FOOD & MACHINERY 食品与机械

Vol.32, No.7
Jul. 2016

DOI:10.13652/j.issn.1003－5788.2016.07.006

基于肉鸡性别的鸡汤挥发性物质主成分分析

Principal component analysis of volatile compounds in chicken soup based on the gender of broiler

张　艳[1]　夏杨毅[1,2]　何　翠[1]　周　涛[1]

ZHANG Yan[1]　*XIA Yang-yi*[1,2]　*HE Cui*[1]　*ZHOU Tao*[1]

(1. 西南大学食品科学学院,重庆　400715;2. 重庆市特色食品工程技术研究中心,重庆　400715)

(1. *College of Food Science, Southwest University, Chongqing* 400715, *China*;
2. *Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing* 400715, *China*)

摘要:利用固相微萃取—气相色谱—质谱(SPME—GC—MS)联用内标法,研究基于肉鸡性别差异的传统鸡汤挥发性物质,并分别进行主成分分析。结果显示:两种鸡汤共检测出挥发性物质 78 种,其中母鸡肉汤和公鸡肉汤分别为 76,67 种,含量分别为 1 369.84,1 029.61 μg/100 mL,主要为醛类、酮类、醇类、烷烃类、酸类和酯类,两者共同含有的挥发性物质为 65 种。母鸡肉汤和公鸡肉汤中反式-2-己烯醛、(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛、十三醛、2-庚酮、正己醇等 13 种风味物质的含量差异显著(P<0.05)。两种鸡汤经主成分分析都得到两种主成分物质,且累计贡献率达 100%,但种类和含量差别较大。

关键词:母鸡;公鸡;挥发性物质;主成分分析

Abstract: The volatile compounds of traditional chicken soup based on the gender of broiler were identified using solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (SPME—GC—MS) and were further quantified based on internal standard analysis, and the main flavor components were analyzed by principal component analysis, respectively. Results showed that: 78 kinds of volatile compounds were detected in chicken soup. 76 and 67 volatile compounds were detected from hen broth and rooster broth, and were 1 369.84 μg/100 mL and 1 029.61 μg/100 mL, respectively. The main volatile flavor compounds in both chicken soup were aldehydes, ketones, alcohols, hydrocarbons, acids and esters. 65 volatile substances were in both samples. Trans-2-Hexenal, Trans, trans-2, 4-Heptadienal, Tridecanal, 2-Heptanone and Hexyl alcohol total of 13 volatile substances have a Significant difference. They both have two main components and the cumulative contribution rate can reach 100%. But, the main volatile compounds of them have a large difference in type and content.

Keywords: hen; rooster; volatile substances; principal component analysis

鸡汤以其诱人汤色、鲜香风味和滋补作用而深受广大消费者喜爱[1-2]。鸡汤风味是食用品质的重要指标之一,受鸡肉风味前体物质在加热过程中的美拉德反应[3]、脂质氧化[4]、硫胺素降解[5]等产生的挥发性物质影响,鸡汤挥发性物质组成与鸡汤加热熬制工艺[6]、肉鸡品种[7]等有关。

研究[8]表明:性别是影响肉类风味的重要因素之一。陈康等[9]研究发现不同性别伊拉兔肉的挥发性风味物质存在显著差异,母兔肉挥发性风味物质明显比公兔肉丰富;Gorriaz C 等[10]研究表明母牛肉较公牛肉风味好,公牛的肉具有很强的血腥味;袁华根等[11]研究表明公鸡肉的挥发性风味强度略好于母鸡。但肉鸡性别对鸡汤挥发性物质的影响研究仍属空白。因此,本研究拟以传统鸡汤为研究对象,利用顶空固相微萃取—气相色谱—质谱联用(SPME—GC—MS)内标法测定母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质,并分别进行主成分分析,以期为鸡汤的原料选择及工业化生产提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　试验原料与试剂

青脚麻鸡:公母各 3 只,90 日龄,重量约 2.0 kg,四川省内江金鑫畜禽有限公司;

2-甲基-3-庚酮:分析纯,美国 Sigma 公司;

氯化钠:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

1.1.2　主要仪器与设备

气相色谱—质谱联用仪:GCMS-QP2010 型,日本岛津

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303082-7)
作者简介:张艳,女,西南大学在读硕士研究生。
通讯作者:夏杨毅(1970－),男,西南大学副教授,博士,硕士导师。
E-mail:265835528@qq.com
收稿日期:2016—03—04

