

三穗血浆鸭加工过程中风味成分的变化

Change of the component of flavor in the processing of Sansui plasma duck

张 芹^{1,2} 王修俊^{1,2} 田 多²

ZHANG Qin^{1,2} WANG Xiu-Jun^{1,2} TIAN Duo²

(1. 贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州大学发酵工程与生物制药省级重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

(1. College of Liquor Making and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China;

2. Guizhou Province Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy,

Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

摘要:以贵州三穗鸭为原料,采用(手动)顶空固相微萃取—气质联用法对三穗血浆鸭各加工环节中挥发性风味成分进行检测分析。结果表明:固相微萃取技术有效地吸附了鸭肉中的挥发性成分;从生鸭肉、预煮后、腌制后、油炸后以及成品样品中分别检测出 59, 57, 56, 58, 78 种挥发性风味成分,主要是醛类、烃类、萜类化合物。醛类化合物在整个加工工艺中含量先上升后下降,在预煮中含量达到最大;烷烃和烯烃类化合物在生鸭肉中含量较高,在预煮、腌制、油炸等工艺中含量不高且种类差异大;萜类化合物在生鸭肉、预煮、腌制和油炸工艺中均未检测出,但在成品中含量很高,这主要来源于调味品;醇、酮、含硫、含氮及其它化合物含量和种类相对较少,但风味贡献较大。

关键词:顶空固相微萃取;气相色谱-质谱法(GC-MS);三穗鸭;加工过程;风味成分

Abstract: The volatile flavor compounds in the duck meat of Guizhou Sansui in different processing stages were identified and classified by gas chromatography mass spectrometry combined with headspace solid phase microextraction (HS-SPME-GC-MS). The results showed that SPME could be an effective tool of volatiles' absorption of them and 59, 57, 56, 58, and 78 compounds were identified from the meat of the raw, pre-cooking, pickling, and fried ducks, and the finished products respectively, most of which were aldehydes, hydrocarbons and terpenoids. The content change of aldehydes was increased and then decreased, and reaching the maximum in pre-cooking step. The contents of alkanes and olefins in the raw duck

meat were higher, whereas they were lower in the pre-boiled, marinated, deep-fried and other processes, and the kinds of alkanes and olefins had a significant difference. Terpenoids were not detected in the raw, pre-cooked, pickled and fried duck meat, but it was found highly in the finished products, mainly from the seasonings. The contents of alcohols, ketones, sulfur, nitrogen and other compounds and types were relatively few, but had a significant contribution to its flavor.

Keywords: Headspace solid phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); Sansui duck; processing; flavor component

三穗鸭是中国贵州三穗县优良畜禽品种,外形独特,具有“眼高颈细形似船,嘴方脚橙尾像扇,公鸭绿头身棕褐,母鸭麻羽体背宽”的特点^[1]。以其产蛋多、牧饲力强、肉质细嫩、味美鲜香、胆固醇低而闻名于省外,深受广大消费者的青睐,是具有鲜明特色的优势畜禽品种^[2]。

三穗血浆鸭是以三穗鸭为主要原料,以三穗鸭鸭血、花椒、辣椒、菜籽油、生姜、食盐等为辅料经清洗、分割、配料、腌制、炒制、包装、杀菌等工序加工制成的三穗特色鸭制品,是三穗鸭代表性产品^[3]。目前,鸭肉的加工方式多样,其中腌制、油炸较为常见,腌制有利于鸭肉的保藏,能显著改善鸭肉的色泽、保水性、风味以及质地^[4-5]。张爽等^[6]研究表明高压腌制过的鸭胸肉水分含量增大、肉保水性提高、腌制速度提高、水分活度减小、剪切力值均减小、肌纤维结构发生断裂。油炸使制品具有香、脆、松、酥、色泽金黄等特点^[7-8]。张海彬等^[9]发现 150 °C 油炸处理,蛋白质和脂肪降解形成芳香物质,蛋白质和糖类产生美拉德反应,使卤鸭产生典型的诱人油炸香味。

国内外很多学者通过 GC-MS 测得不同品种、不同加工方式鸭肉的挥发性物质^[10-11]。肉风味分析一般先将样品进

基金项目:贵州省科技成果转化引导基金计划(编号:黔科合成转字[2014]5093 号)

