肉制品感官品质的重要指标之一, 但是由于品种和加工方式不同, 风味品质会呈现一定差异。李建军等^[1]采用微捕集法分析了石岐黄鸡胸肉在烘烤过程中的挥发性风味物质成分, 结果表明, 烘烤鸡肉中醛、酮和杂环化合物为主要成分; 何香等^[2]通过采用同时蒸馏萃取法提取蒸煮鸡肉的挥发性香气成分, 研究发现蒸煮鸡肉中羰基化合物最多, 对鸡肉特征香气的形成

起重要作用；陈建良等^[3]比较三个不同品种鸡的胸肉和腿肉的挥发性风味成分，研究表明快大型肉鸡风味不及清远鸡和三黄鸡，但是三种鸡肉中醛、酮等化合物含量均较高。由于蒸煮加工（如卤制、煮制）是目前鸡肉加工的最主要加工方式，但是在蒸煮加工方面缺乏专用的原料肉以及标准化程度不高；同时对生产上广为使用的不同鸡肉原料蒸煮风味品质研究鲜有系统报道，因此本文利用固相微萃取-气相色谱-质谱（SPME-GC-MS）联用内标法，对 10 种鸡胸肉煮后的挥发性风味物质进行定性定量分析比较，采用主成分分析和聚类分析，研究不同蒸煮鸡肉特征挥发性风味物质的种类和含量，为筛选鸡肉加工专用品种以及研究鸡肉加工适宜性提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

供试鸡肉品种为清远鸡、北京油鸡、柴母鸡、乌鸡、贵妃鸡、三黄鸡、矮脚鸡、童子鸡、青海麻鸡和白羽肉鸡，均为母鸡，来自河南省鹤壁市，每个鸡品种采用同种饲料散养，达到其最佳适宰时期和最佳出栏期时宰杀。其中，童子鸡饲养时间为 120 d，体重为 1.0~1.10 kg；北京油鸡、乌鸡和贵妃鸡饲养时间为 150 d，体重为 1.05~1.53 kg；清远鸡饲养时间为 168 d，体重为 1.20~1.27 kg；柴母鸡、矮脚鸡、三黄鸡和青海麻鸡饲养时间为 180 d，体重为 1.28~1.35 kg；白羽肉鸡饲养时间为 45 d，体重约为 2.10~2.40 kg。每个鸡品种宰后经 0~4 °C 成熟 8 h 后，取其胸肉，去除皮、结缔组织及可见脂肪组织后置于 -80 °C 超低温冰箱中保存，备用。

1.2 仪器设备

气质联用仪（GC-MS-QP2010 Plus），日本岛津公司；SPME 进样器、萃取头（PDMS/DVB，涂层厚度 65 μm），美国 Supelco 公司；HHS 型电热恒温水浴锅，上海博讯实业有限公司；PEN3 便携式电子鼻系统，德国 Airsense 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 蒸煮鸡肉制备

将鸡胸肉去皮、去除可见脂肪，清洗干净，料水比为 1:1.5，加盐 1%（添加量为质量分数，以肉重计），置于聚乙烯塑料袋，在 100 °C 下煮制 30 min，取出。

1.3.2 固相微萃取

萃取头与温度为 250 °C 下进行老化，老化时间为

30 min；样品瓶于 50 °C 恒温下平衡 20 min 后进行顶空萃取，时间为 40 min。

1.3.3 气相色谱-质谱条件

色谱柱为 HP-5MS 毛细管柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm）；升温程序：起始柱温 40 °C 保持 3 min，以 5 °C/min 的速率升到 120 °C，保持 0 min，然后以 10 °C/min 的速率升到 230 °C 保持 5 min；载气为高纯氦气，柱流量为 1.01 mL/min，分流比为 30:1。质谱检测器四级杆温度 150 °C，电子轰击(EI)离子源，电子能量 70 eV，离子源温度 230 °C。质谱质量扫描范围 35-500 amu。

1.3.4 定性定量方法

定性方法：根据计算机谱库（NIST05、NIST05s）进行化合物的质谱鉴定，检测出挥发性成分匹配度大于 85 的化合物，最高匹配度为 100。定量方法：样品在顶空固相微萃取前加入 1 μL 0.41 mg/mL 内标物 2-甲基-3-庚酮，通过计算待测挥发物与内标物的峰面积之比求得浓度^[4]。计算公式如下：浓度（ng/g）=峰面积比例×4.1×1000/2.5（样品质量）

