

腌制时间对兔后腿肉挥发性风味物质的影响

朱成林¹, 夏许寒¹, 李 诚^{*1}, 兰秋雨¹, 卓勇贤²,
刘爱平¹, 冯朝辉¹, 杨 勇¹, 彭翔东², 刘韞滔¹

(1. 四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川哈哥集团有限公司, 四川 井研 613100)

摘要: 采用电子鼻和气质联用技术研究不同腌制时间对兔后腿肉挥发性风味物质的影响, 并在同等条件下以没有腌制的设为对照组。结果表明: 利用电子鼻能对不同腌制时间的兔后腿肉进行一定程度的区分。GC-MS 总共测得挥发性成分 60 种, 腌制 0、12、24、36、48 h 的挥发性成分的种类分别为 24、44、43、44 和 47 种。腌制处理后的主要挥发性风味物质都以醛类、烃类和醇类为主, 醛类为最多。腌制 36 h 的样品挥发性风味物质的相对质量分数最高。

关键词: 腌制时间; 兔后腿肉; 挥发性风味物质; 电子鼻; GC-MS

中图分类号: TS 251 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)10-1083-07

Volatile Compounds of Cured Rabbit Hind Leg as Affected by Different Curing Time

ZHU Chenglin¹, XIA Xuhan¹, LI Cheng^{*1}, LAN Qiuyu¹, ZHUO Yongxian², LIU Aiping¹,
FENG Chaohui¹, YANG Yong¹, PENG Xiangdong², LIU Yuntao¹

(1. College of Food, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 2. Sichuan Hage Group Co., Ltd., Jingyan 613100, China)

Abstract: Volatile compounds of stewed rabbit with the different curing time (0 h, 12 h, 24 h, 36 h and 48 h) were analyzed by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Results of electronic nose showed that rabbit with different curing time can be identified to some extent. GC-MS results showed that the volatile components included 60 species, 24, 44, 43, 44, 47 were measured in five groups. The main component of pickled processed flavor substances are mainly aldehydes, hydrocarbons and alcohols, and the most was aldehydes. Pickled flavor components of 36 h has the highest total peak area.

Keywords: curing time, stewed rabbit, volatile compounds, electronic nose, GC-MS

收稿日期: 2015-09-10

基金项目: 国家星火计划项目(2012GA810004)。

* 通信作者: 李 诚(1964—), 男, 四川三台人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事畜产品加工与质量安全控制研究。

E-mail: lichenglcp@163.com

引用本文: 朱成林, 夏许寒, 李诚, 等. 腌制时间对兔后腿肉挥发性风味物质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(10): 1083-1089.

我国是全球兔肉生产和销售大国,兔肉总产量在近几年也平稳上升,在2012年达到73.5万吨,分别占了亚洲兔肉总生产量的82%和世界兔肉总生产量的40%,在我国肉类总产量占的比例也有所提升^[1-2]。虽然我国兔肉产品种类较多,但是都以初级加工产品和传统兔肉制品为主^[3]。目前国内外对肉品的挥发性风味物质的研究报道主要集中在兔肉、牛肉与猪肉^[4,5]肉品本身和一些酱卤肉产品^[6-9]等,而对兔肉加工过程中的挥发性风味物质研究较少。

腌制是肉品加工中普遍使用的一种技术,具有防腐、改善肉的颜色和风味的作用,以达到提高肉品质的目的。目前国内外关于肉品腌制的报道主要集中在腌制过程中对肉品食用品质的影响^[10]和不同腌制方式对肉品腌制效果的比较^[11-12],腌制时间对肉品挥发性风味物质研究鲜有报道。作者采用湿腌法中的静置腌制处理兔后腿肉,通过对处理后的兔肉进行风味物质比较,为兔肉加工中的风味变化提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻兔后腿:购自四川成都市农贸市场;食盐、白砂糖、花椒、八角、辣椒粉等调味料:购自四川省雅安市吉选超市。电子鼻:Gemini型,法国Alpha M. O.S.公司产品;气相色谱—质谱联用仪:Agilent 7890A型,美国Agilent Technologies公司产品;SPME萃取头:75 μ m Car/PDMS,美国Supelco公司产品;SPME萃取头手柄:57330-U型,美国Supelco公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备 将食盐、白砂糖、花椒、八角、辣椒粉等辅料配制好。确定腌制剂配方为食盐(3%)、糖(3%)、花椒粉(1%)、八角(1%)、辣椒粉(2%),以上腌制剂添加量均为腌制兔腿质量的百分比。将清洗并沥干的兔后腿和调配好的腌制剂置于不锈钢盆中,加入水(水与肉的质量比为1:2)迅速置于4℃冰箱中进行腌制,用PE膜封口。分别于0、12、24、36、48 h取样,用于电子鼻和气质的检测。

