

基于主成分分析法的煮制时间对卤制鸡肉风味的影响分析*

武苏苏¹, 赵改名¹, 柳艳霞¹, 田玮², 孙灵霞¹

1(河南省肉制品加工与质量安全控制重点实验室, 河南农业大学, 河南 郑州, 450002)

2(河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州, 450002)

摘 要 为分析鸡腿肉挥发性风味物质随煮制时间变化的过程, 以鸡腿肉为原料, 参考道口烧鸡配方, 将电炉调至 5 档加盖煮制, 在 $(95 \pm 2)^\circ\text{C}$ 分别保温 10、20、30、40、50、60、90、120 min; 采用电子鼻(EN)、顶空固相微萃取(HS-SPME) 和气质联用(GC-MS) 方法对每组鸡肉样品做 3 个重复检测; 用主成分分析法(PCA) 分析风味相关数据。结果表明: 各组按煮制时间长短分别检出 56、54、54、62、60、63、61、58 种挥发性风味物质; 特征风味物质分别为 10 min(苯、 α -松油醇), 20 min(己烷、3-羟基-2-丁酮), 30 min(丁酸丁酯), 40 min(2-癸烯醛), 50 min(戊烷), 60 min(苯乙烯、甲苯、2-己烯醛、2-丙烯酸丁酯、戊醛), 120 min(柠檬烯); 10、20、30 min 组电子鼻数据点相距较远, 40、50、60 min 组的电子鼻数据点相距很近, 90、120 min 组电子鼻数据点有很大部分重叠。结果提示鸡肉挥发性风味物质种类及含量随煮制时间不同各异, 且在煮制初期, 变化较快, 以后逐渐变慢, 煮制 90 min 以上趋于稳定。

关键词 鸡肉, 煮制时间, 主成分分析法, 气质联用, 电子鼻, 风味

酱卤肉制品是我国传统美味, 营养丰富, 深受消费者喜爱。酱卤肉制品的核心工艺是卤煮, 要实现其生产的工业化关键在于实现卤煮火候(温度、时间及火力) 控制的标准化。目前关于火候的研究主要集中在其对鸡胸肉中还原糖、核苷酸、游离氨基酸及脂肪这些风味前体的影响^[1], 以及其对禽肉食用品质^[2-3]、剪切力、蛋白质溶解性和微观结构^[4-6]的影响。本文以鸡腿肉为原料, 参考道口烧鸡的香辛料配方, 模拟工业生产过程, 通过设置不同的煮制时间来研究其对鸡腿肉挥发性风味物质形成的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡腿(每只 250 g 左右) 购自河南某肉品公司, 品种为罗斯 308; 8 种香辛料(肉桂、良姜、白芷、草果、陈皮、砂仁、豆蔻、丁香) 购自郑州某大型超市。

1.2 仪器与设备

PEN3(portable electronic nose 3) 便携式电子鼻(德国 Airsense 公司); Trance MS 气相色谱-质谱联用仪(美国 Finnigan 公司); TurboMatrixTD 热脱附进样器(美国 Perkin Elmer 公司); SPME 萃取头(涂层为 Car/PDMS (carboxen/polydimethylsiloxane), 厚 75

μm , 非极性, 美国 Supelco 公司); 电子可调电炉(上海树立仪器仪表有限公司, 单联功率 2 kW)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

香辛料配方: 100 kg 鸡肉, 180 g 肉桂、良姜、白芷, 60 g 草果、陈皮, 30 g 砂仁、豆蔻, 6 g 丁香, 10 ~ 15 g 硝酸钾, 2 ~ 3 kg 食盐。