1.3.5 电子鼻分析测定

电子鼻载气为干燥空气，样品置于密封的测试瓶中，于 50 °C 下恒温 20 min，经顶空抽样方式测定，时间为 60 s，重复 3 次，经过 10 个高灵敏金属氧化物检测器，选取第 54~56 s 时间做 PCA 分析。

1.4 数据分析

利用 SPSS19.0 软件将 10 种蒸煮鸡肉共有成分进行主成分分析，利用 SAS9.2 软件对 10 个品种鸡肉进行聚类分析，聚类分析采用离差平方和聚类方法。

2 结果与讨论

2.1 不同品种蒸煮鸡肉的挥发性物质分析

通过 GC-MS 分析和数据库检索，10 种鸡肉的蒸煮挥发性风味物质种类及含量见表 1，共鉴定出 72 种物质，主要包括醛类、酮类、醇类及烷烃类等化合物，其中 10 种鸡共有物质有 19 种，分别为己醛、庚醛、辛醛、(E)-2-辛烯醛、壬醛、(E)-2-壬烯醛、4-乙基苯甲醛、2-庚酮、2-癸酮、6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮、庚醇、1-辛烯-3-醇、(E)-2-辛烯醇、辛醇、2,5-二甲基十一烷、4-甲基十二烷、十四烷及二十一烷。不同品种鸡肉中各类挥发性风味物质的种类数和总含量不同（见表 2），挥发性物质总含量变幅为 2974.65~59547.04 ng/g，其中，白羽肉鸡含量最低，北京油鸡含量最高；从整体挥发性风味种类和含量比

较, 中国地方品种鸡的挥发性风味成分种类和含量高 于白羽肉鸡。

表 1 10 种鸡肉蒸煮挥发性风味成分的 GC-MS 定性定量分析结果

Table 1 Qualitative and quantitative analysis of volatile flavor compounds in ten varieties of cooked chicken by GC-M

保留时 间/min	化合物名称	相似度	含量/(ng/g)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
醛类												
5.74	己醛	95	5509.21	7079.14	4621.92	2922.41	3478.64	174.13	17.04	1519.60	251.55	18.01
8.84	庚醛	94	552.65	420.42	416.87	328.81	446.32	393.72	410.30	26.54	838.79	553.89
10.74	苯甲醛	98	123.08	182.09	69.30	63.29	57.53	179.65	163.95	206.63	207.03	200.24
12.18	辛醛	97	1216.19	564.35	663.13	599.23	875.21	58.29	0.64	233.74	125.50	6.83
12.89	2-甲基十一醛	85	8.93	N.D	N.D	5.89	11.09	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
13.94	(E)-2-辛烯醛	91	91.76	194.97	125.72	101.23	100.53	22.93	9.69	34.19	61.16	7.71
15.45	壬醛	97	3701.16	1947.79	2063.60	2290.45	2558.61	456.55	98.75	839.49	405.61	2.04
17.12	(E)-2-壬烯醛	95	46.71	99.17	62.66	59.36	56.34	24.74	2.78	197.44	42.50	2.83
17.21	4-乙基苯甲醛	90	9.50	15.54	10.26	20.48	21.74	12.43	2.54	32.84	18.53	2.58
17.72	2,4-二甲基苯甲醛	90	N.D	N.D	N.D	19.10	14.14	18.20	24.41	33.78	N.D	9.50
18.16	反式-十一碳-4-烯醛	90	N.D	122.64	129.70	96.30	N.D	N.D	N.D	N.D	49.58	N.D
18.52	癸醛	97	229.573	114.01	172.60	192.30	209.91	44.27	N.D	64.60	53.73	9.34
20.80	2,4-癸二烯醛	91	N.D	N.D	24.76	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
20.81	(E,E)-2,4-十二 碳二烯醛	88	11.45	255.56	N.D	N.D	N.D	15.84	N.D	N.D	N.D	N.D
21.31	(E,E)-2,4-癸二烯醛	94	35.80	54.89	55.70	45.97	28.02	N.D	N.D	N.D	24.87	N.D
22.21	2-十一碳烯醛	92	82.24	N.D	129.70	110.86	120.01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
23.02	三癸醛	95	127.18	N.D	155.50	183.96	156.03	111.67	N.D	N.D	98.31	N.D
25.99	十四醛	97	19.76	N.D	107.54	206.09	145.32	82.39	N.D	N.D	96.15	N.D
27.24	十五醛	96	16.72	N.D	133.35	276.25	227.69	167.61	N.D	N.D	285.79	N.D
28.39	十六醛	95	3.56	N.D	47.77	94.46	20.71	12.97	N.D	N.D	92.86	N.D
酮类												
8.43	2-庚酮	91	56.39	46.92	41.86	56.07	47.45	49.54	47.23	77.74	124.09	40.59
10.52	6-甲基-2-庚酮	89	N.D	N.D	N.D	N.D	61.89	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
14.98	2-壬酮	95	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	29.65	46.70	32.93	120.38	121.75
18.08	2-癸酮	91	16.66	25.32	11.56	20.86	34.39	28.92	54.05	5.84	18.53	6.55
21.62	1-(3,4-二甲基 苯基)-乙酮	86	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	86.32	58.0
23.63	6,10-二甲基-5,9- 十一双烯-2-酮	91	27.05	41.40	61.06	43.84	26.52	32.19	31.50	248.18	42.89	11.08
24.36	2-十三烷酮	90	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	46.97	40.48
醇类												
4.87	戊醇	93	N.D	N.D	13.57	N.D	N.D	101.90	N.D	N.D	134.82	N.D
7.80	正己醇	98	N.D	N.D	150.37	N.D	N.D	1233.48	1767.26	1565.42	4018.99	656.84
11.10	庚醇	95	88.42	73.0	53.61	33.93	54.91	79.67	111.26	52.98	155.55	24.10
11.43	1-辛烯-3-醇	95	1132.33	2355.79	1495.40	1347.93	910.42	764.68	673.17	1283.76	2617.91	427.30
13.03	(E, Z)-3,6-壬 二烯-1-醇	86	N.D	77.53	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	57.20	N.D