1.2.2 电子鼻检测 将样品迅速切成边长2 mm左右的肉粒。称取2.0 g左右于10 mL顶空瓶中,专用瓶盖封口,于65℃孵化炉中加热30 min,用于电子鼻检测。测试条件:样品测试时间90 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,取44~46 s处的数据作为分析点。

1.2.3 GC-MS分析 将样品切成边长2 mm左右的肉粒,称取5.00 g于SPME顶空萃取瓶中,在80℃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:Agilent HP5MS(Agilent Technologies)毛细管柱;载气为He,流量为1 mL/min。进样口温度250℃,不分流进样,解析时间5 min。升温程序:起始温度40℃,保持3 min,5℃/min升温至80℃,保持1 min,5℃/min升温至120℃,保留1 min,再以6℃/min升温至230℃,于230℃保持8 min。质谱条件:Agilent 5975MSD质谱,电子电离(electron ionization, EI)离子源;电子能量70 eV;GC与MS接口温度为280℃;离子源温度230℃;质量扫描范围10~450;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AlphaSoft V12软件中的主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)进行处理。挥发性风味成分的定性与定量:采用NIST11谱库检索,结合保留指数及有关文献进行人工谱图解析,确定兔腿腌制过程中的挥发性风味成分;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质量分数。本试验共分5组,分别为腌制0、12、24、36、48 h。每一组样品平行测定3次。采用Excel 2010进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同腌制时间兔腿挥发性风味物质的电子鼻分析结果

用AlphaSoft V12软件对不同腌制时间的兔腿在电子鼻6个传感器上的感应值(取第55 s时的值)进行主成分分析,图1中每个三角形代表不同腌制时间兔腿样品的数据采集点。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99.856%和0.133%,两者之和达到99.989%。如图1所示未经腌制的兔后腿的数据采集点在第一主成分和第二主成分上变化都很大,腌制12、24、36、48 h的数据采集点在第一主成分与第二主成分上变化不大。不同腌制时间的样品能够得到一定程度的区分。因此采用SPME-GC-MS方法对5组样品的挥发性风味成分进行进一步分析和鉴定,以期探明样

品中挥发性风味成分的变化。

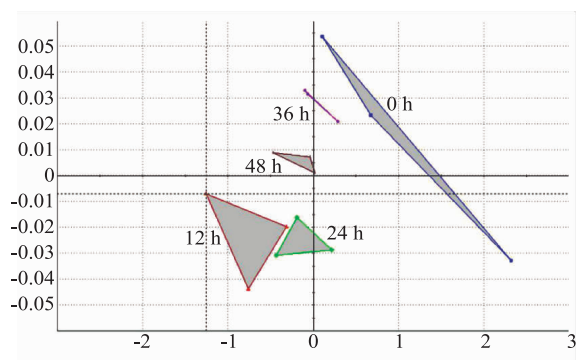


图1 不同腌制时间兔腿挥发性风味物质主成分分析图

Fig. 1 PCA plot of rabbit samples with different curing time

2.2 GC-MS 检测及挥发性风味成分

2.2.1 不同腌制时间对挥发性风味成分种类和数量的影响 本实验 5 组样品的挥发性风味成分的种类、保留时间、匹配度、相对质量分数见表 1,总离子流图见图 2。由表 1 知,当腌制时间为 0、12、24、36、48 h 时分别鉴定出 19、41、39、37 和 37 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、酯类及杂环类,其中醛类化合物质量分数最多,对兔肉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^[4,12]。与对照组相比,腌制后的兔腿中新增加了腌制液中特有的挥发性风味物质,如 D-柠檬烯、月桂烯等。除了由腌制剂引入的挥发性风味成分外,其他挥发性风味成分的种类基本不变,但质量分数和比例均发生了变化。

