

八角茴香添加量对卤鸡腿挥发性风味的影响

孙灵霞^{1,2}, 赵改名¹, 李苗云¹, 柳艳霞¹

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002) (2. 陕西师范大学生命科学学院, 陕西西安 710062)

摘要: 采用电子鼻和气相色谱-质谱联用技术 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 研究八角茴香添加量 (0、0.05%、0.10%、0.20% 和 0.30%) 对卤鸡腿挥发性风味的影响。结果表明: 电子鼻能将不同八角茴香添加量的卤鸡腿区分开。八角茴香添加量对卤鸡腿挥发性风味成分的影响主要是改变了鸡腿本身挥发性风味成分的相对含量, 而对其种类基本没有影响。5 组卤鸡腿样品中的挥发性风味成分主要是醛类、醇类、酮类和酯类物质。随着八角茴香添加量的增加, 醛类和醇类物质的相对含量呈先上升后下降的变化, 而酮类物质的相对含量持续上升。相比空白, 卤鸡腿中新增加的挥发性风味成分来自八角茴香的直接引入, 主要是萜烯类物质及其含氧衍生物, 其相对含量和种类随着八角茴香添加量的增加而增加, 且当八角茴香添加量为 0.30% 时新增加的物质种类最多。

关键词: 八角茴香; 卤鸡肉; 挥发性风味; 电子鼻; 气相色谱-质谱联用 (GC-MS)

文章编号: 1673-9078(2015)11-324-331

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.11.049

Effects of Various Amounts of Star Anise (*Illicium verum*) on the Volatile Compounds in Marinated Chicken Drumsticks

SUN Ling-xia^{1,2}, ZHAO Gai-ming¹, Li Miao-yun¹, LIU Yan-xia¹

(1.College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2.College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The effects of different amounts of added star anise (0, 0.05%, 0.10%, 0.20% and 0.30%) on the volatile compounds of marinated chicken drumsticks were analyzed by an electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry. The results showed that the electronic nose could distinguish between marinated chicken drumsticks with different amounts of star anise added. The main effect was that the relative contents of volatile compounds in the chicken drumsticks changed, while there were no changes in the types of volatile compounds. The volatile compounds in the five groups of marinated chicken drumstick samples mainly included aldehydes, alcohols, ketones, and esters. With increasing amount of added star anise, the relative content of aldehydes and alcohols decreased after the initial increase, while the relative content of ketones continuously increased. Compared with the control group, the presence of the newly presented volatile compounds, including terpenes and their oxygenated derivatives, of the marinated chicken drumsticks was mainly attributed to the addition of star anise, and the relative content and number of these compounds increased with the increasing amount of star anise. The highest number of new volatile compounds was found when the amount of added star anise reached 0.30%.

Key words: star anise; marinated chicken drumsticks; volatile compounds; electronic nose; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

酱卤肉制品是我国最具代表性的传统肉制品类型之一, 以其独特的风味口感深受广大消费者喜爱。但目前传统酱卤肉制品大多仍以手工作坊方式生产, 主要是凭经验控制香辛料用量, 没有标准量化, 在工业化生产中可操作性不强。这已成为制约我国传统酱

收稿日期: 2015-01-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (NSFC 31271895)

作者简介: 孙灵霞 (1980-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 肉品加工与肉品风味调控

通讯作者: 赵改名 (1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 畜产品加工与质量控制

卤肉制品现代化工艺改造进程的重要因素。近几年中国传统酱卤肉制品因其风味特色优势日益引起人们的关注, 目前已有部分学者对传统酱卤肉制品中的挥发性风味成分进行了分析检测。一些来自于香辛料的挥发性风味成分, 如来自八角茴香的反式茴香脑、茴香醛、芳樟醇, 来自肉桂的桂皮醛等成分在酱鸡、酱牛肉、酱鸭等传统酱卤肉制品中被检测到, 而且是这些产品的特征香味成分之一^[1~3]。但关于香辛料对酱卤肉制品风味影响的研究, 尤其是香辛料添加量对风味影响的研究仍比较缺乏, 目前仅见到刘欣和鲁松涛的报道^[4,5]。

八角茴香 (*Illicium verum*), 又称大茴香、大料、五香八角、八角、八月珠, 是木兰科八角属植物八角茴香的成熟果实, 具有独特浓烈的香气和去腥防腐作用, 是传统酱卤肉制品加工中最常用的香辛料之一, 对酱卤肉制品风味的形成十分重要。我国是鸡肉生产和消费大国, 特别是以河南道口烧鸡、山东德州扒鸡、安徽符离集烧鸡为代表的卤禽类肉制品亦是中国传统酱卤肉制品中非常有特色的产品类型。因此, 本文选择八角茴香为原料, 以卤鸡腿为作用对象, 研究八角茴香不同的添加量对卤鸡腿挥发性风味的影响, 以期能为传统酱卤肉制品的现代化改造提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料