公司；

色谱柱：DB-5MS 型，安捷伦科技有限公司；

固相微萃取器：75 μm CAR/PDMS 涂层萃取头，美国 Supelco 公司；

电子天平：FA2004B 型，上海越平科学仪器有限公司；

数显恒温水浴锅：HH-S6 型，常州普天仪器制造有限公司；

超低温冷冻储存箱：DW-FW110 型，中科美菱低温科技有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品制备

（1）肉鸡宰杀：屠宰后去除头、尾、内脏，其余部分薄膜包裹后置于－23 ℃冻结，然后用内置冰块的保温箱运回实验室，于－15 ℃冰柜贮藏备用。

（2）鸡汤熬制：鸡肉解冻后清洗，切成 3 cm×3 cm 的肉块，沸水预煮 3 min，加水（料液比 1∶2，g/mL）后大火煮沸、转小火熬制 3 h，分别制备母鸡肉汤和公鸡肉汤。

1.2.2 鸡汤挥发性物质固相萃取

分别取样品 5 mL 装入 15 mL 萃取瓶中，加入风味内标物 2-甲基-3-庚酮，旋紧瓶盖，80 ℃水浴平衡 15 min 后，再通过隔热垫插入活化好的 SPME 萃取头，并推出纤维头，置于 80 ℃恒温水浴锅中萃取 30 min，立即插入 GC—MS 进样口 5 min。

1.2.3 鸡汤挥发性物质 GC—MS 测定

（1）GC 条件：DB-5 MS 毛细管色谱柱（30 m×0.25 mm，0.25 mm）；压力 106.6 kPa；总流量 14.4 mL/min；柱流量 1.90 mL/min；载气为氦气，分流比 5∶0；进样口温度250 ℃，柱箱升温程序：起始温度 40 ℃，以 12 ℃/min 升至 200 ℃，保持 2 min，再以 6 ℃/min 升至 250 ℃，保持 4 min。

（2）MS 条件：电子电离源；电子能量 70 eV；接口温度 230 ℃；离子源温度 230 ℃；检测器电压 350 V；质量扫描范围（m/z）40～350。

1.2.4 鸡汤挥发性物质分析

（1）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。

（2）定量方法：样品在顶空固相萃取前加入 1 μL 0.816 mg/mL风味内标物 2-甲基-3-庚酮，通过计算待检测挥发物的峰面积与内标物的峰面积之比求得其浓度[12]。

1.3 数据统计分析

采用 Microsoft excel 和 SPSS 17.0 分析数据，3 次重复试验，结果以均值±标准差表示，并进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 母鸡肉汤和公鸡肉汤的 GC—MS 总离子流图

由图 1、2 可知，整个 GC—MS 分析过程维持在 30 min，相对含量较大的峰主要在前 15 min。2-甲基-3-庚酮在 5.479 min出峰，其余成分相对含量较小且分离程度良好。