鸡肉样品: 将鸡腿洗净, 分成 8 组, 每组质量为 (1.80 ± 0.20) kg, 称重后放入锅内, 按比例加入香辛料和清水(水肉质量比 2:1) 后加热, 整个过程不重新加水, 开始将电炉(共有 6 个档位, 最大功率为 2 kW) 调至 5 档煮至 95°C (用 3 个温度计分别置于汤的表层, 中层与下层), 后开始调节电炉档位, 使水温在 $(95 \pm 2)^\circ\text{C}$ 分别保持 10、20、30、40、50、60、90、120 min。随机撕取鸡腿固定部位作为分析样品, 并在分析测试前于 -40°C 冰柜中保存。

电子鼻样品: 在室温下迅速将样品切成边长约 2 mm 的肉粒, 称取 10 g 于 100 mL 锥形瓶中, 用 3 层保鲜膜密封, 60°C 水浴锅中水浴 5 min, 用于电子鼻检测。

GC-MS 样品: 在室温下迅速将样品切成边长 2 mm 左右的肉粒, 称取 5 g 于 15 mL 的顶空萃取瓶中。将老化后的 SPME 萃取头插入萃取瓶顶空, 60°C 萃取静态顶空中的挥发性化合物 30 min。然后将萃取头迅速插入气相色谱-质谱联用仪(GC-MS) 的进样口, 于 250°C 解析 2 min, 用于 GC-MS 分析检测。试验设置 3 个重复。

1.3.2 实验条件

电子鼻条件: 采样间隔 1 s, 清洗时间 120 s, 归零

第一作者: 硕士研究生(赵改名教授为通讯作者, E-mail: gmzhao@126.com)。

* 国家自然科学基金“传统酱卤禽肉制品卤煮过程中的火候机制研究”(31271895)

收稿日期: 2014-05-12, 改回日期: 2014-06-25

时间 5 s, 样品测试时间 60 s。色谱条件: 色谱柱为 DB-WAX(Agilent Technologies) 毛细管 GC 柱(30 m × 0. 25 mm, 0. 25 μm); 升温程序: 起始温度 40 ℃, 保持 3 min, 5 ℃/min 升温至 80 ℃, 10 ℃/min 升温至 230 ℃, 于 230 ℃ 保持 8 min; 载气(He) 不分流。质谱条件: 电子轰击(EI) 离子源; 电子能量 70 eV; GC 与 MS 接口温度 250 ℃; 离子源温度 200 ℃; 质量扫描范围 33 ~ 500 amu; 电子检测器检测电压 350 V。

1. 3. 3 数据处理

电子鼻数据: 取第 55 s 的电子鼻测定数据用 SPSS16. 0 进行主成分分析(principle component analysis, PCA)。GC-MS 数据: 将 GC-MS 分析图谱与 WILEY、REPLIB、MAINLIB、NISTDEMO 4 个图谱库资料进行匹配检索定性, 至少在 2 个图谱库中匹配度(SI) 和反匹配度(RSI) 均大于 800(最大值 1 000) 的物质为鉴定结果; 按峰面积归一化法计算各挥发性风味物质占总的挥发性风味物质的相对含量。用 SPSS16. 0 对不同煮制时间条件下风味物质的峰面积做主成分分析。