转下页

接上页

13.26	2,4-二甲基环己醇	86	37.64	96.36	86.82	44.18	N.D	8.33	48.42	N.D	149.37	19.74
14.23	反式-2-辛烯醇	95	92.68	392.26	194.14	124.54	74.71	60.82	15.95	76.56	260.76	6.01
14.36	辛醇	97	215.51	239.61	180.27	193.61	229.78	204.34	213.51	158.94	240.08	61.20
15.06	1-壬烯-4-醇	84	57.71	159.28	88.40	146.0	95.71	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
17.53	壬醇	98	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	256.97	N.D	199.59	N.D
17.57	2-甲基-1-辛醇	89	N.D	N.D	63.02	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

醚类

20.05	正癸醚	87	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	112.07	N.D
20.76	烯丙基正辛醚	86	N.D	N.D	N.D	56.24	43.49	58.12	N.D	N.D	N.D	9.02

烷烃类

12.82	2,5,5-三甲基正庚烷	93	N.D	39.44	12.11	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
13.03	2-甲基-3-乙基-1,3-己二烯	88	43.44	N.D	34.65	29.58	30.37	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
13.87	3-乙基-3-甲基庚烷	92	27.78	70.45	23.04	14.58	N.D	31.59	25.43	39.06	N.D	N.D
17.29	3,4-二甲基十一烷	90	29.55	54.28	22.59	21.12	N.D	N.D	35.30	N.D	N.D	N.D
18.37	十二烷	95	85.96	N.D	86.32	93.12	78.65	122.87	N.D	102.38	92.53	47.54
18.74	2,5-二甲基十一烷	93	75.35	135.31	75.09	56.26	52.29	56.42	75.17	146.45	35.68	39.45
18.99	4-甲基十二烷	95	36.57	76.32	42.13	18.89	16.08	35.77	52.99	80.73	12.42	23.59
19.83	4,6-二甲基十二烷	96	66.03	156.15	78.05	59.59	49.38	77.16	103.17	N.D	52.37	55.11
20.57	5-甲基-5-丙基壬烷	93	N.D	109.14	33.51	28.21	31.41	35.60	56.80	N.D	N.D	25.68
21.39	5-丁基壬烷	91	N.D	200.94	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
22.73	1-十四烯	89	N.D	N.D	20.08	34.07	30.83	N.D	N.D	N.D	39.25	N.D
22.88	十四烷	97	94.29	4953.0	20.90	176.70	131.16	142.18	159.08	2806.22	75.53	99.58
23.22	4-甲基十四烷	86	N.D	N.D	N.D	30.61	21.96	33.63	51.11	1659.45	0.02	20.92
23.33	2,6,11,15-四甲基十六烷	91	N.D	2149.42	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
23.71	4-环己基十一烷	91	N.D	9013.98	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
23.86	2,6,10,14-四甲基十五烷	91	N.D	11404.01	48.31	N.D	N.D	52.83	N.D	6578.03	35.99	25.51
24.02	3-甲基十四烷	94	N.D	5507.82	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	4434.23	N.D	N.D
24.37	2,6,10,15-四甲基十七烷	91	7.02	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
24.39	十五烷	88	N.D	47.47	27.80	N.D	N.D	N.D	29.14	N.D	N.D	N.D
25.06	2,6,11,15-四甲基十六烷	86	8.34	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
25.80	十六烷	93	173.22	377.38	185.42	145.36	119.81	181.59	294.98	28.76	N.D	133.96
27.07	十七烷	91	25.09	8956.60	355.12	78.43	100.87	161.86	68.18	7361.71	68.94	N.D
27.57	二十烷	93	8.34	N.D	106.12	59.68	44.65	57.62	62.23	N.D	92.22	11.02
28.20	二十一烷	90	20.57	1473.80	161.75	63.06	5.57	16.99	10.39	8431.6	49.12	31.62