2.2 母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质种类和含量

由表 1、2 可知，两种鸡汤共检测出挥发性物质 78 种，其

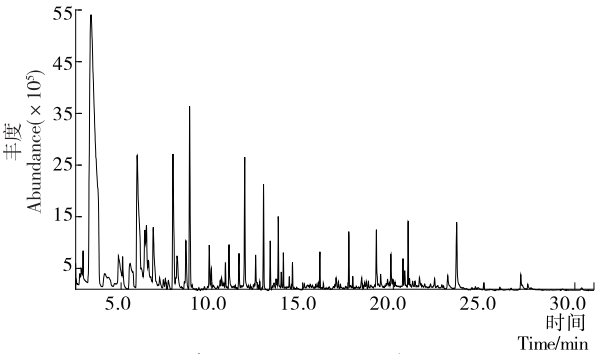

图 1 母鸡肉汤的 GC—MS 总离子流图

Figure 1 Total ion chromatogram of volatile compounds in hen broth

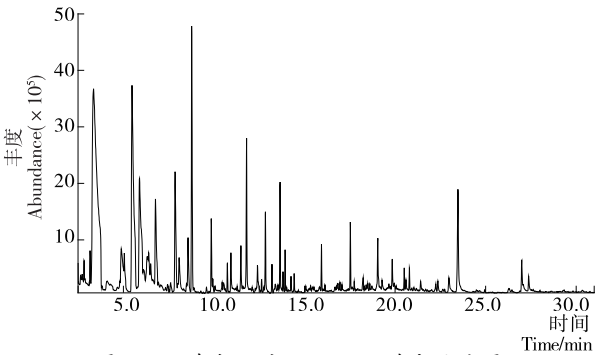

图 2 公鸡肉汤的 GC—MS 总离子流图

Figure 2 Total ion chromatogram of volatile compounds in rooster broth

中母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性风味物质种类分别为 76，67 种，含量分别为 1 369.84，1 029.61 μg/100 mL，主要有醛类、酮类、醇类、碳氢类、酸类、酯类等，其中反式-2-己烯醛、（E，E）-2，4-庚二烯醛、十三醛、2-庚酮、正己醇、（Z，Z）-8，10-十四双烯-1-醇、1-癸炔、2-甲基-3-乙基-1，3-己二烯、2-甲基十六烷、3-甲基-5-丙基壬烷、十五酸、丁位癸内酯、15-甲基十六碳酸甲酯共 13 种风味物质的含量差异显著（$P<0.05$）。仅在母鸡肉汤中检测出反式-2-己烯醛、（E，E）-2，4-十二碳二烯醛、2-庚酮、正己醇、（Z，Z）-8，10-十四双烯-1-醇、1-癸炔、丁位癸内酯、亚硫酸基，丁基十七烷基酯、15-甲基十六碳酸甲酯、邻苯二甲酸二异丁酯、癸醚共 11 种挥发性物质，仅在公鸡肉汤中检测出庚醇和 3，5-二叔丁基苯酚 2 种挥发性物质，鸡汤的共有挥发性物质 65 种。

2.3 母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质主成分分析

由表 3 可知，母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质主成分有两种，且累积贡献率达到 100。结合表 1 的载荷矩阵。母鸡肉汤的第一主成分有癸醛、（Z）-2-癸烯醛、2-癸酮、2-丁基-1-辛醇、十二醇、十五酸、3-甲基十七烷、十二酸、甲氧基苯基-肟，第二主成分包括 γ-壬内酯、8-己基十五烷、3-甲基十四烷、十五烷、2，6，10-三甲基十二烷、6-甲基十三烷、二十二烷；公鸡肉汤的第一主成分有庚醛、十四醛、2-壬酮、2，3-辛二酮、1-辛烯-3-醇、庚醇、2，6，10-三甲基十二烷、3，7-二甲基十一烷、2，6，10，14-四甲基十六烷、6-甲基十三烷，第二主成分包括（E，E）-2，4-庚二烯醛、十八醛、2-十一碳烯醛。

母鸡肉汤和公鸡肉汤的醛类化合物含量最高,分别为 1 052.36,722.34 μg/100 mL,占挥发性物质总量的 76.82%,70.16%。其中,母鸡肉汤的(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛含量显著高于公鸡肉汤(P<0.05),反式-2-己烯醛、(*E*,*E*)-2,4-十二碳二烯醛仅在母鸡肉汤中检出。癸醛和庚醛、十四醛、十八醛可赋予肉汤水果香、甜香和脂香[13-14],但气味特征不尽相同,如癸醛具有甜香、蜡香、花香和橘香;庚醛具有鱼腥,坚果香,甜杏气息;十八醛主要为脂肪香味。一般低级醛类物质具有刺激性气味,C_8以上高级醛呈水果香味,C_{13}以上的长链醛类物质阈值较高、对食品风味贡献较低[15]。母鸡肉汤的醛类含量和种类均高于公鸡肉汤,是影响不同性别肉鸡汤风味差异的重要原因。

表 1　两种鸡肉汤挥发性物质组成和主成分载荷矩阵†

Table 1　The main volatile components and principal component loading matrix of two chicken soup