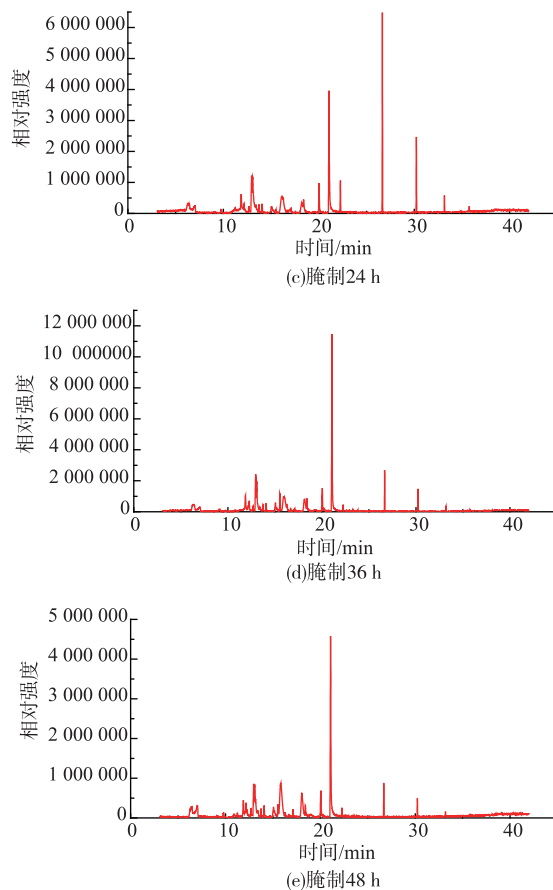
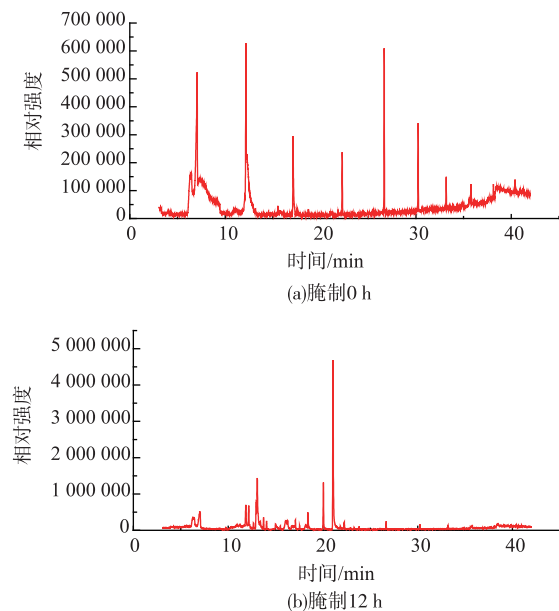


图2 不同腌制时间兔后腿肉的 SPME-GC-MS 总离子图

Fig. 2 Totalion current chromatogram of volatile flavor compounds

2.2.2 腌制时间对醛类物质的影响 醛类物质是脂肪降解的主要产物,具有脂肪香味,由于其检出浓度较高而气味阈值很低,是肉制品的主要风味成分^[13]。检测出来的主要醛类如己醛、壬醛等主要来源于油酸、亚油酸、亚麻酸及花生四烯酸不饱和脂肪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^[14-15]。本实验 5 组兔腿样品的挥发性风味成分中,其中己醛的质量分数最高,这与前人报道的结果基本一致^[4,16]。但检测出的质量分数与种类明显低于前人的报道结果,可能与原料兔肉的品种和冷藏时间过长有关^[17-18]。这些醛类一共有 6 种,包括 3 种饱和醛、2 种不饱和醛和 1 种芳香醛。

随着腌制时间的增加,来自亚油酸和油酸氧化降解产生的醛类如己醛等物质的相对质量分数和峰面积均呈现先上升后下降的趋势,可能是由于腌制液中的某些活性成分抑制了脂肪氧化产物的生成。

表 1 不同腌制时间兔腿的 GC-MS 分析结果
Table 1 GC-MS analysis results of volatile flavor compounds