芳香烃类

17.85	萘	89	N.D	N.D	N.D	N.D	21.11	35.09	72.61	27.11	N.D	11.38
23.35	1,4-二乙酰基萘	85	8.22	N.D	21.36	33.93	24.14	37.38	36.46	N.D	32.40	26.70

酸和酯类

转下页

接上页

11.34	己酸	92	N.D	141.89	59.24	N.D	N.D	N.D	49.38	N.D	N.D	N.D
16.99	苯甲酸	95	20.91	81.88	32.86	45.54	39.52	58.28	56.37	N.D	75.86	48.61
17.35	辛酸	94	N.D	N.D	N.D	N.D	10.64	N.D	N.D	N.D	15.77	N.D
17.55	壬基氯甲酸	92	82.95	N.D	N.D	102.89	69.11	106.06	N.D	N.D	N.D	59.81
18.64	亚硫酸基, 己基 酯十五烷基	90	27.21	39.72	30.69	165.06	N.D	23.42	35.22	N.D	6.40	18.54
含氮化合物												
9.27	甲基苯基-肟	85	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	303.56	N.D	667.89	N.D

注: 1 清远鸡, 2 北京油鸡, 3 柴母鸡, 4 乌鸡, 5 三黄鸡, 6 矮脚鸡, 7 童子鸡, 8 贵妃鸡, 9 青海麻鸡, 10 白羽肉鸡。N.D 表示未检测出, 下同。

表2 不同品种鸡肉主要挥发性风味成分种类总数和总含量对比

Table 2 Comparison of contents and varieties of volatile flavor compounds identified in different varieties of chicken

化合物		醛类	酮类	醇类	醚类	酸和酯类	烷烃类	总计
清远鸡	种类	17	3	6	N.D	3	14	43
	含量/(ng/g)	11785.47	100.1	1624.29	N.D	131.07	701.55	14350.7
北京油鸡	种类	12	3	7	N.D	3	17	42
	含量/(ng/g)	11050.57	113.64	3393.83	N.D	263.49	44725.51	59547.04
柴母鸡	种类	17	3	9	N.D	3	17	49
	含量/(ng/g)	8990.08	114.48	2325.6	N.D	122.79	1332.99	12907.3
乌鸡	种类	18	3	6	1	3	15	46
	含量/(ng/g)	7616.44	120.77	1890.19	56.24	313.49	909.26	10940.32
三黄鸡	种类	17	4	5	1	3	13	43
	含量/(ng/g)	8527.84	170.25	1365.53	43.49	119.27	713.03	10984.66
矮脚鸡	种类	15	4	7	1	3	13	43
	含量/(ng/g)	1775.39	140.3	2453.22	58.12	187.76	1006.11	5693.37
童子鸡	种类	9	4	7	N.D	3	13	36
	含量/(ng/g)	730.1	132.78	3086.54	N.D	140.97	1023.97	5526.99
贵妃鸡	种类	10	4	5	N.D	N.D	11	30
	含量/(ng/g)	3188.85	364.69	3137.66	N.D	N.D	31668.62	38386.93
青海麻鸡	种类	15	6	9	1	3	11	45
	含量/(ng/g)	2651.96	439.18	7834.27	112.07	98.03	554.07	12389.87
白羽肉鸡	种类	10	6	6	1	3	11	37
	含量/(ng/g)	812.97	278.45	1195.19	9.02	126.96	513.98	2974.65