种类	保留时间/min	化合物	含量/(10^{-2}μg·mL^{-1})		P	母鸡肉汤		公鸡肉汤	
			母鸡肉汤	公鸡肉汤		主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2
醛类	3.336	己醛	428.71±6.16	334.43±11.01	0.302	−0.795	−0.607	−0.375	−0.927
	4.103	反式-2-己烯醛	43.11±3.74*	—	0.023	−0.745	−0.667	—	—
	4.874	庚醛	58.84±2.32	37.19±3.83	0.469	0.319	0.948	0.975	−0.223
	5.884	(*Z*)-2-庚烯醛	126.45±5.95	61.72±1.90	0.065	0.597	0.802	0.521	0.853
	6.766	辛醛	21.86±2.68	36.48±3.37	0.574	0.918	−0.396	0.875	−0.484
	6.925	(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛	6.21±0.38*	1.32±0.20	0.038	−0.288	0.958	0.212	0.977
	7.853	反-2-辛烯醛	51.38±1.09	41.55±0.69	0.306	−0.998	0.065	−0.299	−0.954
	8.765	壬醛	117.38±2.29	74.70±1.99	0.762	−0.603	0.798	0.439	0.898
	9.848	反式-2-壬烯醛	31.64±2.09	20.31±1.32	0.291	−0.997	0.074	0.606	−0.796
	10.526	(*E*,*E*)-2,4-十二碳二烯醛	3.54±0.49	—	0.050	−0.984	−0.180	—	—
	10.736	癸醛	9.43±0.07	6.64±0.19	0.082	0.998	0.069	0.861	−0.509
	10.934	(*E*,*E*)-2,4-壬二烯醛	12.42±0.69	6.12±0.45	0.420	−0.813	−0.582	0.429	0.903
	11.804	(*Z*)-2-癸烯醛	43.96±3.59	36.92±2.59	0.421	0.996	−0.094	0.930	−0.368
	12.402	反式-2,4-癸二烯醛	16.94±3.54	5.76±0.90	0.127	0.308	0.951	−0.447	0.894
	12.627	十一醛	3.52±0.11	2.79±0.12	1.000	−0.607	0.795	0.398	−0.918
	12.835	2,4-癸二烯醛	20.21±1.34	18.46±1.16	0.649	−0.738	−0.675	−0.998	0.057
	13.644	2-十一碳烯醛	26.17±1.66	16.72±0.66	0.106	0.525	0.851	−0.144	0.990
	13.924	顺-4-庚烯醛	9.45±0.32	6.72±0.34	0.919	0.884	−0.467	−0.998	−0.064
	14.425	十二醛	5.90±0.05	3.94±0.55	0.073	−0.901	0.434	0.547	−0.837
	16.126	十三醛	1.10±0.34*	1.51±0.06	0.037	−0.469	0.883	0.057	−0.998
	20.785	十四醛	13.14±1.00	8.39±0.35	0.093	−0.953	0.304	0.999	0.043
	24.945	十八醛	1.00±0.06	0.66±0.01	0.093	0.884	−0.467	−0.217	0.976
酮类	4.625	2-庚酮	2.37±0.12*	—	0.034	0.410	0.912	—	—
	6.384	2,3-辛二酮	11.46±0.29	13.34±0.48	0.330	−0.999	0.033	0.980	0.197
	8.475	2-壬酮	2.54±0.06	2.37±0.06	1.000	−0.988	0.152	0.984	−0.178
	10.448	2-癸酮	1.49±0.26	1.25±0.12	0.282	0.977	0.215	−0.970	−0.243
	15.068	6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	1.95±0.05	1.84±0.06	0.781	0.626	0.780	−0.484	0.875
醇类	4.298	正己醇	2.48±0.04*	—	0.021	0.236	−0.972	—	—
	6.105	庚醇	—	0.81±0.02	0.116	—	—	0.993	−0.114
	6.312	1-辛烯-3-醇	23.62±0.40	18.33±1.82	0.207	−0.999	−0.035	0.994	−0.106
	7.431	3,5-辛二烯-2-醇	3.78±0.21	2.55±0.40	0.468	−0.949	0.316	−0.996	0.093
	8.556	(4*E*)-2-甲基-4-己烯-3-醇	3.86±0.13	2.78±0.14	0.911	0.711	0.703	−0.781	0.625
	15.517	十二醇	15.50±1.10	19.18±0.74	0.405	0.997	0.072	−0.994	0.111
	17.617	2-丁基-1-辛醇	1.53±0.07	1.72±0.11	0.434	0.974	−0.226	−0.713	−0.701
	19.278	*E*-2-十四碳烯-1-醇	0.92±0.07	2.48±0.16	0.174	0.517	0.856	−0.273	−0.962
	22.642	(*Z*,*Z*)-8,10-十四双烯-1-醇	0.50±0.05*	—	0.036	0.913	−0.408	—	—