作者简介:张芹,女,贵州大学在读硕士研究生。

通信作者:王修俊(1965—),男,贵州大学教授。

E-mail:775298123@qq.com

收稿日期:2017-07-05

行萃取,再采用气-质联用(GC-MS, gas chromatography and mass spectrometry)及气相色谱-嗅闻(GC-O, gas chromatography and olfactometry)分析^[12-13]。Baruth等^[14]通过GC-MS和GC-O分离鉴定烤野鸭和烤家养鸭的挥发性香味物质,在每个烤肉样品中都检测到80多种挥发性香味物;苏伟等^[15]研究了水煮三穗鸭腿肉的挥发性风味成分,采用GC-MS共检测到67种化合物,多为醇类化合物。但是,国内外对三穗血浆鸭加工过程中的风味物质却没有报道。本试验在顶空固相微萃取工艺研究的基础上,采用GC-MS技术,进一步对三穗血浆鸭的腌制、油炸、调味过程中的风味物质进行研究,以期能为企业生产风味独特的鸭肉制品及加工提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

三穗白条鸭、鸭血:贵州三穗翼宇鸭业有限公司;
食盐、料酒、花椒粉、鸡精、生姜、大蒜、干辣椒:市售。

1.2 仪器

气相色谱-质谱联用仪:HP6890/5975C型,美国安捷伦公司;

手动固相萃取装置:57330-U型,美国Supelco公司;

萃取纤维头:2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS型,美国Supelco公司;

气相色谱柱:ZB-5MSI型,美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 三穗血浆鸭制作工艺

食盐、料酒
↓
原料选择→宰杀→清洗→整理→切分→腌制→预煮→
油炸→调味→冷却→包装→杀菌→成品
↑
调味料、鸭血

1.3.2 样品制备

(1) 生鸭肉:取同一批次5只白条鸭鸭胸肉,去骨去皮,切成30 mm×40 mm×10 mm大小的肉块,保存备用。

(2) 预煮后:取同一批次制备好的生鸭肉,在沸水(90~100℃)中预煮140 s后,保存备用。

(3) 腌制后:取同一批次预煮后的鸭肉腌制39 min,相对预煮后鸭肉食盐浓度3%、料酒浓度2.9%、料液体积比1:1.5,保存备用。

(4) 油炸后:取同一批次腌制后的鸭肉进行油炸,油炸时间180 s,油炸温度150℃,油料体积比1:1,保存备用。

(5) 成品:取同一批次油炸后的鸭肉进行调味,相对油炸后的鸭肉质量辣椒酱添加量12.5%,花椒粉添加量1.0%,鸡精添加量0.5%,鸭血添加量10.0%,保存备用。

1.3.3 顶空固相微萃取 分别称取粉碎样品1 g,置于10 mL固相微萃取仪采样瓶中,插入装有2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS StableFlex纤维头的手动进样器,在120℃条件下顶空萃取40 min后,移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口(温度250℃)中,热解析3 min进样。

1.3.4 色谱条件 色谱柱为ZB-5MSI 5% Phenyl-95% DiMethylpolysiloxane(30 m×0.25 mm×0.25 μm)弹性石英毛细管柱,初始柱温40℃(保留2 min),以5℃/min升温至260℃,运行时间46 min;汽化室温度250℃;载气为高纯He(99.999%);柱前压52 540 Pa,载气流量1.0 mL/min;不分流进样;溶剂延迟时间1 min。

1.3.5 质谱条件 离子源为EI源;离子源温度230℃;四极杆温度150℃;电子能量70 eV;发射电流34.6 μA ;倍增器电压1 576 V;接口温度280℃;质量范围29~500 amu。对总离子流图中的各峰经质谱计算机数据系统检索及核对Nist2005和Wiley275标准质谱图,用峰面积归一化法测定各化学成分的相对质量分数。