2.1.1 醛类化合物

醛类化合物一般由脂肪氧化产生, 阈值较低, 有研究证实醛类化合物对产品中肉香味的构成起到不可替代的作用^[5]。由表 2 可知, 童子鸡和白羽肉鸡醛类化合物种类、含量均较少, 其中种类分别仅为 9 种和 10 种, 含量分别为 730.10 ng/g 和 812.97 ng/g。醛类分为饱和醛和不饱和醛, 其中饱和醛中庚醛、辛醛和壬醛是鸡肉主要的挥发性风味化合物^[5], 在 10 种蒸煮鸡肉的挥发性风味物质中均有检测到, 同时 8 种鸡肉中己醛含量也较高 (174.13~7079.14 ng/g), 这与 Schindler^[6]研究结果相似。在蒸煮鸡肉中检测到的相

应的不饱和醛中 2-烯醛和 2,4-癸二烯醛是重要的风味物质, 对鸡汤风味起决定作用, 是鸡肉香气的特征化合物中最主要的成分^[7], 但是白羽肉鸡中检测到的含量较低, 由此得出, 白羽肉鸡的醛类挥发性风味不及其它品种鸡。

2.1.2 酮类化合物

酮类化合物是脂肪氧化的另一产物, 其种类较醛类少, 但对鸡肉特征风味形成起重要作用^[2]。本研究中共检测出 7 种酮类化合物, 其含量变幅为 100.10~439.18 ng/g, 占挥发性物质总量的 0.19%~9.36%, 其中青海麻鸡、贵妃鸡和白羽肉鸡的

酮类化合物含量较高, 清远鸡的酮类化合物种类及含量较少。在 7 种酮类化合物中, 2-庚酮、2-癸酮和 6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮为 10 个品种蒸煮鸡肉所共有。6-甲基-2-庚酮是鸡肉特征香味的主要来源^[8], 但仅在三黄鸡中检测出, 陈建良^[3]研究中并没有检测出, 可能与实验条件有关。

2.1.3 醇类化合物

醇类主要是肉中脂质在脂肪氧合酶和氢过氧化酶作用下通过酶降解亚油酸反应产生亚油酸降解酶作用下氧化产生^[9]。10 个品种蒸煮鸡肉挥发性风味物质中共检测出 12 种醇类化合物, 其含量占总含量的 5.70%~63.23%, 变幅较大, 说明品种之间差异较大。Marušić 等^[10]通过研究干腌火腿的挥发性风味物质表明醇类化合物的阈值较醛类高, 对肉的风味作用较小, 同时有研究报道^[11]饱和醇类化合物阈值较低, 具有蘑菇香味和类似金属味, 对肉鸡肉品风味的形成有一定作用。实验结果表明, 10 个品种鸡肉中青海麻鸡和北京油鸡的 1-辛烯-3-醇含量较高, 柴母鸡的含量最低。白羽肉鸡检测到的醇类化合物种类仅有 6 种, 含量变幅为 6.01~656.84 ng/g。

2.1.4 酸和酯类化合物

脂肪酸甘油酯和磷脂加热氧化或酶解会产生酸类化合物, 但是一般酸挥发性较低对肉香气贡献较小, 而酯类通常由游离脂肪酸和脂质氧化所产生的醇之间的相互作用生成^[12], 短链脂肪酸生成的酯呈典型的果香味, 长链脂肪酸生成的酯具有油脂味^[13]。从 10 个品种蒸煮鸡肉中检测到了 4 种酸和 1 种酯, 含量变幅在 6.40~165.06 ng/g, 三黄鸡和贵妃鸡中并未检测出酯类化合物, 由此得出, 品种不同, 脂肪含量以及由脂肪作为前提物质产生的风味也存在差异。

2.1.5 烷烃类化合物

烷烃类化合物主要由脂肪酸烷氧自由基的均裂产生, 但由于其香味阈值较高, 对肉的直接风味贡献不大, 但有助于提高肉制品的整体风味^[14]。10 个品种蒸煮鸡肉中共检测出 24 种烷烃, 北京油鸡、柴母鸡、矮脚鸡、贵妃鸡、青海麻鸡及白羽肉鸡六种蒸煮鸡肉中均检测出 2,6,10,14-四甲基十五烷, 金燕等^[15]研究蟹肉的挥发性风味物质表明, 2,6,10,14-四甲基十五烷存在于加工后的小龙虾废物中, 具有一种清香的气味。