续表 1

种类	保留时间/min	化合物	含量/($10^{-2}\mu g \cdot mL^{-1}$)		P	母鸡肉汤		公鸡肉汤	
			母鸡肉汤	公鸡肉汤		主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2
碳氢类	7.117	1-癸炔	3.88±0.47*	—	0.049	0.644	−0.765	—	—
	7.323	2-甲基-3-乙基-1,3-己二烯	4.72±0.63*	0.74±0.07	0.024	−0.399	0.917	−0.273	0.962
	14.251	十三烷	3.91±1.66	6.57±1.28	0.680	−0.847	0.532	0.973	−0.230
	15.932	十五烷	6.64±2.82	9.29±0.51	0.053	−0.161	0.987	0.946	0.324
	16.658	2,6,10-三甲基十二烷	0.97±0.13	2.82±0.70	0.215	−0.184	0.983	0.999	0.051
	16.754	3,7-二甲基十一烷	1.20±0.11	2.64±0.59	0.190	−0.311	0.950	0.998	−0.066
	17.064	3-甲基十四烷	10.07±2.75	12.97±2.23	0.606	−0.157	0.988	0.510	0.860
	17.527	十六烷	11.37±0.95	4.22±0.20	0.186	−0.128	−0.992	0.954	−0.300
	18.232	6-甲基十三烷	1.42±0.07	0.81±0.13	0.468	0.190	0.982	0.991	−0.136
	18.301	2,6,10-三甲基十四烷	2.23±1.94	2.12±1.20	0.279	−0.282	0.959	0.854	0.520
	18.400	8-己基十五烷	1.59±0.36	4.60±0.82	0.171	0.152	0.988	0.921	−0.389
	18.493	2-甲基十六烷	1.83±1.42*	1.47±0.23	0.034	−0.269	0.963	0.893	−0.450
	18.603	2,6,10,15-四甲基十七烷	35.51±5.00	12.63±1.13	0.170	0.953	0.304	−0.242	0.970
	19.036	十七烷	6.21±0.74	1.27±0.18	0.185	0.742	−0.671	0.672	−0.741
	19.655	3-甲基-5-丙基壬烷	1.83±0.47*	0.35±0.03	0.028	−0.484	−0.875	−0.290	0.957
	19.708	6-甲基-十一烷	2.05±0.09	0.65±0.02	0.072	0.803	0.595	−0.923	0.385
	19.951	十八烷	6.79±1.54	2.15±0.33	0.101	0.885	−0.466	0.173	−0.985
	20.063	3-甲基十七烷	2.12±0.69	0.60±0.11	0.087	0.982	0.188	0.950	0.313
	20.501	十九烷	14.36±2.10	4.13±0.38	0.134	0.833	−0.554	−0.526	0.850
	20.597	2,6,10,14-四甲基十六烷	9.16±0.21	3.60±0.26	0.965	−0.467	0.884	0.992	−0.126
	22.241	二十二烷	1.82±0.57	1.60±0.35	0.289	−0.221	0.975	0.828	0.561
酸类	2.829	乙酸	1.66±0.30	3.49±0.28	0.885	0.597	−0.802	0.822	0.569
	10.058	辛酸	4.57±0.42	20.82±0.64	0.326	−0.978	0.211	−0.029	−1.000
	13.533	癸酸	2.20±0.12	5.29±0.24	0.167	−0.914	−0.407	0.803	−0.596
	16.816	十二酸	2.09±0.30	12.40±0.36	0.683	0.979	0.205	−0.176	0.984
	19.839	十四酸	20.78±0.75	22.98±1.42	0.345	−0.79	−0.613	−0.999	−0.038
	21.409	十五酸	1.16±0.18*	1.06±0.04	0.045	0.988	−0.152	−0.918	−0.398
	22.969	顺式-9-十六碳烯酸	16.95±0.36	3.41±0.24	0.576	0.716	−0.698	−0.645	0.764
	23.458	十六酸	22.33±1.20	70.06±1.19	0.905	−0.615	0.789	−0.463	0.886
	26.988	顺式-十八碳烯酸	2.77±0.07	9.64±0.22	0.093	0.559	−0.829	−0.910	0.415
酯类	11.136	亚硫酸基,环己基甲基十三烷基酯	3.73±0.15	1.37±0.17	0.852	0.835	−0.551	0.698	0.716
	13.571	γ-壬内酯	4.60±0.32	1.78±0.24	0.557	−0.149	0.989	−0.816	−0.579
	15.841	δ-癸内酯	0.96±0.04*	—	0.016	0.626	0.780	—	—
	19.508	亚硫酸基,丁基十七烷基酯	0.84±0.03	—	0.050	0.037	−0.999	—	—
	20.867	十四酸异丙酯	3.47±0.07	1.48±0.10	0.599	0.932	0.362	−0.548	−0.836
	21.495	邻苯二甲酸二异丁酯	0.47±0.02	—	0.071	0.703	−0.711	—	—
	22.742	15-甲基十六碳酸甲酯	0.54±0.04*	—	0.021	−0.517	−0.856	—	—
酚类	16.021	3,5-二叔丁基苯酚	—	0.45±0.04	0.116	—	—	−0.596	−0.803
醚类	18.952	癸醚	7.54±0.08	—	0.099	0.803	−0.596	—	—
其它	5.082	甲氧基苯基-肟	4.58±0.35	1.43±0.16	0.133	1.000	−0.025	−0.806	−0.592
	6.504	2-正戊基呋喃	13.16±0.13	4.21±0.21	0.393	−0.083	−0.997	0.731	0.683
	12.277	1-甲氧基-4-[(Z)-1-丙烯基]苯	1.52±0.35	5.51±0.32	0.910	−0.986	−0.164	−0.951	−0.310