2 结果与分析

2.1 挥发性风味物质总离子色谱测定

采用气质联用对生鸭肉、预煮后的鸭肉、腌制后的鸭肉、油炸后的鸭肉以及成品三穗血浆鸭进行分析,总流离子色谱图见图1~5。

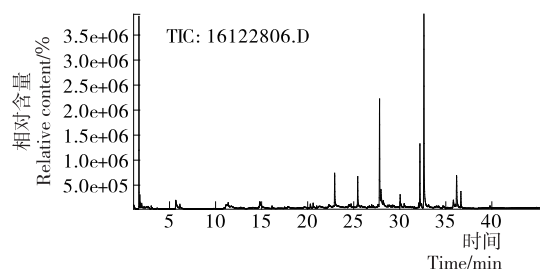


图1 生鸭肉GC-MS总离子流色谱图

Figure 1 GC-MS total ion current chromatogram of Raw duck

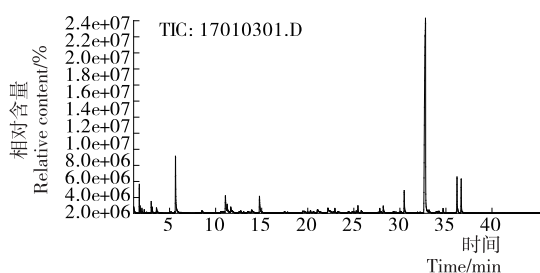


图2 预煮后鸭肉GC-MS总离子流色谱图

Figure 2 GC-MS total ion current chromatogram of Precooked duck

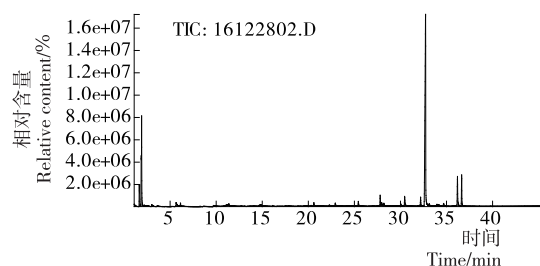


图3 腌制后鸭肉GC-MS总离子流色谱图

Figure 3 GC-MS total ion current chromatogram of Salted duck

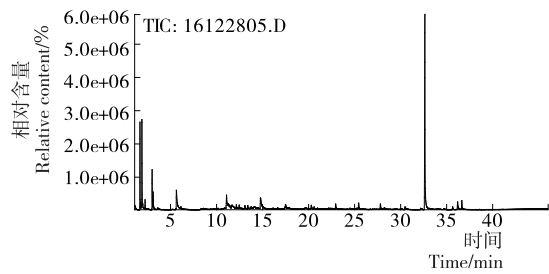


图 4 油炸后鸭肉 GC-MS 总离子流色谱图

Figure 4 GC-MS total ion current chromatogram of Fried duck

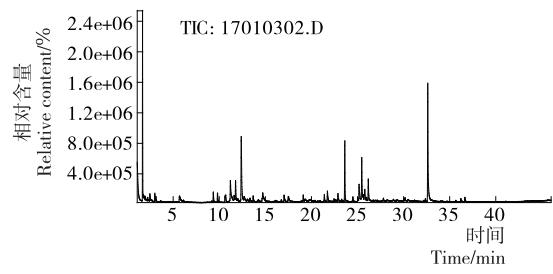


图 5 成品三穗血浆鸭 GC-MS 总离子流色谱图

Figure 5 GC-MS total ion current chromatogram of the finished Sansui duck

2.2 挥发性风味物质结果分析

采用气质联用对生鸭肉、预煮后的鸭肉、腌制后的鸭肉、油炸后的鸭肉以及成品三穗血浆鸭进行检测,其风味成及相对含量分析结果见表 1~3。

表 1 中列出了三穗血浆鸭在加工过程中的挥发性成分,其中醛类 29 种,烷(烯)烃类 44 种,萜类 35 种,酮类 6 种,醇类 13 种,呋喃类 2 种,酸类 3 种,酯类 4 种,酰类 1 种,含氮化合物 4 种,含硫化合物 3 种,不确定物质 1 种。由表 2、3 可

表 1 三穗鸭肉加工过程中风味成分及相对含量[†]

Table 1 Volatile flavor compounds and relative content during Sansui duck meat processing