2.2 不同品种鸡蒸煮挥发性风味成分电子鼻检测分析

图 1 显示了风味传感器响应值的主成分分析图。在 PCA 图中可以看出, 第一主成分和第二主成分的贡

献率分别为 96.4%和 2.64%, 中国地方品种鸡发生部分重叠, 这说明中国地方品种鸡的蒸煮挥发性风味成分较为相似, 结合表 2 知, 白羽肉鸡的醇类物质含量低于其它 9 个品种鸡。基于蒸煮挥发性风味物质, 白羽肉鸡和中国地方品种鸡能较好的区分。

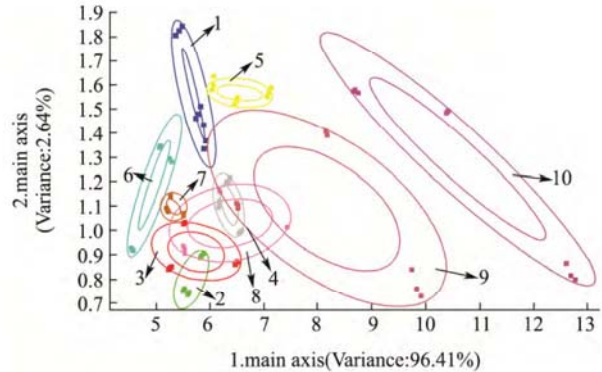


图 1 基于蒸煮挥发性风味物质的 10 个品种鸡的 PCA 图

Fig.1 Principal component analysis (PCA) of different chicken varieties based on volatile flavor compounds

2.3 不同蒸煮鸡肉挥发性物质含量主成分分析

表 3 四个主成分的特征值和贡献率

Table 3 Eigen values and contribution rates of four principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	6.42	33.82	33.82
2	4.72	24.82	58.64
3	3.49	18.37	77.01
4	1.91	10.04	87.05

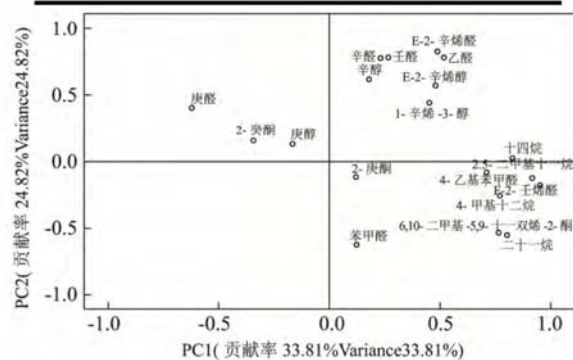


图 2 主成分载荷图

Fig.2 Principal component load diagram

主成分分析方法是通过对研究指标体系的内在关系, 把多指标转化成少数几个相互独立而且包含原有指标大部分信息的综合指标的一种分析方法。参考蔡原等^[16]和 Gu 等^[4]分别利用相对含量高于 1%的成分和 OAV 值筛选的 15 种物质进行主成分分析的方法, 本

文为探寻用于评价鸡肉加工适宜性和品质评价中的主要挥发性物质,本研究对 10 个品种蒸煮鸡肉共同含有的 19 种挥发性物质进行主成分分析,所得相关性矩阵的特征值见表 3, 所得载荷矩阵图见图 2。

由表 3 可知, 前四个主成分方差累积贡献率达到了 85%以上, 贡献率分别是 33.82%、24.82%、18.37% 和 10.04%, 由主成分载荷矩阵知, 对第一主成分贡献较大的是(E)-2-壬烯醛、2,5-二甲基十一烷、十四烷、二十一烷和 6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮, 但由于烷烃对第一主成分贡献较大主要是由于其含量较高, 而对风味实际贡献率则较小, 因此对第一主成分贡献较大的只有(E)-2-壬烯醛和 6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮。第二主成分中, (E)-2-辛烯醛贡献最大, 其次是己醛、辛醛和壬醛。对第三主成分贡献最大的是庚醇, 其次是 2-庚酮、1-辛烯-3-醇、苯甲醛、庚醛。第四主成分中, 2-癸酮、4-甲基十二烷及 4-乙基苯甲醛贡献较大。(E)-2-壬烯醛、(E)-2-辛烯醛、庚醇和 2-癸酮是鸡肉重要的挥发性风味物质, 其它物质对鸡肉风味贡献较大。