鸡腿购自河南某肉品公司, 品种为 AA 肉鸡 (42 日龄, 公司自养), 重量 200 g 左右; 八角茴香购自郑州某大型超市, 品种为广西玉林冬八角茴香。

1.1.2 主要仪器设备

PEN3 (Portable Electronic Nose3) 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; SPME 萃取头 (萃取头涂层 Car/PDMS, 非极性, 涂层厚 75 μm), 美国 Supelco 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备

试验分为空白组和八角茴香组 (八角茴香添加量分别为 0.05%、0.10%、0.20% 和 0.30%)。将清洗过的鸡腿冷水下锅煮制, 同时加入 4% 食盐和一定量八角茴香 (食盐和八角茴香的添加量为质量分数, 均以肉重计), 煮至沸腾后开始计时, 大火煮制 5 min (大火的加热功率为 2464 J/s), 小火煮制 90 min (小火的加热功率为 246 J/s)。煮制好的鸡腿冷却至室温后迅速去皮、剔骨, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏备用。

1.2.2 电子鼻检测

将样品在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 解冻 12 h, 然后迅速切成边长 2 mm 左右的肉粒。称取 5.0 g 于 100 mL 三角瓶中, 保鲜膜封口, 于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴 5 min, 用于电子鼻检测。测试条件: 样品测试时间 50 s, 采样间隔 1 s, 清洗时间 120 s, 归零时间 10 s, 内部流量 300 mL/min, 样品流量 300 mL/min。所有样品重复测定 3 次。

1.2.3 GC-MS 分析

将解冻后的样品切成边长 2 mm 左右的肉粒, 称取 5.00 g 于 SPME 顶空萃取瓶中, 在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下用 SPME 萃取头萃取静态顶空中的挥发性化合物 35 min, 用于 GC-MS 的分离、鉴定。色谱条件: DB-WAX (Agilent Technologies) 毛细管 GC 柱 ($30\text{ m}\times 0.25\text{ mm}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$); 升温程序: 起始温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保持 3 min, $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$, 于 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 8 min; 载气 (He) 不分流, 恒流 12 mL/min。质谱条件: 电子轰击 (EI) 离子源; 电子能量 70 eV; GC 与 MS 接口温度为 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$; 离子源温度 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$; 质量扫描范围 33~500 amu; 电子检测器检测电压 350 V。

1.2.4 数据处理

电子鼻数据采用 SPSS 13.0 中的主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 和线性判别分析 (Linear Discriminant Analysis, LDA) 进行处理。挥发性风味成分的定性与定量: 采用 NIST05 谱库检索, 结合保留指数及有关文献进行人工谱图解析^[6] 确定卤鸡肉的挥发性风味成分; 采用面积归一化法进行定量分析, 求得各挥发性风味成分的相对含量。

2 结果与讨论

2.1 电子鼻分析

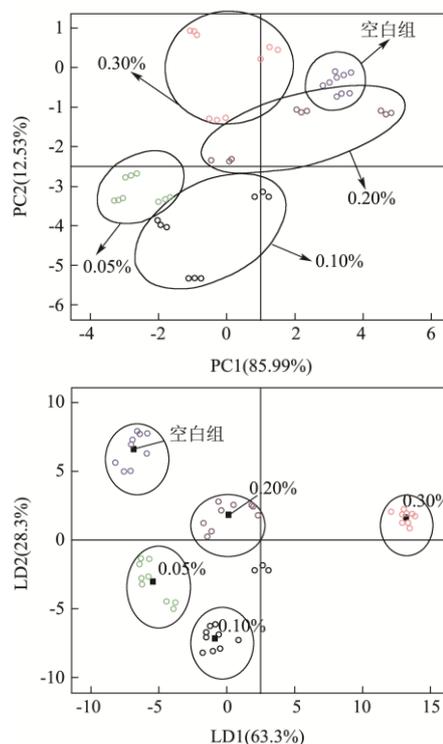


图1 不同八角茴香添加量时电子鼻数据的 PCA 和 LDA 分析图
Fig.1 PCA and LDA plots of e-nose data for different levels of added star anise