质量分数/%

	保留时间	化合物名称	分子式	相似度	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h
醛类	6.33	己醛	C ₆ H ₁₂ O	96	33.66	40.15	40.32	40.68	40.17
	11.56	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	94	0.43	1.44	0.88	0.82	0.53
	15.53	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	80	4.57	4.35	4.32	6.09	5.26
	19.22	癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	91	1.46	1.52	1.63	1.48	1.42
	27.5	2-丁基-2-辛烯醛	C ₁₂ H ₂₂ O	95	—	1.25	1.33	1.26	1.26
	31.98	肉豆蔻醛	C ₁₄ H ₂₈ O	94	—	0.19	0.49	0.20	0.14
	总计				41.58	48.90	48.97	50.53	49.78
烃类	5.61	甲苯	C ₇ H ₈	80	0.88	—	—	0.14	—
	10.37	α-水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	78	—	0.75	0.75	0.35	0.52
	10.38	2-甲基-5-(1-甲基乙基)- 双环[3.1.0]-2-己烯	C ₁₀ H ₁₆	90	—	0.60	0.16	0.44	0.83
	11.92	3-亚甲基-6-(1-甲基乙基)环己烯	C ₁₀ H ₁₆	87	—	0.31	0.42	0.54	0.66
	12.69	月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	94	—	2.33	2.39	2.60	1.88
	12.997	p-伞花烃	C ₁₀ H ₁₄	97	2.13	3.95	3.24	3.37	3.30
	13.08	双戊烯	C ₁₀ H ₁₆	87	—	—	—	—	2.74
	13.41	2-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	83	—	—	—	—	1.26
	13.74	1-甲基-4-(1-甲基乙基)- 1,3-己二烯	C ₁₀ H ₁₆	97	—	0.56	1.09	0.76	0.31
	13.75	O-异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	97	—	1.49	1.61	1.78	0.50
	13.75	2-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	97	—	0.48	0.77	1.08	0.62
	14.32	右旋萜二烯	C ₁₀ H ₁₆	98	1.60	2.70	4.43	2.89	2.92
	14.49	辛烷	C ₁₀ H ₁₈ O	93	0.53	0.76	0.92	1.14	0.83
	14.84	4-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	97	—	0.46	—	0.19	—
	14.85	反式-β-罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	94	—	—	0.53	0.42	0.24
	15.3	罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	97	—	0.69	0.85	0.62	0.94
	15.72	萜品烯	C ₁₀ H ₁₆	96	—	0.51	0.81	0.88	0.40
	17.07	1-甲基-4-(1-甲基乙基)苯	C ₁₀ H ₁₂	97	0.94	1.31	1.3	1.76	1.62
	18.66	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	C ₁₀ H ₁₆	94	—	0.95	0.24	0.29	0.88
	23.06	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	C ₁₀ H ₁₆	97	—	1.32	1.08	1.54	1.66
	26.56	2-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	91	—	0.85	0.67	0.78	0.29
	总计				6.08	20.22	21.26	21.57	24.40
酮类	12.95	4-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮	C ₉ H ₁₄ O	87	0.09	—	—	—	0.10
	20.82	左旋香芹酮	C ₁₀ H ₁₄ O	91	—	—	0.44	—	0.16
	21.34	胡椒酮	C ₁₀ H ₁₆ O	96	—	2.79	2.17	2.42	2.64
	22.72	2,5-辛二酮	C ₈ H ₁₄ O ₂	78	0.47	0.15	0.13	0.51	0.32
	22.73	2-甲基-5-(1-甲基乙基)- 2-环己烯-1-酮	C ₁₀ H ₁₄ O	90	0.50	0.11	0.32	0.21	0.43
	27.5	右旋香芹酮	C ₁₀ H ₁₄ O	97	0.46	0.59	0.15	0.21	0.30
	总计				1.52	3.64	3.21	3.35	3.95
醇类	12.52	2-十二烯醛醇	C ₁₂ H ₂₂ O	78	—	—	0.97	—	—
	13.61	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	96	—	2.22	2.28	2.69	2.31
	17.68	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇	C ₁₀ H ₁₈ O	97	—	2.05	3.05	3.91	3.89