编号	化合物名称	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品	编号	化合物名称	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品
1	乙醛	0.534	0.386	0.103	0.351	0.140	30	戊烷	0.247	0.183	ND	ND	0.053
2	2-甲基丙醛	0.079	0.204	0.067	0.803	0.313	31	庚烷	0.020	0.029	0.019	0.017	ND
3	3-甲基丁醛	0.361	0.905	0.370	5.289	0.964	32	辛烷	0.069	0.146	0.028	0.144	0.062
4	2-甲基丁醛	0.133	0.629	0.300	3.200	0.764	33	4-乙基辛烷	ND	ND	ND	0.028	ND
5	戊醛	0.210	0.750	0.142	0.623	ND	34	3-甲基壬烷	ND	ND	ND	0.184	ND
6	己醛	3.393	7.268	1.651	8.268	2.783	35	十碳烯,癸烷	ND	ND	ND	0.128	ND
7	庚醛	0.189	0.638	0.042	0.817	ND	36	壬烷	ND	0.040	ND	ND	ND
8	香茅醛	ND	ND	ND	ND	0.143	37	2, 2, 4, 4,-四 甲 基 辛烷	ND	0.030	ND	0.088	ND
9	安息香醛	0.412	0.472	0.215	0.125	ND	38	2, 2, 4, 6, 6-五 甲 基 庚烷	ND	ND	ND	2.060	ND
10	p-戊基苯甲醛	ND	0.143	0.130	ND	ND	39	3-甲基-5-丙基-壬烷	ND	ND	ND	0.591	ND
11	辛醛	0.569	0.972	0.248	0.995	ND	40	3-甲基十一(碳)烷	ND	ND	ND	0.232	ND
12	(E)-2-辛烯醛	0.289	0.306	ND	ND	ND	41	十二烷	0.326	0.257	0.050	0.996	ND
13	苯乙醛,风信子质	ND	ND	0.036	0.061	ND	42	2-甲基-十三烷	0.087	ND	ND	ND	ND
14	壬醛	3.956	2.986	1.362	4.744	ND	43	3-甲基-十三烷	0.034	ND	ND	0.167	ND
15	癸醛	0.539	0.237	0.104	0.251	ND	44	(正)十三(碳)烷	0.691	0.247	0.134	0.864	0.105
16	(E)-2-癸醛	0.529	0.405	0.182	0.076	ND	45	(正)十四(碳)烷	5.025	0.435	0.500	0.886	0.351
17	β-柠檬醛	ND	ND	ND	ND	0.225	46	2-甲基-十四烷	0.218	0.201	0.080	0.220	ND
18	α-柠檬醛	ND	ND	ND	ND	0.642	47	十五烷	4.522	0.739	0.812	1.149	ND
19	(E,E)-2,4-癸二烯醛	1.250	1.377	0.248	ND	ND	48	十三烷	0.363	0.313	0.168	0.173	ND
20	(E)-2-十一碳烯醛	0.105	0.959	0.401	ND	ND	49	2-甲基-十五烷	0.349	ND	ND	ND	ND
21	十二(烷)醛	ND	ND	0.108	ND	ND	50	3-甲基-十五烷	0.195	0.026	0.022	0.033	ND
22	十五烷醛	0.787	2.876	2.051	1.033	0.078	51	4-甲基-十五烷	ND	ND	0.035	0.051	ND
23	十六醛	29.421	53.709	55.527	38.151	19.091	52	十六烷,鲸蜡烷	ND	ND	ND	ND	0.376
24	十七醛	0.369	0.681	0.555	0.206	ND	53	2-甲基-十六烷	0.166	ND	ND	ND	ND
25	(Z)-9-十八烯醛	3.447	4.335	5.314	2.146	0.752	54	3-甲基-十六烷	0.123	ND	ND	ND	ND
26	十八(烷)醛	2.389	3.614	4.749	2.084	0.816	55	(正)十七(碳)烷	1.743	0.163	0.298	0.163	0.275
27	(Z)-9, 17-十八二 烯醛	ND	0.086	0.120	ND	ND	56	姥鲛烷,朴日斯烷	0.499	ND	ND	ND	ND
28	(E)-2-壬烯醛	ND	0.165	ND	ND	ND	57	2-甲基-十七烷	0.089	ND	ND	ND	ND
29	2-丁基-2-辛烯醛	ND	0.015	ND	ND	ND							