2 结果与分析

2. 1 GC-MS 检测及挥发性风味成分

表 1 是不同煮制时间条件下的鸡肉样品的 GC-MS 总离子流图谱经检索后用峰面积归一化法计算出的相对含量。在煮制不同时间的所有鸡肉样品共检

测到 72 种化合物, 其中包括 15 种烃, 9 种酮, 16 种醛, 11 种醇, 8 种酯, 2 种酚和 3 种酸及含氮含硫含氯的 8 种其他物质。烃类物质在不同煮制时间条件下的变化范围为 9. 2% (90 min) 到 18. 47% (60 min), 主要是饱和烷烃、芳香烃和萜烯类物质; 酮类物质在不同煮制时间条件下的变化范围为 3. 85% (10 min) 到 5. 87% (120 min), 含量相对较高且在每组中均检出的是 2-甲基-3-辛酮, 且其相对含量随煮制时间的延长呈上升趋势; 醛类物质的相对含量除 20 min (57. 58%) 较低外, 其他组均在 60% 以上, 其中饱和脂肪族的戊醛、己醛、庚醛、辛醛及壬醛的含量相对较高; 醇类物质的相对含量除 60 min (4. 61%) 较低外, 其余均在 7% 以上, 相对含量最高为 9. 91% (40 min), 其中 1-戊醇、1-辛烯-3-醇及 1, 8-桉叶油醇的含量相对较高; 酯类物质的相对含量变化范围是 1. 63% (120 min) 到 6. 78% (20 min), 主要是丁醇基酯和乙醇基酯; 酚类及酸类物质相对含量较低, 最高分别为 0. 14% 和 1. 48%, 其中己酸含量占全部酸类物质的绝大部分; 含氮含硫及含氯的物质百分含量变化范围是 2. 00% (50 min) 到 4. 57% (60 min), 其中 2-戊基呋喃, 三氯甲烷及正丁醚的含量较高。由于检出的物质较多, 很难直接看出风味物质变化的规律及各煮制时间条件下的特征代表性物质, 于是对不同煮制时间条件下各物质的峰面积做主成分分析。

表 1 加热不同时间后鸡腿肉主要挥发性风味成分及含量 %

Table 1 The main components and content of volatile flavor compounds of chicken thighs cooked for different amounts of time %

编号	风味化合物名称	煮制时间/min							
		10	20	30	40	50	60	90	120
	烃类	12. 4	18. 3	9. 71	10. 76	9. 9	18. 47	9. 2	9. 64
51	戊烷	5. 05	1. 29	2. 6	1. 9	0. 99	2. 02	0. 55	1. 03
47	己烷	—	2. 6	—	1. 04	1. 77	2. 94	1. 53	0. 97
21	庚烷	0. 89	0. 72	0. 85	1. 49	1. 03	1. 26	0. 84	1. 34
50	环己烷	4. 3	11. 3	2. 91	2. 32	2. 72	7. 29	2. 93	1. 7
3	辛烷	—	—	0. 8	0. 91	0. 62	0. 56	1. 08	1. 75
25	2, 2, 4, 6, 6-五甲基庚烷	0. 1	0. 08	—	0. 16	0. 13	0. 15	0. 07	0. 23
23	十七烷	0. 2	0. 24	0. 18	0. 1	0. 15	0. 24	0. 15	0. 32
39	苯	0. 23	0. 19	0. 19	0. 24	0. 19	0. 31	0. 16	0. 19
38	甲苯	1. 11	1. 45	1. 54	1. 58	1. 44	2. 68	1. 2	1. 28
31	乙苯	0. 24	0. 22	0. 38	0. 59	0. 46	0. 5	0. 28	0. 32
59	1, 4-二甲基苯	0. 17	0. 2	0. 26	0. 36	0. 38	0. 31	0. 4	0. 21
36	苯乙烯	—	—	—	—	—	0. 1	—	—
69	桉烯	0. 01	0. 01	0. 01	—	0. 02	0. 02	0. 02	0. 01
58	对伞花烃	0. 1	—	—	0. 07	—	0. 1	—	0. 16
14	柠檬烯	—	—	—	—	—	—	—	0. 13
	酮类	3. 85	4. 18	4. 99	4. 81	5. 01	4. 25	4. 53	5. 87