图1是不同八角茴香添加量时卤鸡腿电子鼻数据的PCA和LDA分析图。从PCA分析图可以看出,5个样品均有部分互相重叠,说明电子鼻结合PCA法不能很好的将不同八角茴香添加量的卤鸡腿样品区分开。从LDA分析图可以看出,5个样品被明显的区分开,其中第一主成分LD1(63.3%)和第二主成分LD2(28.3%)的累计贡献率达到91.6%,能够代表卤鸡腿的整体风味信息。在LD1方向上,5个样品随八角茴香添加量的增加呈现趋势性变化,其中八角茴香添加量为0.05%、0.10%和0.20%的样品整体风味比较接近,添加量为0.30%时与其它组相比风味差异较大,此时的卤鸡腿具有比较明显的八角茴香风味特征。这说明八角茴香对卤鸡腿风味的影响随着其添加量的增加而增强。然而,至于哪些挥发性风味成分的变化引起了卤鸡腿整体风味的变化,还需要结合GC-MS对卤鸡腿的挥发性风味成分做进一步分析。

2.2 挥发性风味成分分析

2.2.1 八角茴香添加量对卤鸡腿总体挥发性风味成分的影响

本实验5组样品挥发性风味成分的总离子流图见图2,各组样品挥发性风味成分的种类、相对含量见表1。各图谱经检索分析可知,当八角茴香添加量为0、0.05%、0.10%、0.20%、0.30%时分别鉴定出69、80、81、82和80种挥发性风味成分,这些化合物包括醛类、酮类、醇类、烃类、酸类、酯类、萜烯类、含硫含氮及杂环类,其中羰基化合物数量最多,对卤鸡腿的特征香味起到至关重要的作用,这与前人的研究结果一致^[1,7]。与空白组相比,添加八角茴香后卤鸡腿中挥发性风味成分的种类变化不大,未发现八角茴香与鸡腿相互作用后新生成的挥发性成分,但鸡腿本身固有的挥发性风味成分的相对含量发生了变化;卤鸡腿中新增加的顺式茴香脑、反式茴香脑、草蒿脑、对茴香醛、 α -蒎烯、3-蒎烯、柠檬烯、 α -水芹烯、桉叶油醇、松油烯-4-醇、 α -萜品醇、对伞花烃等成分均来自八角茴香本身。

2.2.2 八角茴香添加量对醛类物质的影响

本实验5组卤鸡腿样品的挥发性风味成分中,醛类物质的相对含量均高达60%以上,其中己醛含量最高(44.22%~54.16%),这与前人报道的结果基本一致^[7]。除茴香醛来自于八角茴香外,脂肪氧化降解(亚油酸、油酸和 γ -亚麻酸的氧化)和某些氨基酸(苯丙氨酸、亮氨酸和异亮氨酸等)的Strecker降解是产生

这些醛类物质的主要途径^[8]。在本实验中未检测到鸡肉的重要特征风味成分(E,E)-2,4-癸二烯醛,可能与实验所选的鸡的品种有关。

随着八角茴香添加量的增加,来自亚油酸和油酸氧化降解产生的醛类如己醛、庚醛、(E)-2-辛烯醛、辛醛等的相对含量均呈现先升高后下降的变化,可能是由于八角茴香中的某些活性成分对鸡腿中脂肪氧化产物的生成有影响^[9,10],且随着八角茴香添加量的增加表现为抑制作用,具体原因有待探讨;来自氨基酸Strecker降解产生的苯甲醛、2-甲基丁醛和3-甲基丁醛的相对含量无明显变化规律。卤鸡腿中新增加的风味成分月桂醛和茴香醛来自八角茴香本身,其中茴香醛阈值较高(200 $\mu\text{g}/\text{kg}$),对卤鸡腿风味不会造成太大影响;随着八角茴香添加量的增加,它们在煮制过程中被引入到鸡腿中的量越多。癸醛和2-癸烯醛在空白组卤鸡腿中未检测到,而在添加八角茴香后的各组中均存在,但它们并不是八角茴香的固有成分,其具体来源有待分析。仅有个别学者^[11]在煮鸡肉中检测到丁醛,而丁醛在自然界中的花、叶、果、草等的多种精油中都含有,推测卤鸡腿中的丁醛可能由八角茴香引入。

2.2.3 八角茴香添加量对酮类物质的影响

酮类的阈值远高于其同分异构体醛类,且本实验中酮类物质的相对含量较低(4.03%~6.10%),故对卤鸡腿风味的贡献相对较小。酮类物质的相对含量随八角茴香添加量的增加而增加。与空白组相比,添加八角茴香后新增加的酮类物质有2-庚酮和羟基丙酮,它们均来自鸡肉加热产生,其中2-庚酮是亚油酸的氧化产物之一,羟基丙酮来自于美拉德反应^[12]。