续表 1

编号	化合物名称	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品	编号	化合物名称	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品
58	3-甲基-十七烷	0.130	ND	0.035	ND	ND	99	α -蛇麻烯	ND	ND	ND	ND	0.689
59	姥鲛烷,朴日斯烷	ND	ND	ND	ND	0.528	100	γ -姜黄烯	ND	ND	ND	ND	0.324
60	十八烷,十八碳烷	ND	ND	ND	ND	0.156	101	α -姜黄烯	ND	ND	ND	ND	2.164
61	二十烷	2.019	ND	ND	ND	ND	102	γ -古芸烯	ND	ND	ND	ND	0.898
62	植烷	ND	ND	ND	ND	0.368	103	姜烯	ND	ND	ND	ND	6.090
63	二十二烷	0.210	ND	0.027	ND	ND	104	大根香叶烯 D	ND	ND	ND	ND	0.570
64	(Z)-3-甲 基-2-十 一 碳烯	ND	ND	ND	0.103	ND	105	金合欢烯,法呢烯	ND	ND	ND	ND	0.229
65	1-甲基吡咯	ND	ND	ND	ND	0.072	106	β -没药烯	ND	ND	ND	ND	1.446
66	甲基异丙基苯	ND	ND	ND	ND	0.150	107	γ -草澄茄烯	ND	ND	ND	ND	0.363
67	1-十五烯	ND	0.202	0.054	0.169	ND	108	β -倍半菲 兰 烯, 倍 半 水芹烯	ND	ND	ND	ND	3.299
68	1-十六烯	0.262	0.069	0.055	ND	0.085	109	大根香叶烯 B	ND	ND	ND	ND	0.094
69	(Z)-7-十六碳烯	ND	ND	ND	0.029	ND	110	1-十六烯	ND	ND	ND	ND	ND
70	十六烯	13.334	0.498	1.657	1.157	ND	111	1,8-桉叶素	ND	ND	ND	ND	10.275
71	8-十七碳烯	ND	0.097	0.040	0.125	ND	112	2-乙烷基-3,5-二甲基 吡嗪	ND	ND	ND	0.498	0.078
72	十八(碳)烯	8.438	0.122	1.481	0.269	ND	113	2-丁酮	0.049	0.09	ND	0.153	ND
73	1-十八(碳)烯	0.547	ND	0.128	0.017	ND	114	5-甲基-2-己酮	ND	0.05	ND	0.258	ND
74	(E)-5-二十烯	0.253	ND	ND	ND	ND	115	十三烷-2-酮	1.238	1.007	0.77	0.502	ND
75	柠檬烯	ND	ND	ND	ND	1.552	116	2-十五烷酮	ND	0.201	0.14	0.082	ND
76	三环烯,三环萜	ND	ND	ND	ND	0.022	117	2-癸酮	ND	ND	ND	0.285	ND
77	α -侧柏烯	ND	ND	ND	ND	0.186	118	薄荷酮	ND	ND	ND	ND	0.843
78	月 α -萜品烯	ND	ND	ND	ND	1.461	119	乙醇	0.054	ND	14.563	9.484	ND
79	茨烯	ND	ND	ND	ND	1.418	120	甲硫醇	0.185	0.191	0.087	0.25	ND
80	香桉烯	ND	ND	ND	ND	0.768	121	戊醇	0.056	0.318	0.05	ND	ND
81	β -蒎烯	ND	ND	ND	ND	1.174	122	1-己醇	ND	0.041	ND	ND	ND
82	β -月桂烯	ND	ND	ND	ND	4.464	123	1-辛烯-3-醇	0.912	2.736	0.436	0.235	ND
83	α -水芹烯	ND	ND	ND	ND	0.890	124	1-辛醇,正辛醇	0.508	0.888	0.139	0.19	ND
84	(+)-3-薹烯	ND	ND	ND	ND	2.839	125	1-十六醇	0.239	0.173	0.364	ND	ND
85	α -萜品烯	ND	ND	ND	ND	0.301	126	1-庚醇	ND	0.289	ND	ND	ND
86	3,7-二甲基-1,3,6-辛 三烯	ND	ND	ND	ND	1.323	127	戊醇	ND	ND	ND	0.182	ND
87	7-二 甲 基-1, 3, 6-辛 三烯	ND	ND	ND	ND	0.477	128	2-戊基呋喃	0.262	1.236	0.341	0.364	ND
88	γ -松油烯	ND	ND	ND	ND	0.554	129	2-辛基呋喃	ND	0.045	ND	ND	ND
89	反式桉烯水合物	ND	ND	ND	ND	0.963	130	甲氧基苯基肼	0.430	0.080	0.598	0.117	ND
90	α -异松油烯	ND	ND	ND	ND	0.483	131	十二烷酸	ND	ND	0.048	ND	ND
91	顺式桉烯水合物	ND	ND	ND	ND	0.274	132	棕间酸	1.843	ND	0.080	ND	ND
92	δ -榄香烯	ND	ND	ND	ND	0.757	133	外-2-羧基桉叶素醋酸	ND	ND	ND	ND	0.143
93	α -乙酸萜品烯	ND	ND	ND	ND	2.023	134	5,9,13-三甲基色氨酸- 4,8,12-十四(烷)酰	0.394	0.338	0.356	ND	ND
94	α -可巴烯	ND	ND	ND	ND	0.349	135	棕榈酸甲酯	0.245	ND	0.129	ND	ND
95	β -榄香烯	ND	ND	ND	ND	0.894	136	硫化薄荷	ND	ND	ND	ND	0.156
96	顺式石竹烯	ND	ND	ND	ND	0.338	137	未知物	ND	ND	ND	0.519	ND
97	α -柏木烯	ND	ND	ND	ND	0.107	138	未知物	ND	ND	ND	ND	0.081
98	反式丁香烯	ND	ND	ND	ND	7.682							

† ND表示未检测到该物质。

表 2 鸭肉加工过程中风味物质含量的变化
Table 2 Duck meat flavor substances content in the machining process