2.4 不同蒸煮鸡肉挥发性物质含量聚类分析

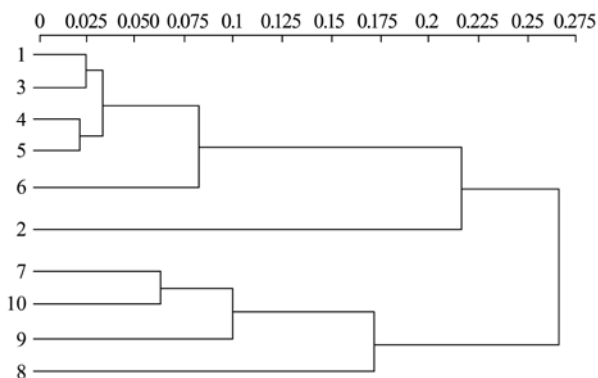


图 3 不同品种蒸煮鸡肉的聚类分析图

Fig.3 Cluster analysis of different varieties of cooked chicken

根据测出的挥发性物质对蒸煮鸡肉进行聚类分析, 由图 3 可知, 10 个品种鸡被分成两大类群: 清远鸡、北京油鸡、柴母鸡、乌鸡、三黄鸡及矮脚鸡 6 个品种是第一类群, 第二类群中有童子鸡、贵妃鸡、青海麻鸡和白羽肉鸡。结合表 1 和表 2 知, 第一类群中 6 个品种蒸煮鸡肉的挥发性风味物质种类较多, 含量较高, 尤其是醛类和烷烃类; 第二个类群中挥发性风味物质中酮类、醇类种类较多, 含量较高。

3 结论

3.1 本文利用固相微萃取-气相色谱-质谱 (SPME-GC-MS) 联用内标法分析 10 种鸡肉的挥发性风味物质, 共鉴定出 72 种挥发性化合物, 主要由醛类、酮类、

醇类及烷烃类等化合物组成, 其中醛类、烷烃类和醇类化合物种类较多, 含量较高; 酮类化合物种类较少, 含量较低; 共有的挥发物质有 19 种。10 种蒸煮鸡肉中, 贵妃鸡的挥发性风味物质种类较少, 白羽肉鸡和童子鸡的含量较低; 中国地方特色品种鸡的风味物质优于快大型白羽肉鸡。

3.2 电子鼻主成分结果表明, 中国地方品种鸡和白羽肉鸡能够通过主成分较好的区分。主成分分析结果表明, (E)-2-壬烯醛、(E)-2-辛烯醛、庚醇和 2-癸酮对鸡肉风味物质贡献较大, 在今后研究中可作为品质评价的参数之一。聚类分析结果表明, 10 个品种鸡肉分为两大类群, 其挥发性物质都有其显著特征, 因此在蒸煮类(如酱卤、炖煮)鸡肉产品加工过程中, 应根据原料的风味特性选择使用不同的肉鸡品种。

3.3 通过比较 10 个品种鸡肉的蒸煮挥发性风味物质, 筛选主要风味化合物, 为鸡肉加工品质研究及加工适宜性评价提供理论参考。

参考文献

- [1] 李建军, 文杰, 陈继兰, 等. 烘烤鸡肉挥发性风味物的微捕集和 GC-MS 分析[J]. 分析测试学报, 2003, 22(1): 58-61
LI Jian-jun, WEN Jie, CHEN Ji-lan, et al. Identification of flavor volatiles from roasted breast muscles of shiqi Huang chicken by GC-MS with micro-trap [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2003, 22(1): 58-61
- [2] 何香, 许时婴. 蒸煮鸡肉的挥发性香气成分[J]. 无锡轻工业大学学报, 2001, 20(5): 497-499
HE Xiang, XU Shi-ying. Study of cooked chicken meat volatile components [J]. Journal of Wuxi University of Light Industry, 2001, 20(5): 497-499
- [3] 陈建良, 芮汉明, 陈号川. 不同鸡种的鸡肉挥发性风味特性的比较研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(10): 1129-1134
CHEN Jian-liang, RUI Han-ming, CHEN Hao-chuan. Comparison of volatile flavor characteristic of different kinds of chicken muscles [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(10): 1129-1134
- [4] Gu S Q, Wang X C, Tao N P, et al. Characterization of volatile compounds in different edible parts of steamed Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Research International, 2013, 54: 81-92
- [5] Cross C K, Ziegler P. A comparison of the volatile fractions from cured and uncured meat [J]. Journal of Food Science, 1965, 30(4): 610-614
- [6] Schindler S, Krings U, Berger R G, Orlin V. Aroma development in high pressure treat beef and chicken meat