续表 1

编号	风味化合物名称	煮制时间/min							
		10	20	30	40	50	60	90	120
62	2-丁酮	0.79	0.45	0.35	0.72	0.48	0.77	0.38	0.38
24	2,3-戊二酮	0.37	0.25	0.26	0.31	0.28	0.35	0.18	0.2
8	6-甲基-2-庚酮	0.12	0.1	0.16	0.05	0.13	0.11	0.2	0.28
56	1-羟基-2-丙酮	0.03	—	0.07	—	0.08	—	—	—
6	2-甲基-3-辛酮	2.33	2.72	3.7	3.39	3.54	2.78	3.6	4.73
72	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.05	—	—	0.1	0.26	—	—	0.14
30	2,3-辛二酮	0.09	0.09	0.08	0.17	0.1	0.1	0.1	0.13
61	1-乙酰氧基-2-丙酮	0.08	0.15	0.13	—	0.14	0.14	0.08	—
65	3-羟基-2-丁酮	—	0.42	0.25	0.06	—	—	—	—
	醛类	67.77	57.58	69.97	66.64	69.42	63.12	67.36	69.21
54	丁醛	1.31	0.72	0.51	1.04	0.42	0.88	0.46	0.65
71	2-甲基丁醛	0.2	0.41	0.2	0.44	0.13	0.43	0.1	0.16
55	戊醛	11.56	9.96	10.91	9.55	13.05	10.17	9.5	7.41
18	己醛	40.4	35.52	41.16	42.59	44.08	38.64	37.93	39.13
43	庚醛	6.49	4.3	6.23	3.79	5.99	2.54	6.7	5.02
17	辛醛	3.48	2.56	4.14	1.65	—	5.09	5.03	6.29
1	壬醛	3.4	3.51	5.45	5.42	4.58	3.81	6.27	8.69
9	2-辛烯醛,E-	0.21	0.15	0.29	0.26	0.32	0.17	0.31	0.42
12	癸醛	0.13	—	0.26	0.35	0.2	0.13	0.27	0.4
16	2-壬烯醛	0.06	0.04	—	—	—	0.06	0.06	0.16
33	2,4-己二烯醛	—	—	—	0.11	0.05	0.06	0.04	0.09
42	2-己烯醛,E-	—	—	0.23	0.06	—	0.25	—	—
35	2-庚烯醛,E-	—	—	—	0.38	—	0.38	—	—
26	2-癸烯醛,E-	—	—	—	0.1	—	—	—	—
15	苯甲醛	0.54	0.41	0.6	0.88	0.59	0.52	0.69	0.77
20	十四醛(肉豆蔻醛)	—	—	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	醇类	9.78	7.8	7.41	9.91	9.39	4.61	8.75	9.65
49	1-丁醇	0.8	1.69	0.57	0.53	0.37	0.52	0.72	—
37	1-戊醇	3.3	2.54	2.63	3.35	2.94	—	2.54	2.37
27	1-己醇	0.62	1.04	—	2	0.84	0.74	0.91	0.98
10	1-辛烯-3-醇	1.27	1.31	2.59	2.2	2.11	1.47	2.06	3.08
4	1-庚醇	0.62	0.39	0.53	0.61	0.51	0.49	0.63	1.01
5	1-辛醇	0.37	0.3	0.45	0.63	0.37	0.34	0.52	0.87
2	2-辛烯-1-醇,E-	0.13	0.18	0.33	0.25	0.24	0.19	0.34	0.54
34	1-戊烯-3-醇	—	—	—	0.12	—	0.11	—	—
64	1,8-桉叶油素	2.66	0.37	0.3	0.22	1.96	0.75	1	0.81
63	2-苯氧基乙醇	0.01	0	0	0	0	0	0	0
57	α -松油醇	—	—	—	—	0.06	—	0.03	—
	酯类	2.83	6.78	3.68	3.66	3.46	3.61	5.51	1.63
19	1-丙烯-2-醇乙酸酯	0.52	0.31	0.51	0.42	0.42	0.38	—	—
41	乙酸乙酯	—	—	0.17	0.19	0.1	0.26	0.08	—
48	乙酸丁酯	0.33	1.28	0.41	1.13	0.16	1.01	0.82	0.17
45	丙酸丁酯	0.29	1.58	0.63	0.61	0.75	0.71	1.47	0.46
44	二甲基丙酸丁酯	0.05	0.54	—	—	0.22	0.16	0.44	0.08
53	2-丙烯酸丁酯 2-	0.83	1.78	1.48	0.9	1	0.63	1.46	0.44
46	丁酸丁酯	0.17	1.08	0.27	0.13	0.37	0.19	1	0.29
66	邻苯二甲酸二乙酯	0.64	0.21	0.2	0.28	0.45	0.26	0.25	0.2
	酚类	0.14	0.12	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.14
29	苯酚	0.03	0.02	0.01	—	0.02	0.02	0.01	0.01
60	2-甲氧基-4-(2-丙烯基)苯	0.11	0.1	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01	0.12
	酸类	1	1.08	0.98	1.48	0.76	1.32	0.79	1.04
28	戊酸	0.06	0.06	0.05	0.1	0.04	0.05	0.04	0.03
70	己酸	0.94	1.01	0.93	1.37	0.71	1.25	0.73	0.96