† —表示未检测出；* 表示差异显著($P<0.05$)。

表 2　两种鸡肉汤挥发性物质种类和含量的比较

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

化合物	母鸡肉汤		公鸡肉汤	
	种类	含量/(10^{-2}μg·mL^{-1})	种类	含量/(10^{-2}μg·mL^{-1})
醛类	22	1 052.36	20	722.34
酮类	5	19.81	4	18.80
醇类	8	52.19	7	47.85
碳氢类	21	129.59	20	75.24
酸类	9	74.50	9	149.16
酯类	7	14.60	3	4.63
其它	4	26.80	4	11.59
总计	76	1 369.84	67	1 029.61

表 3　主成分特征值和贡献率

Table 3　Eigenvalues and contribution rates of principal components

肉汤	主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
母鸡	1	41.601	54.738	54.738
	2	34.399	45.262	100.000
公鸡	1	38.215	57.038	57.038
	2	28.785	42.962	100.000

母鸡肉汤和公鸡肉汤分别检测出 5 种和 4 种酮类,呈水果香味的 2-庚酮仅在母鸡肉汤种检出。2-壬酮、2,3-辛二酮对公鸡汤的总体风味贡献较大,可分别赋予鸡汤甜香和奶香香味[16]。酮类化合物是脂肪氧化的产物,含量较低,阈值较高,多数具有奶香和甜香,有些还是形成杂环化合物的重要中间体,对香气形成有不可忽视的作用[17]。

母鸡肉汤和公鸡肉汤均检测到 9 种醇类物质,但正己醇和(*Z*,*Z*)-8,10-十四双烯-1-醇仅在母鸡肉汤中检出。正己醇呈现青草气息的水果味,可在脂肪氧化酶的作用下转化为正己醛[18];(*Z*,*Z*)-8,10-十四双烯-1-醇阈值相对较低,对风味贡献大。公鸡肉汤和母鸡肉汤的不饱和醇含量分别为 27.86,32.68 μg/100 mL,其中 1-辛烯-3-醇在公鸡肉汤中的含量相对较高,且第一主成分中的载荷值为 0.994,是不饱和脂肪酸的氧化产物[19],具有蘑菇香气药草香韵。

母鸡肉汤和公鸡肉汤的碳氢化合物总量分别为 129.59,75.24 μg/100 mL,载荷值较高,但对风味直接贡献小,对整体风味的提高有重要作用[20]。母鸡肉汤的 2-甲基-3-乙基-1,3-己二烯、2-甲基十六烷、3-甲基-5-丙基壬烷含量显著高于公鸡肉汤($P<0.05$),表明碳氢化合物对公鸡肉汤和母鸡肉汤的风味贡献有所不同[21]。

母鸡肉汤和公鸡肉汤中均检测出酸类物质 9 种,且无种类差异,但公鸡肉汤的酸类化合物含量是母鸡肉汤的 2 倍,但由于酸类物质的挥发性较小,对鸡汤香气贡献不大。

母鸡肉汤中检测出酯类 7 种、含量为 14.6 μg/100 mL,除 γ-壬内酯、δ-癸内酯外,皆为含有大于 C_{10} 的长链脂肪酸的酯类;公鸡肉汤中只检测出 γ-壬内酯、十四酸异丙酯、亚硫酸基,环己基甲基十三烷基酯,总含量为 4.63 μg/100 mL。酯类是由游离脂肪酸和脂肪氧化所产生的醇之间相互作用而产生,对肉汤风味影响较大;含有 C_1～C_{10} 脂肪酸的酯类一般具有水果味,含有大于 C_{10} 的长链脂肪酸的酯类一般具有脂肪风味[22],酯类物质在高温氧化过程中能够生成大量的2,4-癸二烯醛[23]。