续表 1 质量分数/%

	保留时间	化合物名称	分子式	相似度	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h
	17.92	4-萜烯醇	C ₁₀ H ₁₈ O	93	0.63	1.02	1.02	1.03	1.27
	20.49	(-)-4-萜品醇	C ₁₀ H ₁₈ O	97	—	2.66	2.07	2.65	2.39
	21.07	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	90	—	0.43	0.62	0.53	0.68
	总计				0.63	8.38	10.01	10.81	10.54
酯类	17.68	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇丙酸酯	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	91	—	1.34	—	1.94	—
	21.46	丁酸-1-乙基-1,5-二甲基-4-己烯基酯	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	91	—	—	3.33	—	—
	26.56	乙酸松油酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	91	—	0.23	0.49	—	—
	27.17	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇乙酸酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	91	—	0.22	0.29	0.4	0.28
	27.87	乙酸薰衣草酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	90	—	0.12	—	—	—
	27.89	乙酸香叶酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	91	—	0.3	0.22	0.2	0.24
	37.64	9,12-十八碳二烯酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	99	0.43	—	—	—	—
	37.73	8-油酸甲酯	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	97	0.51	—	—	—	—
	40.21	十六烷酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	95	0.39	0.1	—	—	0.03
	总计				1.33	2.31	4.33	2.54	0.55
酸类	35.08	十三酸	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	83	1.22	—	—	—	—
	36.3	反油酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	95	1.84	—	1.85	1.29	1.56
	40.9	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	99	2.85	2.16	2.06	2.58	2.87
	43.76	反式-9-十八碳烯酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	99	—	1.62	—	—	—
	43.78	顺式十八碳-9-烯酸	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	99	—	—	—	0.79	0.38
	44.02	正十五烷酸	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	93	—	1.87	—	—	—
	44.02	硬脂酸	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	99	—	—	—	—	1.15
	总计				5.91	5.65	3.91	4.66	5.96
醚类	21.18	草蒿脑	C ₁₀ H ₁₂ O	98	0.87	1.03	1.47	1.23	1.13
	24.11	茴香脑	C ₁₀ H ₁₂ O	98	0.97	1.42	0.69	1.42	1.93
	总计				1.84	2.45	2.16	2.65	3.06
其他	9.75	2-正戊基呋喃	C ₉ H ₁₄ O	80	0.63	0.71	0.64	0.81	0.61
	26.05	6-甲基-5,6,7,8-四氢-4-羟基蝶啶	C ₇ H ₁₀ N ₄ O	80	—	—	—	0.33	—
	26.06	4-叔丁基苯硫酚	C ₁₀ H ₁₄ S	81	—	—	0.47	—	—
	总计				0.63	0.71	1.11	1.14	0.61

注:“—”代表未检出

2.2.3 腌制时间对烃类物质的影响 烃类物质主要来自于脂肪酸烷氧自由基的均裂^[19]。检测到的烷烃和芳香烃类物质在不同腌制时间之间的样品相差较大。但烷烃和芳香烃气味阈值较高,对卤兔腿风味贡献不大,烯烃的阈值较低并有特殊香气,对兔肉的风味有一定的贡献^[20]。对比对照组,腌制后新增加的烃类物质有萜品烯、罗勒烯和月桂烯。随着腌制时间的增加,烃类物质相对质量分数呈现先升高后降低的变化趋势,而芳烃类和烯烃类的变化无明显规律。

2.2.4 腌制时间对酮类物质的影响 脂肪氧化和美拉德反应是酮类物质产生的主要途径。一般认为酮类物质具有清香气味或奶油味、果香味,其中不饱和酮是动物特征味和植物油脂味的来源^[21-22]。检测到6种甲基酮,分别是左旋香芹酮、2,5-辛二酮、4-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮、右旋香芹酮、胡椒酮和2-甲基-5-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮。酮类物质的相对质量分数随腌制时间的增加而呈现先降低后增加的趋势。由于酮类的阈值远高于其同分异构体醛类^[23],且本实验中酮类物质的相对质

量分数较低,故对卤兔腿风味的贡献相对较小。

2.2.5 腌制时间对酯类物质的影响 脂质氧化产生的醇和游离脂肪酸之间的酯化作用是酯类最主要的来源^[24]。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^[4]。