2.2.4 八角茴香添加量对醇类物质的影响

饱和醇由于其风味阈值(500~20000 $\mu\text{g}/\text{kg}$)较高,对卤鸡腿风味影响不大,而不饱和醇的风味阈值较低,对风味的形成有一定作用。本实验5组样品中醇类物质的相对含量从2.76%到4.03%,其中1-辛烯-3-醇的比例较高,且阈值较低(1 $\mu\text{g}/\text{kg}$),对卤鸡腿风味有重要贡献。卤鸡腿中新增加的物质为月桂醇,来自八角茴香本身,仅在八角茴香添加量为0.30%时检测到。八角茴香添加前后卤鸡腿中醇类物质的种类没有变化,而相对含量发生了变化。随着八角茴香添加量的增加,庚醇的相对含量一直下降;戊醇、己醇、1-辛烯-3-醇和辛醇的相对含量呈现先升高后下降的变化,这与同样来自不饱和脂肪酸降解产生的醛类相对含量的变化相同;其他醇类的相对含量没有规律性变化。

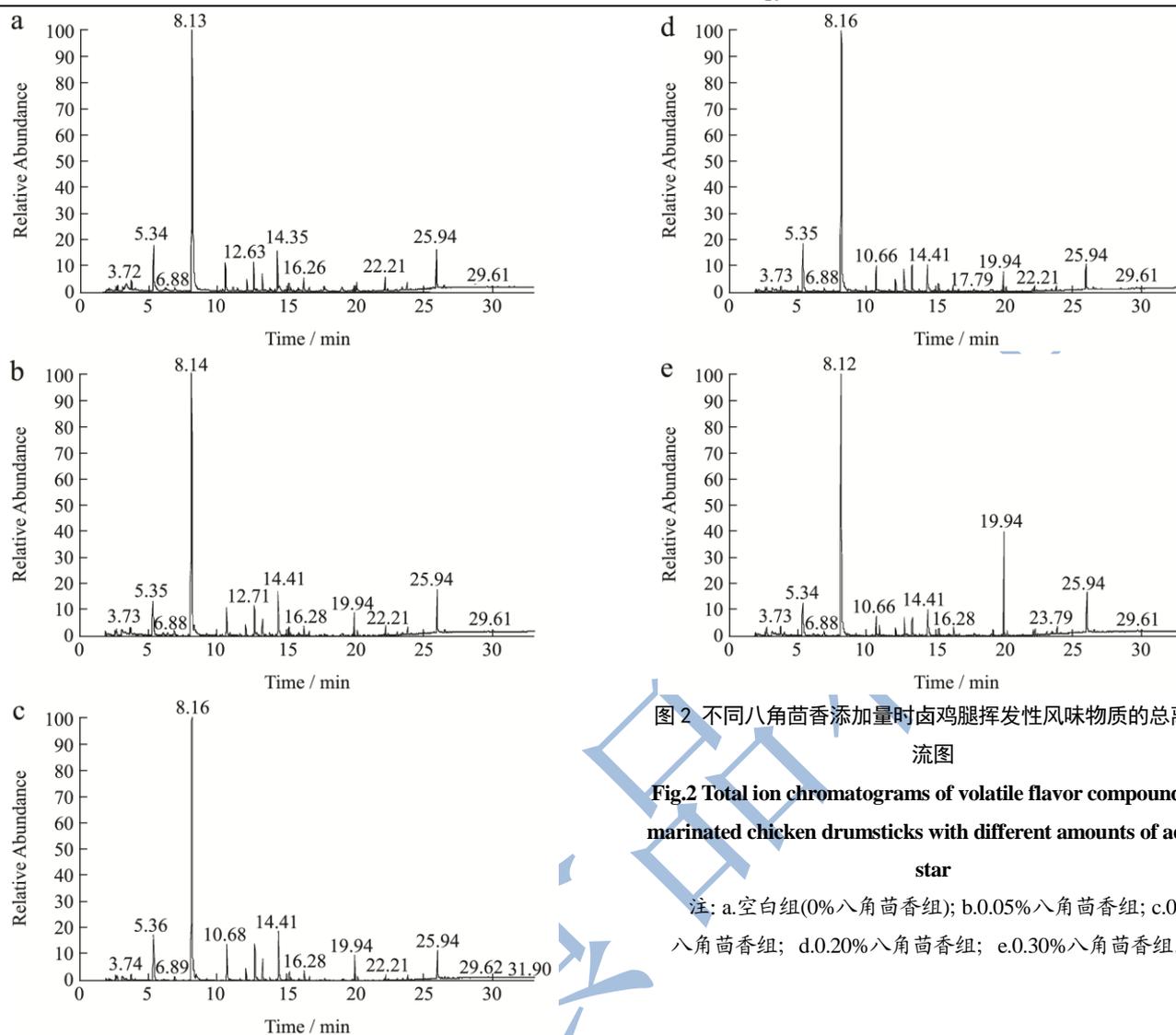


图2 不同八角茴香添加量时卤鸡腿挥发性风味物质的总离子流图

Fig.2 Total ion chromatograms of volatile flavor compounds in marinated chicken drumsticks with different amounts of added star