类别	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品
醛类	48.960	84.120	74.020	69.220	26.711
烷烃类	17.130	2.810	2.210	8.170	12.699
烯烃类	22.830	0.990	3.420	1.870	1.885
萜类	ND	ND	ND	ND	45.665
酮类	1.290	1.350	0.910	1.280	0.843
醇类	1.770	4.450	15.550	10.090	5.671
呋喃类	0.260	1.280	0.340	0.360	ND
酸类	1.840	ND	0.130	ND	0.143
含氮化合物	0.430	0.080	0.600	0.620	0.150
含硫化合物	0.185	0.191	0.087	0.250	1.518
酯类	0.250	ND	0.130	ND	1.471
酰类	0.394	0.338	0.356	ND	ND
未知物	ND	ND	ND	0.519	0.181
总计	95.340	95.600	97.750	92.390	96.940

表 3 鸭肉加工过程中风味物质数量的变化
Table 3 Changes of flavor substances in duck meat

类别	生鸭肉	预煮	腌制	油炸	成品
醛类	20	24	23	18	12
烷烃类	21	13	13	19	11
烯烃类	5	5	6	7	1
萜类	0	0	0	0	35
酮类	2	4	2	5	1
醇类	5	6	5	4	8
呋喃类	1	2	1	1	0
酸类	1	0	2	0	1
含氮化合物	1	1	1	2	2
含硫化合物	1	1	1	1	3
酯类	1	0	1	0	3
酰类	1	1	1	0	0
未知物	0	0	0	1	1
总计	59	57	56	58	78

知,不同加工环节挥发性风味成分的种类和含量差异极大,生鸭肉、预煮后、腌制后、油炸后及成品三穗血浆鸭中分别检测出 59,57,56,58,78 种,主要是醛类、烃类、萜类化合物,其次是醇类、酮类、呋喃类以及含氮含硫化合物。

香气活性值等于化合物的浓度与其气味阈值的比,代表了某一化合物在食品中的风味强度,即浓度高而阈值低的物质对食品的风味影响越大。

肉的特征性风味大多来自于脂肪,脂肪降解主要产物是醛类,生鸭肉中醛类化合物总百分含量高达 48.96%,主要以十六醛、己醛、壬醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛等 20 种,相对分子质量低的饱和醛类通常产生一些令人不愉快、辛辣的刺激性

风味^[15-16],可能与鸭肉的腥味有关^[15]。己醛在生鸭肉中含量为 3.393%,其阈值较低,为 0.004 mg/kg,具有清香青草气味,来自 ω -6 不饱和脂肪酸^[17];相对分子质量中等的醛类通常具有清香、油香、脂香和牛脂香风味^[18]。其次是一些烷(烯)烃类、酸类、醇类、酮类化合物,烷烃类化合物种类最多,但总百分含量相对醛类较少,仅有 17.130%,烯烃类种类少,含量较烷烃高 5.700%,烃类物质主要来源于脂肪酸烷氧自由基的均裂^[18],其阈值较高,对风味贡献不大。生鸭肉中唯一的酸是棕间酸含量为 1.843%,主要来源于脂肪水解及脂肪氧化过程中产生的小分子脂肪酸^[19]。醇类中的 1-辛烯-3 醇来源于脂质的酶解反应,一般呈现蘑菇味,其阈值较低,可能对风味有重要作用。

预煮后鸭肉中醛类化合物增加了 4 种,相对百分含量增加了 35.16%,其中十六醛增量最多,从 29.420% 增加到 53.709%,十六醛具有强烈的果香、草莓样香气^[20],醛类化合物中己醛、(Z)-9-十八烯醛、十八(烷)醛、壬醛含量分别为 7.268%,4.335%,3.614%,2.986%;醇类物质含量为 4.450%,其中 1-辛烯-3-醇增加最多,含量从 0.912% 增加到 2.736%,1-辛烯-3-醇来源于脂质的酶解反应,呈现蘑菇味^[15];烷烃类化合物种类(为 13 种)比醇类多 7 种,但含量比醇类少 2.81%。酮类物质在整个加工过程中此阶段含量达最高(1.350%),一般认为酮类物质具有清香气味或奶油味、果香味,其中不饱和和酮是动物特征味和植物油脂味的来源,是产品风味的重要组成部分^[15,21]。亚油酸氧化会产生 2-烷基呋喃类化合物,阈值较高对鸭肉风味影响小,但 2-戊基呋喃是特例,其阈值较低,具有清香、果香,预煮后 2-戊基呋喃增加了 3.7 倍,2-戊基呋喃是美拉德反应产物,对鸭肉风味有较大影响^[22]。