作者共检测出酯类物质 9 种。在检出的酯类物质中,乙酸香叶酯有清甜的香柠檬果香及甜润的玫瑰、薰衣草样香气,乙酸薰衣草酯有花香、草香香气^[25]。乙酸松油酯是松油醇的酯化产物,(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇乙酸酯是由橙花醇和乙酸酯化而成。这些酯类物质在对照组中没有产生,可能是由于在腌制过程中产生的。在对照组样品中,8-油酸甲酯的相对质量分数最高,可能与兔肉脂肪中油酸质量分数较高有关。实验 5 组样品中检测出的酯类类别和相对质量分数都相差较大,可能与萃取挥发性风味物质时,温度过高,酯类氧化有一定的关系。

2.2.6 腌制时间对羧酸类物质的影响 羧酸类物质主要从脂肪酸甘油酯和磷脂加热氧化或酶解产生的小分子脂肪酸。一般 C12 以上的直链羧酸挥发性低,对肉类的香味贡献小,而 C6~C11 羧酸的挥发性较高,对肉类风味有一定影响。检出羧酸的种类和含量较为丰富,在各个样品中均检测到了棕榈酸,可能是由十六烷酸甲酯酶分解而成。随腌制时间的增加,羧酸类物质的相对质量分数呈现无规律性变化,但质量分数均低于对照组,可能与腌制过程中腌制剂中的抗氧化成分有关。

2.2.7 腌制时间对醇类物质的影响 醇类物质一般认为来自脂肪氧化。5 组样品中检测出的醇类物质包括直链不饱和醇和支链醇。检测结果表明对照组含有的醇类种类和相对质量分数较少,而腌制处

理的样品中增加了很多腌制剂中特征性醇类,例如芳樟醇、 α -松油醇等。随着腌制时间的延长,醇类相对质量分数也有所增加,这与腌制剂中花椒、八角等香辛料的添加有直接的关系。

2.2.8 腌制时间对含氮及杂环化合物的影响 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,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。实验 5 组样品中均检测到 2-戊基呋喃。2-戊基呋喃是亚油酸氧化的产物,其气味阈值较低(6 $\mu\text{g/kg}$),具有豆香、果香和青香,是兔肉及其它肉制品的重要风味成分。

3 结 语

采用电子鼻和 GC-MS 技术对不同腌制时间的兔腿的挥发性风味成分进行了检测和分析。电子鼻分析结果表明,不同腌制时间的兔腿挥发性风味有一定的区分度。结合 GC-MS 进一步分析发现,总共测得挥发性风味物质 60 种,包括醛类 6 种、烃类 21 种、酮类 6 种、醇类 6 种、酯类 9 种、酸类 7 种、醚类 2 种以及 3 种其他类物质,腌制 0、12、24、36、48 h 的样品中挥发性风味物质的种类数量分别为 24、44、43、44 和 47 种。

5 组不同腌制时间处理的兔肉样品各类挥发性风味物质的种类和相对质量分数有一定的差异,但主要风味物质均为醛类、烃类和醇类,其中醛类物质相对含量最高,在 5 组样品中比例分别为 69.86%、53.00%、51.57%、51.96%和 51.94%,腌制 24 h 的样品醛类物质含量最低。在不同腌制时间条件下,腌制 36 h 的样品挥发性风味物质的相对质量分数最高。此外,酯类、醚类和酮类相对质量分数均较小,对兔肉风味物质贡献不大。

参考文献:

- [1] DALLE Z A, SZENDRO Z. The role of rabbit meat as functional food[J]. *Meat Science*, 2011, 88(3):319-331.
- [2] WANG Zhaoming, HE Zhifei, TAO Xiaoqi, et al. Box-behnken design-response surface methodology to optimize tumbling process of rabbit meat[J]. *Food Science*, 2015. (in Chinese)
- [3] FAN Jinshan. Present situation and development of rabbit meat processing [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2013, 34(9):77-78, 110. (in Chinese)
- [4] WANG Jun, HE Zhifei, LI Hongjun, et al. Determination of flavour compounds in rabbit meat by HS-SPME/GC-MS [J]. *Food Science*, 2013(14):212-217. (in Chinese)