注: a.空白组(0%八角茴香组); b.0.05%八角茴香组; c.0.10%八角茴香组; d.0.20%八角茴香组; e.0.30%八角茴香组。

表1 八角茴香不同添加量时卤鸡腿的挥发性风味成分

Table 1 Volatile compounds of marinated chicken drumsticks with different amounts of added star anise

RT	化合物	RI ^a	鉴定方法 ^b	相对含量/%				
				0	0.05	0.10	0.20	0.30
9.91	丁醇	1152	RI, MS	0.12	0.17	0.05	0.10	0.06
10.23	1-戊烯-3-醇	1165	RI, MS	0.12	0.10	0.05	0.07	0.04
12.07	戊醇	1253	RI, MS	1.28	1.38	1.39	1.53	0.92
13.81	己醇	1353	RI, MS	0.27	0.32	0.32	0.25	0.23
15.20	1-辛烯-3-醇	1447	RI, MS	0.64	0.82	0.80	0.80	0.71
15.31	庚醇	1453	RI, MS	0.48	0.43	0.36	0.27	0.22
15.78	2-乙基-1-己醇	1487	RI, MS	0.12	0.15	0.11	0.06	0.15
16.67	辛醇	1555	RI, MS	0.36	0.46	0.41	0.27	0.22
17.39	(E)-2-辛烯醇	1611	RI, MS	0.03	0.10	0.09	0.09	0.07
21.35	月桂醇	1962	RI, MS	-	-	-	-	0.04
	Σ醇类			3.86	4.03	3.71	3.52	2.76
2.53	丙醛	726	MS	0.07	0.03	0.02	0.11	0.06
2.69	2-甲基丙醛	810	RI, MS	0.20	0.20	0.11	0.12	0.27

转下页

接上页								
3.37	丁醛	868	RI, MS	-	0.42	0.28	0.36	0.36
3.94	2-甲基丁醛	914	RI, MS	0.06	0.05	0.06	0.04	0.12
4.02	3-甲基丁醛	917	RI, MS	0.23	0.28	0.23	0.17	0.53
5.34	戊醛	973	RI, MS	7.34	7.20	7.73	9.30	6.23
8.13	己醛	1078	RI, MS	53.37	48.39	51.12	54.16	44.22
10.68	庚醛	1182	RI, MS	3.92	3.96	4.67	3.40	2.55
11.35	(E)-2-己烯醛	1213	RI, MS	0.14	0.01	0.03	0.06	0.01
12.63	辛醛	1286	RI, MS	3.10	3.50	4.26	2.94	2.28
14.35	壬醛	1391	RI, MS	5.52	6.30	6.82	4.67	4.20
14.92	(E)-2-辛烯醛	1427	RI, MS	0.11	0.11	0.15	0.20	0.09
15.92	癸醛	1496	RI, MS	-	0.53	0.41	0.36	0.44
16.26	苯甲醛	1522	RI, MS	1.44	1.03	0.97	0.63	0.94
16.39	(E)-2-壬烯醛	1535	RI, MS	0.03	0.05	0.09	0.10	0.05
17.79	(E)-2-癸烯醛	1643	RI, MS	-	0.26	0.26	0.42	0.38
18.10	2-丁基-2-辛烯醛	1668	MS	-	0.01	0.05	0.05	0.03
18.57	月桂醛	1707	RI, MS	-	0.02	0.04	0.01	0.02
22.08	茴香醛	2038	MS	-	0.18	0.19	0.27	0.59
23.04	十六醛	2132	RI, MS	0.14	0.24	0.12	0.10	0.32
	Σ 醛类			75.67	72.77	77.61	77.47	63.69
2.72	丙酮	811	MS	0.54	1.18	0.69	0.62	1.23
3.72	2-丁酮	832	RI, MS	0.90	1.18	0.88	0.76	1.49
7.54	2,3-戊二酮	1056	RI, MS	0.06	0.12	0.12	0.20	0.13
10.62	2-庚酮	1180	RI, MS	-	0.16	0.15	0.15	0.11
11.76	6-甲基-2-庚酮	1236	MS	0.03	0.03	0.07	0.03	0.02
12.62	3-羟基-2-丁酮	1285	RI, MS	0.23	0.11	0.15	0.08	0.15
12.87	羟基丙酮	1298	MS	-	0.33	0.50	0.32	0.41
13.28	2-甲基-3-辛酮	1322	RI, MS	1.75	1.86	2.41	3.27	2.15
13.49	6-甲基-5-庚烯-2-酮	1335	RI, MS	0.08	0.01	0.04	0.06	0.08
	Σ 酮类			3.59	4.98	5.01	5.49	5.77
2.10	正庚烷	700	RI, MS	0.33	0.32	0.39	0.27	0.39
2.26	1-庚烯	749	RI, MS	0.29	0.15	0.22	0.22	0.20
2.60	正辛烷	800	RI, MS	0.34	0.75	0.69	0.55	0.42
2.97	1-辛烯	844	RI, MS	0.02	0.04	0.02	0.01	-
17.17	十六烷	1600	RI, MS	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13
18.38	十七烷	1700	RI, MS	0.08	0.07	0.05	0.07	0.07
	Σ 烷烃类			1.14	1.41	1.46	1.23	1.21
4.47	苯	932	RI, MS	0.03	0.20	0.09	0.13	0.24
6.88	甲苯	1032	RI, MS	0.65	1.13	0.75	0.69	0.82
9.24	乙苯	1118	RI, MS	0.18	0.24	0.26	0.22	0.28
9.44	对二甲苯	1126	RI, MS	0.24	0.06	0.08	0.06	0.03
9.60	1,3-二甲基苯	1134	RI, MS	0.23	0.13	0.10	0.07	0.08
12.55	1,3,5-三甲基苯	1246	RI, MS	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
13.41	1,2,4-三甲基苯	1278	RI, MS	0.16	0.17	0.14	0.11	0.14