腌制后醛类含量比预煮时低,含量为 74.020%,其中十六醛和 (Z)-9-十八烯醛、十八(烷)醛含量分别增加到 55.527%,5.314%,4.349%,对风味的贡献增大。己醛、辛醛、壬醛 3 种物质刺激性气味强,腌制后鸭肉脱腥可能与低碳醛类的降低有关;醇类增加,含量相对预煮增加 3.5 倍(为 15.55%),其中主要是乙醇,含量为 14.563%,可能来自于腌制时使用的料酒,对鸭肉风味形成有一定的促进作用;烯烃类化合物比预煮时含量高了 3.42%,种类也增加了 1 种;含氮化合物含量上升,主要是甲氧基苯基胺,含氮含硫化合物在肉中含量虽低,但其阈值非常低并且具有重要的感官特性,对鸭肉风味影响较大。腌制鸭肉含硫或含氮的杂环化合物的阈值较低,主要来源于氨基酸和还原糖之间的美拉德反应、氨基酸的热解和硫胺素的降解,对肉类风味贡献较大,具有硫样香气、洋葱样香气,多具肉香气^[23]。

油炸后总的醛类、醇类物质种类和含量都降低,醛类含量降为 69.220%,醇类降低到 10.090%,烷烃类、酮类、呋喃类以及含氮含硫化合物含量上升。3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、己醛、壬醛含量分别增加到 5.289%,3.200%,8.286%,4.744%,其它醛类含量都呈下降趋势。烷烃类化合物中的某些化合物在油炸之前的加工过程中没有,油炸后被检测出,如 4-乙基辛烷、3-甲基壬烷、十炭萜质,癸烷、2,2,4,6,6-五甲基庚烷、3-甲基-5-丙基-壬烷、3-甲基十一(碳)烷,但烃

类物质与醇类物质感觉阈值非常高,一般认为对风味的贡献不大^[15]。还原糖与氨基酸发生美拉德反应会产生一些含硫含氮化合物,这类物质通常阈值较低,是肉类最重要的风味呈味物,油炸后鸭肉中甲硫醇、甲氧基苯基胍含量上升,发现了前几步加工工艺中没有的含氮化合物 2-乙基-3,5-二甲基吡嗪,烷基吡嗪的形成途径可能是二分子 α -胺基酮缩合 α -胺基酮是由氨基酸降解产生的^[18];2-乙基-3,5-二甲基吡嗪有炒坚果香气^[15]。油炸出现了一种未知物,可能是鸭肉在高温高热下产生的风味物质。

相对于油炸后的鸭肉,加入调味料调味后的成品三穗血浆鸭中醛类、烯炔类、酮类、醇类含量降低,尤其是醛类,降低了 42.51%,化合物种类也有极大差异,醛类减少了 6 种,烷(烯)炔类减少 14 种,醇类增加,新增芳樟醇、乌药醇、萜品烯-4-醇、 α -松油醇、橙花叔醇 5 种,新增 35 种萜类化合物,相对含量为 45.665%,萜类大多是广泛、天然存在于植物体内的碳氢化合物,这类物质在三穗鸭肉中未检测出,主要来自于添加的辣椒酱、花椒等调味料,相对含量较高的有 1,8-桉叶素、柠檬烯、月 α -萜品烯、苾烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、香桉烯、 α -水芹烯、(+)-3-萜烯、反式桉烯水合物、 α -乙酸萜品烯、 β -榄香烯、反式丁香烯、 α -姜黄烯、 γ -古芸烯、姜烯、 β -没药烯、 β -倍半菲兰烯等,萜烯类多用作食用香精,1,8-桉叶素有樟脑气息和清凉的草药味道,柠檬烯有类似柠檬的香味、月 α -萜品烯具有柑橘和柠檬似香气、 β -蒎烯具有特有的松节油香气等^[12],有助于改善三穗血浆鸭口味,增强香气,全面提升三穗血浆鸭香气香味综合品质。

不同的加工环节通常会破坏一些鸭肉原有的挥发性风味物质,同时也可能会生成一些新的挥发性风味物质,从风味物质种类、数量以及含量上的变化可以看出,每个加工环节会产生什么样的物质并不能确定,反应是随机的,影响因素很多,但都偏向于生成较稳定的化合物。