- [5] HORNSTEIN I,CROWE P F. Meat flavor chemistry,flavor studies on beef and pork [J]. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**,1960,8(6):494-498.
- [6] DUAN Yan,ZHENG Fuping,YANG Mengyun,et al. Analysis on volatile flavor compounds in Dezhou Braised Chicken by ASE-SAFE/GC-MS/GC-O [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2014,14 (4):222-230. (in Chinese)
- [7] ZHANG Yijun,ZHENG Fuping,ZHANG Yuyu,et al. Analysis of volatile components in Daokou Roasted Chicken by MAE-SAFE-GC-MS[J]. **Food Science**,2014,35(22):130-134.(in Chinese)
- [8] QI Yanmei,SUN Baoguo,HUANG Mingquan,et al. Analysis of volatile compounds in Yueshengzhai Spiced Beef by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. **Food Science**,2010 (18):370-374. (in Chinese)
- [9] XU Xiaolan,CHEN Haitao,QI Yanmei,et al. Analysis of volatile compounds in Hutongfang Beijing-style Sauce Chicken by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. **Food Science**,2011 (22):237-242. (in Chinese)
- [10] WANG Li,ZHANG Li,SUN Baozhong,et al. Effect of curing time on the edible quality of yak quadriceps femoris and longissimus dorsi[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014(4):126-131.(in Chinese)
- [11] LIN Nan,LI Shengwei,TANG Rongqin,et al. The pickled process research of Baishiye Salted Duck [J]. **Journal of Anhui Agri Sci**,2015(14):239,244.(in Chinese)
- [12] HUANG Han,HE Zhifei,TAO Xiaoqi,et al. Analysis of volatile flavour compounds in different curings on Ira Rabbit with HS-SPME-GC-MS[J]. **Food Science**,2015.(in Chinese)
- [13] 夏延斌. 食品风味化学[M]. 北京:化学工业出版社,2008:79-83.
- [14] MORALES M L,OACUTE R M C,N,et al. Effect of storage time at low temperature on the volatile compound composition of Sevillana and Maravilla raspberries[J]. **Postharvest Biology & Technology**,2014,96(2):128-134.
- [15] XU Yixiu,ZHANG Min,SUN Jincai. Analysis of distasteful substance in Bayberry Juice by solid phase microextraction combined with GC-MS[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**,2012,31:1057-1061.(in Chinese)
- [16] CHEN Hongxia,HE Zhifei,ZHU Huimin,et al. Comparative application of head space-solid micro-extraction and simultaneous distillation extraction for GC-MS analysis of volatile components in IRA rabbit meat [J]. **Science and Technology of Food Industry**,2014(3):288-291.(in Chinese)
- [17] SU Yan,LIU Yuling,ZHOU Tao,et al. Effect of freeze-thaw cycles on the changes in volatile compounds of Chansi Rabbit,a traditional Chinese cured rabbit meat product[J]. **Food Science**,2015,16(36):158-162.(in Chinese)
- [18] LI Lin,LI Xingyan,SHANG Yongbiao,et al. Volatile flavor compounds in rabbit longissimus dorsi during Cold Storage Analyzed by GC-MS[J]. **Food Science**,2014(24):184-188.(in Chinese)
- [19] CHEN Jianliang,RUI Hanming,CHEN Haochuan. Comparison of volatile flavor characteristic of different kinds of chicken muscles[J]. **Modern Food Science and Technology**,2009,25:1129-1134.(in Chinese)
- [20] SHAHIDI F,RUBIN L J,D'SOUZA L A. Meat flavor volatiles;a review of the composition,techniques of analysis,and sensory evaluation.[J]. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**,1986,24(2):141-243.
- [21] C R C,J M H. A fresh look at meat flavor[J]. **Meat Science**,2007,77(1):63-80.
- [22] DA F. Odor and flavor compounds from lipids[J]. **Progress in the Chemistry of Fats & Other Lipids**,1972,13(4).
- [23] SIEK T J,ALBIN I A,SATHER L A,et al. Comparison of flavor thresholds of aliphatic lactones with those of fatty acids,esters, aldehydes,alcohols,and ketones I,2[J]. **Journal of Dairy Science**,1971,54:1-4.
- [24] LU Songtao,ZHAO Gaiming,LI Miaoyun,et al. Effects of syzygium aromaticum essential on flavor compounds of chicken[J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**,2011(11):20-25.(in Chinese)
- [25] LIU Yang,ZHANG Ning,XU Xiaolan,et al. Analysis of volatile compounds in chafingdish by simultaneous distillation extraction with gas chromatography mass spectroscopy [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**,2014,14:283-291.(in Chinese)