转下页

接上页								
13.89	对伞花烃	1272	RI, MS	-	0.11	0.10	0.05	0.09
14.01	3-乙基-邻二甲苯	1366	RI, MS	0.13	0.13	0.14	0.06	0.14
14.89	1,2,4,5-四甲基苯	1425	MS	0.05	0.08	0.11	0.04	0.07
15.06	1,2,3,4-四甲基苯	1431	RI, MS	0.11	0.15	0.11	0.08	0.16
19.04	萘	1750	RI, MS	0.90	0.45	0.41	0.48	0.56
	Σ芳香烃类			2.47	2.88	2.31	2.02	2.63
3.55	乙酸乙酯	884	RI, MS	0.31	0.11	0.09	0.11	0.08
7.91	乙酸丁酯	1068	RI, MS	0.04	0.22	0.12	0.13	0.15
9.73	丙酸丁酯	1141	MS	0.07	0.06	0.05	0.03	-
17.64	γ-丁内酯	1638	MS	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
23.79	棕榈酸甲酯	2213	RI, MS	0.62	0.68	0.43	0.45	0.68
24.06	棕榈油酸甲酯	2245	MS	0.06	0.08	0.05	0.06	0.13
25.94	油酸甲酯	2478	RI, MS	4.15	4.71	2.91	3.02	4.50
26.48	亚油酸甲酯	2510	MS	0.32	0.29	0.17	0.16	0.24
27.08	邻苯二甲酸二异丁酯	2543	MS	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05
	Σ酯类			5.61	6.19	3.88	4.03	5.85
18.95	戊酸	1738	MS	0.06	0.06	0.04	0.03	0.06
20.13	己酸	1838	RI, MS	1.00	0.63	0.46	0.62	0.66
23.42	壬酸	2158	RI, MS	0.33	0.28	0.20	0.23	0.44
	Σ酸类			1.39	0.97	0.70	0.88	1.16
2.03	甲硫醇	655	MS	0.29	0.24	0.17	0.20	0.29
2.20	二硫化碳	740	RI, MS	0.31	0.36	0.22	0.16	0.40
10.80	吡啶	1185	RI, MS	0.10	-	-	-	-
11.64	2-戊基呋喃	1228	RI, MS	0.35	0.28	0.23	0.18	0.09
12.31	2-甲基吡嗪	1266	RI, MS	-	0.02	0.06	-	-
14.18	二甲基三硫	1382	MS	0.23	0.19	0.15	0.12	0.17
16.10	1-苯并噻吩-(2, 3-C)-噻吩 啉-6(5氢)-噻吩	1510	MS	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05
17.76	4-苯甲酰-2H-吡喃-3-酮	1638	MS	0.44	0.20	0.17	0.22	0.33
19.47	5-甲基-2-噻吩甲醛	1788	MS	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03
19.78	苯并[b]噻吩	1813	MS	0.17	0.13	0.12	0.15	0.18
	Σ含硫含氮及杂环类			0.10	0.02	0.06	-	-
6.40	α-蒎烯	1020	RI, MS	-	0.10	0.02	0.02	0.04
9.72	3-蒎烯	1147	MS	-	-	-	-	0.05
10.88	α-水芹烯	1160	RI, MS	-	-	0.06	0.02	0.04
10.93	d-柠檬烯	1191	RI, MS	-	0.42	0.21	0.16	1.18
11.19	桉叶油醇	1207	RI, MS	-	0.05	0.02	0.01	0.17
17.31	松油烯-4-醇	1609	RI, MS	-	-	-	0.02	0.07
18.12	草蒿脑	1678	MS	-	-	0.02	0.02	0.14
18.44	α-蒎品醇	1702	RI, MS	-	-	-	-	0.04
19.15	茴香脑	1760	MS	-	0.20	0.21	0.20	0.63
19.94	反式茴香脑	1835	MS	-	1.91	2.06	1.87	9.12
	Σ萜烯类				2.68	2.60	2.32	11.48
	Σ总挥发性风味成分			95.74	97.49	98.53	98.09	96.21