续表 1

编号	风味化合物名称	煮制时间/min							
		10	20	30	40	50	60	90	120
11	庚酸	—	—	—	0.01	—	0.02	0.03	0.04
	其他	2.22	4.17	3.22	2.7	2	4.57	3.84	2.82
7	2-戊基呋喃	0.52	0.33	0.66	0.23	0.53	0.36	0.73	1.26
67	N,N-二甲基甲酰胺	0.47	0.17	0.17	0.07	0.47	0.24	0.3	—
32	二甲基三硫	0.03	0.08	0.06	0.14	0.08	—	0.07	0.06
68	二甲基砷	0.04	0.02	0.06	0.05	0	0.01	0	—
13	2-正丁基呋喃	—	—	—	—	—	—	0.11	0.09
22	乙酰胺	—	—	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
40	三氯甲烷	0.66	1.96	0.8	0.73	0.48	2.68	0.87	0.43
52	正丁醚	0.5	1.61	1.46	1.47	0.43	1.26	1.75	0.96

注: “—”表示此种化合物没有被检测出。

2.2 各煮制时间条件下鸡肉样品挥发性风味物质峰面积主成分分析

用 SPSS16.0 对煮制不同时间鸡肉样品的 72 种挥发性风味物质的出峰面积进行主成分分析,从主成分因子贡献率来看,前 6 个因子贡献率分别为 32.34%、20.24%、14.33%、11.39%、9.78%、8.23%、3.69%,累积贡献率为 96.31%。SPSS 输出的方差最大法旋转因子矩阵中己醛、辛醛、壬醛、癸醛、E-2-辛烯醛、2-壬烯醛、苯甲醛、十四醛、1-庚醇、1-辛醇、1-辛烯-3-醇、2-辛烯-1-醇、庚烷、辛烷、十七烷、2,2,4,6,6-五甲基庚烷、柠檬烯、2-甲基-3-辛酮、6-甲基-2-庚酮、2,3-戊二酮、庚酸、1-丙烯-2-醇乙酸酯、2-戊基呋喃、2-正丁基呋喃、乙酰胺共 25 种物质在第一个主成分上载荷系数较高,E-2-庚烯醛、2-癸烯醛、2,4-己二烯醛、1-己醇、1-戊烯-3-醇、戊酸、2,3-辛二酮、乙苯、苯酚、二甲基三硫化物共 10 种物质在第二个主成分上的载荷系数较高。

将各煮制时间条件下的前 2 个因子的得分和各挥发性风味物质在前 2 个因子上的旋转载荷值标准化后做散点图(图 1)。从图 1 可知,第一与第二主成分对煮制 50、60、90 min 的鸡肉样品贡献率均不高,煮制 120 min 的鸡肉样品在第一个因子上的得分最高,煮制 40 min 的鸡肉样品在第二个因子上的得分最高。煮制 40、50 和 60 min 的鸡肉样品风味物质在第一个因子上的得分相近,煮制 20 min 和煮制 30 min 的鸡肉样品在第二个因子上的得分相近,煮制 10 min 的鸡肉样品在第一与第二个因子上的得分均不高;各煮制时间下鸡肉样品相互区别的特征风味物质:10 min——39(苯),57(α -松油醇);20 min——47(己烷),65(3-羟基-2-丁酮);30 min——46(丁酸丁酯);40 min——26(2-癸烯醛);50 min——51(戊