- compared to raw and heat treated [J]. *Meat Science*, 2010, 86: 317-323
- [7] 夏延斌.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008
XIA Yan-bin. *Food Flavor Chemistry*[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008
- [8] 孙宝国,刘玉平,郑福平等.肉味香精中单体香料的香味类型[J].北京工商大学学报,2003,21(1):1-8
SUN Bao-guo, LIU Yu-ping, ZHENG Fu-ping, et al. Flavor for meat flavorings [J]. *Journal of Beijing Technology and Business University Natural Science Edition*, 2003, 21(1): 1-8
- [9] Ma L Q, Hamid Nbejhit A E D, Robertson J, Law T F. Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1 day and 21 day post-mortem storage [J]. *Meat Science*, 2012, 92: 430-439
- [10] Marušić N, Vidaček S, Janči T, et al. Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional istrian dry-curedham [J]. *Meat Science*, 2014, 96: 1409-1416
- [11] Wettasinghe M, Vasanthan, Temelli F, Swallow K. Volatiles from roasted byproducts of the poultry-processing industry [J]. *Food Chemistry*, 2000, 48: 3485-3492
- [12] Ai J. Anal. Headspace solid phase microextraction dynamics and quantitative analysis before reaching a partition equilibrium [J]. *Food Chemistry*, 1997, 69(16): 3260-3266
- [13] 孙红梅,李侠,张春晖,等.鸡骨素及其酶解液的美拉德反应产物挥发性风味成分比较分析[J].分析测试学报, 2013, 32(6):13-19
SUN Hong-mei, LI Xia, ZHANG Chun-hui, et al. Comparison of volatile compounds in different maillard reaction productions from chicken bone extract and its enzymatic hydrolysate [J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2013, 32(6): 13-19
- [14] 李伟,罗瑞明,李亚蕾等.宁夏滩羊肉的特征香气成分分析[J].现代食品科技,2013,29(5):1173-1177
LI Wei, LUO Rui-ming, LI Ya-lei, et al. Analysis of characteristic aroma compounds of ningxia tan mutton [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(5): 1173-1177
- [15] 金燕,杨荣华,周凌霄等.蟹肉挥发性成分的研究[J].中国食品学报,2011,11(1):233-238
JIN Yan, YANG Rong-hua, ZHOU Ling-xiao, et al. Study on the volatile components of crab meat [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2011, 11(1): 233-238
- [16] 蔡原,赵有璋,蒋玉梅等.顶空固相微萃取-气-质联用检测合作猪肉挥发性风味成分[J].西北师范大学学报(自然科学版),2006,42(4):74-78
CAI Yuan, ZHAO You-zhang, JIANG Yu-mei, et al. Determination of volatile compounds of hezuo swine by gc-ms and headspace solid phase microextraction [J]. *Journal of Northwest University(Natural Science)*, 2006, 42(4): 74-78

(上接第 220 页)

- [10] Mugula J K, Nnko S A M, Narvhus J A, et al. Microbiological and fermentation characteristics of togwa, a Tanzanian fermented food [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2003, (8): 187-199
- [11] GB 5009.3-2010食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2010
GB 5009.3-2010.Determination of Moisture in Foods [S]. Beijing: China Standards Press, 2010.
- [12] 任红,罗丰,许彦,等.菜心叶绿素比较方法测定研究[J].安徽农业科学,2012,40(3):1455-1456
REN Hong, LUO Feng, XU Yan, et al. Comparison on methods of chlorophyll extraction in flowering chinese cabbage [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.* 2012, 40(3): 1455-1456
- [13] 罗志刚,曾满枝,凌晨,等.3,5-二硝基水杨酸比色法测定烟草中水溶性总糖[J].中国烟草科学,2000,16(2):34-36
LUO Zhi-gang, ZENG Man-zhi, LING Chen, et al. Colorimetric determination of water-soluble total sugar in tobacco with 3,5-dinitrosalicylic acid [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2000, 16(2): 34-36
- [14] 李学贵.对榨菜在腌制过程中主要成分变化的探讨[J].中国酿造,2003,(3):9-12
LI Xue-gui. Discussion on the main composition change in the salting process of pickle [J]. *China Brewing*, 2003, (3): 9-12
- [15] Ji F D, Ji B P, Li B, et al. Effect of fermentation on nitrate, nitrite and organic acid contents in traditional pickled chinese cabbage [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2009(33): 175-186