注: 1.“RI”表示保留指数, “a”表示采用的是DB-Wax毛细管柱, “-”表示未检出; 2.“b”表示定性方法中, RI为与文献中的保留指数一致, MS为与质谱库匹配定性; 3.表中括号外数字表示峰面积, 括号内数字表示相对含量。

2.2.5 八角茴香添加量对烃类物质的影响

本实验检测到的烷烃和芳香烃类物质的相对含量在1%~3%之间, 且气味阈值较高, 对卤鸡腿风味贡献不大。对比空白, 添加八角茴香后新增加的烃类物质仅有对伞花烃, 来自八角茴香本身。随着八角茴香添加量的增加, 烷烃类物质相对含量先升高后降低, 而芳烃类的变化无明显规律。

2.2.6 八角茴香添加量对酯类物质的影响

通常碳链长为1到10的酸所产生的酯呈现甜果香, 而长链脂肪酸所产生的酯更具脂香特征。除内酯和硫酸酯以外的其它酯类的阈值较高, 且在肉中含量有限, 一般认为对肉制品风味贡献不大。本实验中酯类物质的相对含量从3.88%~6.19%, 其中油酸甲酯的相对含量最高, 可能与鸡脂中油酸含量较高有关。实验5组样品中均检测出 γ -丁内酯, 它来自羟基脂肪酸的内酯化, 具有鸡肉香味。5组样品中酯类物质的种类基本相同, 随八角茴香添加量的增加, 它们的相对含量无规律性变化。

2.2.7 八角茴香添加量对羧酸类物质的影响

一般 C_{12} 以上的直链羧酸挥发性低, 对肉类的香气贡献小, 而 C_6 ~ C_{11} 羧酸的挥发性较高, 对肉类风味有一定影响。本实验检出羧酸的种类和含量均较少, 仅有戊酸、己酸和壬酸3种, 其中己酸含量相对较高。随八角茴香添加量的增加, 羧酸类物质的相对含量呈现先下降后上升的变化, 但均低于空白组。

2.2.8 八角茴香添加量对含硫含氮及杂环化合物的影响

含硫含氮及杂环化合物的气味阈值较低, 是烤肉香味的最主要贡献者。与空白组相比, 添加八角茴香后没有新的物质产生。2-戊基呋喃是亚油酸氧化的产物, 其气味阈值较低($6 \mu\text{g}/\text{kg}$)^[12], 是鸡肉及其它肉制品的重要风味成分, 随着八角茴香添加量的增加其相对含量减少。实验5组样品中均检测到甲硫醇、二硫化碳和二甲基三硫3种硫化物, 尽管这些硫化物的含量很低(本实验中不超过1%), 但因其具有非常低的气味阈值(如二甲基三硫为 0.005 ~ $0.01 \mu\text{g}/\text{kg}$)而成为肉品风味的重要贡献者^[13]。

本实验检测到3种噻吩和2种含氮杂环化合物, 它们的相对含量亦非常低, 这可能与实验在较低温度下(100°C)将鸡腿熟化有关。吡啶仅在空白组检出, 2-甲基吡啶仅在八角茴香添加量为0.05%和0.10%时检出, 这两种含氮杂环化合物可能来自美拉德反应和脂质氧化反应产物之间的交互作用, 前人文献报道主