烷);60 min——36(苯乙烯),38(甲苯),42(2-己烯醛),53(2-丙烯酸丁酯),55(戊醛);90 min 无对应物质;120 min——14(柠檬烯)。由于前 2 个主成分的累积贡献率仅达到 52.57%,变量信息不全,不能准确地描述挥发性风味物质随煮制时间变化的趋势,于是对不同煮制时间的鸡肉样品的电子鼻感应值做主成分分析。

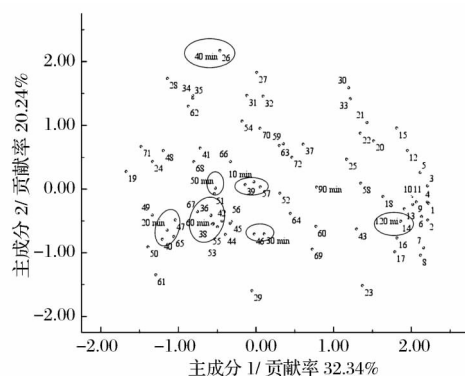


图 1 挥发性风味物质主成分分析结果散点图

(注:图 1 中“1~72”对应挥发性风味物质见表 1)

Fig. 1 Scatter plot produced by the output of principal component analysis of volatile compounds

2.3 各煮制时间条件下鸡肉样品电子鼻数据主成分分析

用 SPSS16.0 对煮制不同时间的鸡肉风味在电子鼻 10 个传感器上的感应值(取第 55 s 时的值)进行主成分分析,图 2 中每个椭圆代表不同煮制时间鸡肉样品的数据采集点。由分析可得,第一主成分(PC1)和第二主成分(PC2)的贡献率分别为 63.99% 和 32.44%,二者之和达到 96.43%。如图 2 所示鸡肉在煮制 10、20 和 30 min 的数据采集点在第一主成分和第二主成分上变化都很大,煮制 40、50 和 60 min

的数据采集点在第一主成分与第二主成分上基本无变化,煮制 90 min 与煮制 120 min 的鸡肉样品的风味数据采集点有部分重叠。

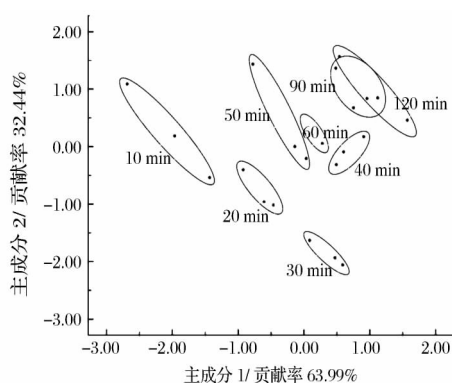


图2 电子鼻数据主成分分析

Fig. 2 Principal component analysis of data from EN

3 讨论

各煮制时间条件下相对含量较高的挥发性风味物质是醛、烃、酮与醇类,含量相对较低的是酯、酸、酚类及含氮含硫等其他物质,这与前人的研究结果一致^[7-9]。脂肪酸氧化裂解是直链醛、醇、酮、烃类及烷基呋喃的主要路径^[10],美拉德反应与硫胺素降解^[11-12]主要产生含氮含硫的杂环化合物,氨基酸的Strecker降解反应^[13-14]是支链醛的重要来源。本研究模拟道口烧鸡卤煮工艺,加工时添加了8种香辛料,各种香辛料精油的主要成分是被命名为烯、醇、酮等的萜类及其氧化衍生物,也包括一定量的脂肪族及芳香族的醇、醛、酮、酚类等化合物^[15]。各组鸡肉样品挥发性风味物质的变化是香辛料和鸡肉中挥发性风味前体物质受热共同作用的结果,但从具体每种物质的相对含量来看,鸡肉中风味前体物质热反应是主导因素,香辛料主要是直接引入挥发性风味成分。