母鸡肉汤的 2-正戊基呋喃含量为公鸡肉汤的 3 倍,是亚油酸分解后所得产物[24],具有蔬菜芳香气味[25],对鸡汤的整体风味有很大影响,表明公鸡肉汤和母鸡肉汤风味有所不同。

3　结论

两种鸡汤共检测出挥发性物质 78 种,母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质种类分别为 76,67 种,含量分别为 1 369.84,1 029.61 μg/100 mL,主要为醛类、酮类、醇类、烷烃类、酸类和酯类,两者共同含有的挥发性物质为 65 种。母鸡肉汤和公鸡肉汤中反式-2-己烯醛、(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛、十三醛、2-庚酮、正己醇等 13 种风味物质的含量差异显著($P<0.05$)。母鸡肉汤和公鸡肉汤的挥发性物质有两种主成分,且累计贡献率为 100%,但挥发性物质的种类和含量差别较大。对母鸡肉汤总体风味贡献较大的物质有癸醛、反式-2-己烯醛、(*E*,*E*)-2,4-十二碳二烯醛、(*Z*)-2-癸烯醛、2-庚酮、正己醇、(*Z*,*Z*)-8,10-十四双烯-1-醇、2-丁基-1-辛醇、十二醇、δ-癸内酯、15-甲基十六碳酸甲酯、γ-壬内酯、甲氧基苯基-肟、3-甲基十七烷、8-己基十五烷、3-甲基十四烷、十五烷、2,6,10-三甲基十二烷、6-甲基十三烷;对公鸡肉汤总体风味贡献较大的物质有庚醛、(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛、2-十一碳烯醛、2-壬酮、2,3-辛二酮、1-辛烯-3-醇、庚醇、2,6,10-三甲基十二烷、3,7-二甲基十一烷、2,6,10,14-四甲基十六烷、6-甲基十三烷。另外,有一些挥发性物质为某种鸡汤所特有或在两种鸡汤中差异显著,但呈味特点尚不清楚,需要进一步的研究。

参考文献

[1] SUN Ling-xia, CHEN Jin-ping, LI Miao-yun, et al. Effect of star anise (illicium verum) on the volatile compounds of stewed chicken[J]. Journal of Food Process Engineering, 2014, 37(2): 131-145.

[2] GADEKAR Y P, ANJANEYULU A S R, THOMAS R, et al. Quality changes in soup from deboned chicken frames at refrigerated (4+/−1 degrees C) and frozen (−18 +/−1 degrees C) storage[J]. International Journal of Food Science, 2009, 44(9): 1 763-1 769.

[3] 刘建彬, 康乐, 刘梦娅, 等. 鸡肉肽在美拉德反应中对生成肉味化合物的贡献研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(4): 301-310.

[4] 王瑞花, 姜万舟, 汪倩, 等. 烹制方法对猪肉脂质氧化和挥发性

风味物质的作用研究[J]. 现代食品科技，2016，32(1)：175-182，312.

[5] ALMELA E，JOSE Jordan M，MARTINEZ C，et al. Ewe's diet (pasture vs grain-based feed) affects volatile profile of cooked meat from light lamb[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry，2010，58(17)：9 641-9 646.

[6] 习耀，王婵. 加热方式对鸡汤风味品质影响的研究[J]. 食品科技，2013，38(10)：77-82.

[7] 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)：1 129-1 134.

[8] DASHDORJ D，AMNA T，HWANG I. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors：an overview[J]. European Food Research and Technology，2015，241(2)：157-171.

[9] 陈康，李洪军，贺稚非，等. 不同性别伊拉兔肉挥发性风味物质的 SPME—GC—MS 分析[J]. 食品科学，2014，35(6)：98-102.

[10] GORRIAZ C，BERIAIN M J，CHASCO J，et al. Effect of aging time on volatile compounds，odor，and flavor of cooked beef from pirenaica and Friesian bulls and heifers[J]. Journal of Food Science，2001，67(3)：916-922.

[11] 袁华根. 鸡肉汤香味成分鉴定及日龄、性别和酮体部位对鸡肉风味的影响[D]. 南京：南京农业大学，2007：55-62.

[12] GU Sai-qi，WANG Xi-chang，TAO Ning-ping，et al. Characterization of volatile compounds in different edible parts of steamed Chinese mitten crab (Eriocheir sinensis)[J]. Food Research International，2013，54(1)：81-92.

[13] 朱建军，王晓宇，胡萍，等. 黔式腊肉加工过程中挥发性风味物质的变化[J]. 食品与机械，2013，29(4)：20-23.