要在炸鸡肉和烤鸡肉中检测到, 尚未有人在煮鸡肉中检测到^[14]。

2.2.9 萜烯类及其含氧衍生物的变化

本实验卤鸡腿中的萜烯类及其含氧衍生物主要来自于八角茴香的直接引入, 它们亦是八角茴香添加后卤鸡腿中新增加的主要风味成分, 包括 α -蒎烯、3-萜烯、*d*-柠檬烯、 α -水芹烯、桉叶油醇、松油烯-4-醇、 α -萜品醇、草蒿脑、顺式茴香脑和反式茴香脑等。这些物质在八角茴香添加量为0.30%均有检出, 其总含量最高可达26.19%。其中*d*-柠檬烯、顺式茴香脑和反式茴香脑的相对含量较高, 尤其是反式茴香脑, 八角茴香添加量为0.30%时可高达9.12%, 对卤鸡腿风味的贡献很大, 这3种物质的相对含量随八角茴香添加量的增加而增加。 α -萜品醇和3-萜烯仅在八角茴香添加量为0.30%时检测到。

3 结论

电子鼻分析结果表明, 八角茴香添加量对卤鸡腿挥发性风味有影响。结合GC-MS进一步分析发现, 八角茴香的添加主要是改变了卤鸡腿本身含有的挥发性风味成分的相对含量, 同时直接引入了八角茴香中的某些挥发性成分, 主要是萜烯类物质及其含氧衍生物。随着八角茴香添加量的增加, 从八角茴香中引入的挥发性风味物质的种类和相对含量逐渐增多。当八角茴香添加量达到0.30%时, 卤鸡腿中萜烯类物质及其含氧衍生物的相对含量急剧增加。5组卤鸡腿样品中的挥发性风味成分主要来自脂肪氧化降解, 其相对含量随八角茴香添加量的增加基本呈先上升后下降的变化, 可能与八角茴香中某些活性成分的作用有关, 其具体原因有待进一步探讨。

参考文献

- [1] 徐晓兰, 张宁, 蔡艳梅, 等. 天福号酱香鸡挥发性香成分的提取与分析[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 111-116
XU Xiao-lan, ZHANG Ning, QI Yan-mei, et al. Extraction and analysis of volatile aroma components in tianfuhao-branded sauce fragrant chicken [J]. Food Science, 2012, 33(16): 111-116
- [2] 蔡艳梅, 陈海涛, 陶海琴, 等. 平遥与月盛斋酱牛肉挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 251-256
QI Yan-mei, CHEN Hai-tao, TAO Hai-qin, et al. Analysis of volatile compounds of pingyao and yueshengzhai spiced beef [J]. Food Science, 2011, 32(22): 251-256

- [3] 王强. 酱鸭与香辛料风味物质及其在加工过程中的变化[D]. 硕士学位论文, 2011
WANG Qiang. The flavor compounds of sauced duck meat and spice, their changes during the processing [D]. Master Degree Thesis, 2011
- [4] 刘欣, 赵改名, 田玮, 等. 肉桂添加量对卤鸡腿肉挥发性风味成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(6): 34-40
LIU Xin, ZHAO Gai-ming, TIAN Wei, et al. Effects of cinnamon additions on volatile flavor compounds of stewed chicken [J]. Food and Fermentation Industry, 2013, 39(6): 34-40
- [5] 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, 2011, 11: 20-25
LU Song-tao, ZHAO Gai-ming, LI Miao-yun, et al. Effects of syzygium aromaticum essential on flavor compounds of chicken [J]. Agricultural Products Processing, 2011, 11: 20-25
- [6] Schindler S, Kring U, Berger R G et al. Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 317-323
- [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): 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
- [8] Elmore J S, Motterm D S, Enser M, Wood J D. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1619-1625
- [9] Padmashree A, Roopa N, Semwal A D, et al. Star-anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants [J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 59-66
- [10] Sampaio G R, Saldanha T, Soares R A M, et al. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2012, 135(3): 1383-1390
- [11] Schindler S, Krings U, Berger R G et al. Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 317-323
- [12] Shahidi, F. 著; 李洁, 朱国斌译. 肉制品与水产品的风味 (第二版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
Shahidi, F. Flavor of meat, meat products and seafoods (the 2nd edition) [M]. Beijing: Chinese Light Industry Press, 2001
- [13] Ruiz J, Ventanas J. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2001, 49 (11): 5115-5121
- [14] Tang J, Jin Q Z, Shen G H, et al. Isolation and identification of volatile compounds from fried chicken [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1983, 31(6): 1287-1292