肉品风味成分对肉品总体风味具有显著贡献的只是小部分,一些物质起辅助作用,大部分无显著影响^[16]。挥发性物质对整体风味的贡献由其绝对含量、相对含量和风味阈值三方面决定^[17],所以对鸡肉在各煮制时间产生的风味物质峰面积进行主成分分析得出的各煮制时间条件下的特征风味成分对风味的贡献不一定最大,但是特征风味的变化能够反映热反应进行的程度:煮制 10 min 鸡肉风味前体的热反应程度较低,风味主要由香辛料受热释放,所以特征风味物质是苯和松油醇;随着煮制时间的延长,脂肪酸裂解氧化反应程度逐渐加深,从煮制 20 min 的鸡

肉特征风味物质己烷,到 40 min 的 2-癸烯醛,到 50 min 的戊烷,再到 60 min 的 2-己烯醛和戊醛,这个过程也伴随着香辛料中香味成分的释放,只是风味前体物质的热反应占优势;煮制 90 min 和 120 min 时均无鸡肉风味前体物质对应特征风味成分说明此时通过风味前体物质热反应形成的风味已经趋于稳定。

对电子鼻数据进行的主成分分析更直观地反映了风味的综合变化。鸡肉风味形成的过程主要是鸡肉中风味前体物质发生热反应的过程,初期热反应速率较快,煮制 10、20、30 及 40 min 4 个时间点的电子鼻数据采集点在主成分图上能够明显的区分开,并且距离较远;随着时间的延长,反应逐渐缓慢,煮制 40、50 及 60 min 的电子鼻数据采集点虽然能够分开,但距离非常近;最后反应趋于稳定,煮制 90 min 与 120 min 的电子鼻数据采集点发生重叠,二者的挥发性风味成分接近。

鸡肉挥发性风味的形成主要是各种前体物质热反应的结果。对电子鼻感应数据进行的主成分分析虽不能辨别风味成分但能够很好地反映风味随煮制时间变化的过程。对各煮制时间条件下鸡肉挥发性风味物质峰面积进行的主成分分析虽不能很好区分短时间煮制的鸡肉样品,但能够确定各煮制时间具体的特征风味成分,这些特征风味成分又可以间接反映挥发性风味前体物质的热反应程度。

经上述分析,可得出以下结论:鸡腿肉风味的形成是各种前体物发生热反应共同作用的结果;对电子鼻感应强度和风味物质含量变化的综合分析反映了热反应在初期进行的较快,然后逐渐变慢,最后趋于稳定,95℃左右的煮制条件下,热反应进行 90 min 以上时鸡腿肉可以形成稳定的风味特征。

参考文献

- [1] 成坚,刘晓艳. 加热过程对鸡肉风味前体物质的影响[J]. 食品与发酵工业,2005,31(1):146-148.
- [2] 邱思,黄姝洁,刘中科,等. 温度对藏鸡肉品质及加工性能的影响研究[J]. 食品与发酵科技,2012,48(5):62-66.
- [3] 高小平,黄现青,金迪,等. 水煮中心温度对鸡胸肉食用品质的影响[J]. Food & Machinery, 2012, 28(3):49-52, 58.
- [4] Wattanachant S, Benjakul S, Ledward D A. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle[J]. Food Chemistry, 2005, 93:337-348.
- [5] LI C, WANG D Y, XU W M, et al. Effect of final cooked temperature on tenderness, protein solubility and micro-