[14] MACHIELS D，ISTASSE l，VAN Ruth S M. Gas chromatography-olfactometry analysis of beef meat originating from differently fed Belgian Blue，Limousin and Aberdeen Angus bulls [J]. Food Chemistry，2004，86(3)：377-383.

[15] VARLET V，PROST C，SEROT T. Volatile aldehydes in smoked fish：analysis methods occurrence and mechanisms of formation[J]. Food Chemistry，2007，105(4)：636-656.

[16] 唐道邦，黄彬，黄金枝，等. 不同卤制工艺对盐水鸡肉风味物质含量的影响[J]. 中国调味品，2015(7)：37-42.

[17] 孙承锋，喻倩倩，宋长坤，等. 酱牛肉加工过程中挥发性成分的含量变化分析[J]. 现代食品科技，2014，30(3)：130-136.

[18] 朱静，师俊玲，刘延琳，等. 苹果中正己醇转化酶的提取及其特性研究[J]. 中国食品学报，2010，10(4)：73-80.

[19] PURRINOS L，BERMUDEZ R，FRANCO D，et al. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured"Lacón"a spanish traditional meat product[J]. Journal of Food Science，2011，76(1)：C89-C97.

[20] SÁNCHEZ-Peña C M，LUNA G，GARCÍA-González D L，et al. Characterization of French and Spanish dry-cured hams：influence of the volatiles from the muscles and the subcutaneous fat quantified by SPME—GC[J]. Meat Science，2005，69(4)：635-645.

[21] YU Xiu-zhu，YANG Chen，DU Shuang-kui，et al. A new method for determining free fatty acid content in edible oils by using electrical conductivity[J]. Food Analytical Methods，2012，5(6)：1 453-1 458.

[22] 蒲丹丹，孙杰，陈海涛，等. SDE—GC—MS 结合 GC—O 对比熟湖南腊肉和熟广东腊肉的挥发性风味成分[J]. 食品科学，2015，36(24)：131-136.

[23] 赵芩，张立彦，曾清清. 不同熬煮方法对鸡骨汤风味物质的影响[J]. 食品工业科技，2015，36(7)：314-319.

[24] ELMORE J S，COOPER S L，ENSER M，et al. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb[J]. Meat Science，2005，69(2)：233-242.

[25] LGOR J，JOSIP M，SNJEZANA T. A study of volatile flavour substances in Dalmatian traditional smoked ham：Impact of dry-curing and frying[J]. Food Chemistry，2007，104(3)：1 030-1 039.

(上接第 13 页)

[7] 林向阳，彭树美，张宏，等. 豆粕双螺杆湿法挤压组织化工艺优化[J]. 中国农学通报，2011，27(26)：129-136.

[8] 刘克顺，周瑞宝，田少君，等. 纤维状仿肉制品的高湿挤压生产技术[J]. 中国油脂，2006，31(3)：49-51.

[9] 贾君. 单双螺杆挤压组织化大豆蛋白的工艺研究[J]. 食品与机械，2003(6)：19-21.

[10] AKDOGAN H. Pressure，torque，energy responses of a twin screw extruder at high moisture contents[J]. Food Research International，1996，29：423-429

[11] LIN S，HUFF H E，HSIEH F. Extrusion process parameters，sensory characteristics，and structural properties of a high moisture soy protein meat analog[J]. Journal of Food Science，2002，67(3)：1 066-1 072.

[12] 郎珊珊，闫树田，石戴卫. 结构参数对挤压组织化花生蛋白质构特性影响[J]. 食品与机械，2014，30(4)：113-115.

[13] 康立宁，魏益民，张波，等. 大豆蛋白高水分挤压组织化过程中操作参数对单位机械能耗的影响[J]. 中国粮油学报，2007，22(3)：38-42.

[14] 王洪武，马榴强，周建国，等. 大豆蛋白原料体系对挤压组织化的影响[J]. 中国食品学报，2002，2(1)：33-38.

[15] MARTELLI F G. Twin-screw extruders：a basic understanding [M]. New York：Van Nostr and Reinhold，1983：110-118.

[16] MEUSER F，LENGERICH B V，RERMERS H. Extrusion cooking of starches，comparison of experimental results derived from laboratory and full scale extruders by means of system analysis[J]. Starch/Staerke，1984，36(6)：194-199.

[17] JIN Z，HSIEH F，HUFF H E. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber，salt，and sugar[J]. Cereal Chem.，1994，71(3)：227-234.