3 结论

本研究在血浆鸭研制工艺基础上,采用 GC-MS 技术,对贵州三穗血浆鸭在不同加工环节中挥发性物质进行了检测,检测出生鸭肉中 59 种,预煮后 57 种,腌制后 56 种,油炸后 58 种,成品中 78 种,总计检测出醛类 29 种,烷(烯)炔类 44 种,萜类 35 种,酮类 6 种,醇类 13 种,呋喃类 2 种,酸类 3 种,酯类 4 种,酰类 1 种,含氮化合物 4 种,含硫化合物 3 种,不确定物质 1 种。三穗血浆鸭在不同加工环节中挥发性风味物质在不断变化。生鸭肉中检测出化合物 59 种,预煮后检测出化合物 57 种,腌制后 56 种,油炸后 58 种,数量变化不大,但种类和含量变化较大,调味后成品中有 78 种,变化较大,醛类、炔类、萜类是主要的化合物,其次是一些醇类、酮类、呋喃类以及含氮含硫化合物。

血浆鸭的最终风味不是靠单一风味物质形成的,这是一个复杂的体系,刺激性强的、刺激性弱的以及具有不同香气的各种风味物质通过某一特定比例协同作用,从而形成了三穗血浆鸭独特的风味。关于三穗血浆鸭加工过程中挥发性风味变化对其总体风味的影响,还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 肖智,孟立霞. 贵州“三穗鸭”产业化路径及产业发展对策研究(1)[J]. 中国林副特产, 2014 (3): 90-94.
- [2] 顾永江,陶宇航,何明才,等. 三穗鸭品种特性概述及产业发展现状与对策[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2013 (6): 44-45.
- [3] 吴文通,吴小玉. 以三穗鸭制作血浆鸭的方法: 中国, 102823881A[P]. 2012-12-19.
- [4] JIN Guo-feng, HE Li-chao, WANG Qing-ling, et al. Pulsed pressure assisted brining of porcine mea[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 22(4): 76-80.
- [5] 罗青雯,刘成国,周辉,等. 真空腌制与传统腌制加工过程中腊肉的品质变化[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 56-62.
- [6] 张爽. 高压对鸭胸肉腌渍速度与品质影响研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009: 19-22.
- [7] 苏春山,王银龙,闵连吉,等. 肉制品加工技术经验交流(之九): 油炸制品[J]. 食品科学, 1982, 3(7): 36-42.
- [8] 齐颖. 油炸肉制品加工过程中多环芳烃的形成及控制研究[D]. 天津科技大学, 2015: 16-18.
- [9] 张海彬. 风味卤鸭的加工工艺研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 14-17.
- [10] LIU Yuan, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong. Comparative study of volatile compounds in traditional Chinese Nanjing marinated duck by different extraction techniques[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 42(5): 543-550.
- [11] 张晶晶,王锡昌,刘源,等. 共轭亚油酸对樱桃谷鸭肉挥发性风味成分的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(5): 1 064-1 069.
- [12] 梁晶晶,曹长春,王蒙,等. 采用 SDE 结合 SAFE 分析炖煮鸡胸肉产生的风味物质[J]. 食品工业科技, 2016, 37(4): 57-66.
- [13] 叶永丽,赫欣睿,陈士恩,等. 气相色谱及其联用技术在肉品检测中的应用进展[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 242-245.
- [14] BARUTH S, TERNES W. Volatile compounds of three types of roasted waterfowl (duck, mallard and goose) and of roasted duck marinated in orange juice[J]. Archiv Fur Geflugelkunde, 2011, 75(3): 204-214.
- [15] 苏伟,武昌会,母应春,等. 三穗鸭挥发性风味成分研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 107-110.
- [16] 王锡昌,陈俊卿. 顶空固相微萃取与气质联用法分析鲢肉中风味成分[J]. 上海海洋大学学报, 2005, 14(2): 1 761-1 780.
- [17] 袁华根,高峰,徐骏,等. 鸡肉挥发性风味化合物分析[J]. 江西农业学报, 2006, 18(5): 139-141.
- [18] 刘源,周光宏,徐幸莲,等. 顶空固相微萃取气质联用检测鸭肉挥发性风味成分[J]. 江苏农业学报, 2005, 21(2): 131-136.
- [19] 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.
- [20] 张晶晶,王锡昌,刘源,等. 共轭亚油酸对樱桃谷鸭肉挥发性风味成分的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(5): 1 064-1 069.
- [21] 谢伟,刘登勇,徐幸莲,等. 不同卤水复卤对盐水鸭风味的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(3): 664-666.
- [22] 孙圳,韩东,张春晖,等. 定量卤制鸡肉挥发性风味物质剖面分析[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 3 030-3 045.
- [23] 周恒量,胡玉娇,李诚,等. 风味泡鸭肉挥发性风味物质 GC-MS 检测中的 HS-SPME 萃取工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 82-87.