- structure of duck breast muscle [J]. Food Science and Technology, 2013, 51: 266–274.
- [6] CUI C, ZHOU X S, ZHAO M M, et al. Effect of thermal treatment on the enzymatic hydrolysis of chicken proteins [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10: 37–41.
- [7] 何香, 许时纓. 蒸煮鸡肉的挥发性香气成分 [J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20 (5): 497–499.
- [8] 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.
- [9] 鲁松涛, 赵改名, 李苗云, 等. 丁香对卤制鸡肉风味物质形成的影响 [J]. 农产品加工·学刊, 2011, (11): 20–25.
- [10] Hoa V B, Kyeong S R, Nguyen T K L, et al. Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics and volatile components [J]. Food Sci Biotechnol, 2013, 22 (3): 651–658.
- [11] 谢建春, 孙保国, 刘玉平, 等. 维生素 B 微波加热降解香味成分分析 [J]. 食品科学, 2004, (10): 241–243.
- [12] 宋长坤, 徐世明, 杨建荣, 等. 酱牛肉加工过程中硫胺素的含量变化研究 [J]. 农产品加工·学刊, 2012, 298 (11): 27–30.
- [13] Ventanas J, Cóardoba J J, Antequera T, et al. Hydrolysis and Maillard reactions during ripening of Iberian ham [J]. Journal of Food Science, 1992, 57: 813–815.
- [14] 章建浩, 周光宏, 朱建辉, 等. 金华火腿传统加工过程中游离氨基酸和风味物质的变化及其相关性 [J]. 南京农业大学学报, 2004, 27 (4): 96–100.
- [15] 童庆宣, 罗小飞, 梁诗. 香辛料植物及香辛料主要化学成分 [J]. 中国野生植物资源, 2009, 28 (4): 60–65, 68.
- [16] 戴妍, 常海军, 邹兴建, 等. 不同二次杀菌处理的南京盐水鸭产品风味变化及感官特性 [J]. 南京农业大学学报, 2011, 34 (5): 122–128.
- [17] 赵改名, 柳艳霞, 田玮, 等. 基于判别分析法的金华火腿挥发性风味物质的形成过程分析 [J]. 农业工程学报, 2008, 24 (3): 260–264.

Effects of cooking time on volatile flavor compounds of stewed chicken by principal components analysis method

WU Su-su¹, ZHAO Gai-ming¹, LIU Yan-xia¹, TIAN Wei², SUN Ling-xia¹

1 (Henan Key Lab of Meat Quality and Safety Control, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

2 (College of Animal Husbandry and Veterinary Science Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT In order to analyze the forming process of the flavor substances in chicken during cooking. Chicken thighs were selected as the study material. The amount of the spice was doubled that of the Daokou Roasted Chicken. Chicken thighs were divided into eight groups and weighed at 1.80 ± 0.20 kg/each group. Then chicken thighs were all put into a covered pot. The electric oven (a total of six grades and maximum power of 2 kW) was set at grade 5 to cook the meat till the temperature of water reached 95 °C. Then chicken thighs were keep in 95 ± 2 °C for 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 min respectively. The lost water due to evaporation was not added. Electronic nose (EN) and Headspace solid-phase micro-extraction (HS-SPME) combined with Gas chromatography-Mass spectrometry (GC-MS) were adopted to detect flavor compounds and three-parallel experiments were conducted. The results were performed by principal components analysis (PCA). In different groups, 56, 54, 54, 62, 60, 63, 61 and 58 kinds of volatile compounds were identified successively; the characteristic components in each group were as follows: 10 min (benzene; α -Terpineol), 20 min (hexane; 2-butanone, 3-hydroxy-), 30 min (botanic acid, butyl ester), 40 min (2-decenal, (E)-), 50 min (pentane), 60 min (styrene; benzene, methyl-; 2-hexenal, (E)-; 2-propenoic acid, butyl ester; pentanal), 120 min (limonene); The data areas of EN dispersed according to certain rules: areas of 10, 20, 30 min could be easily set apart from each other; areas of 40, 50, 60 min were next to one another; areas of 90, 120 min had a substantial overlapping portion. The results indicate that the relative content and kinds of volatile compounds in the chicken thighs varies over the time. At the initial stage, the overall flavor of chicken thighs changes quite rapidly, and then the changes slowed down gradually. After cooking for 90 min or more, little changes were occurred.

Key words chicken, cooking time, principal components analysis, electronic nose, GC-MS, flavor