

不同烟熏烘烤方式对湘西腊肉挥发性成分的比较

钟昶茹¹, 周辉^{1,2}, 娄爱华^{1,2}, 罗青雯¹, 刘成国¹

(1. 湖南农业大学 食品科技学院, 湖南长沙 410128)

(2. 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南长沙 410128)

摘要: 以湖南湘西腊肉为研究对象, 比较工厂快速烘烤烟熏和农家传统风干烟熏过程对湘西腊肉挥发性成分的影响。采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术 (SPME-GC-MS), 分别对工厂快速烘烤方式的腌制结束、烘烤烟熏 2 d、6 d 三个阶段进行取样分析和农家传统风干烟熏的腌制结束、烟熏 5 d、15 d、30 d 后四个阶段的腊肉进行取样分析, 比较两种加工方式成品挥发性成分的差别。在工厂和农家加工过程中分别鉴定出 73 种和 76 种挥发性成分, 分析得出湘西腊肉大致挥发性成分为酯类、酸类、醛类、酮类、酚类和烃类。工厂加工腊肉成品中主体挥发性成分是酚类、醛类和烃类, 其相对含量分别为 62.50%、8.95% 和 5.08%; 农家加工腊肉成品中主要挥发性成分有酚类、酯类和烃类, 其相对含量分别为 14.80%、0.91% 和 0.68%。工厂加工成品的挥发性成分在种类和相对含量上均高于农家加工成品。

关键词: 湘西腊肉; 工厂快速烟熏; 农家传统烟熏; 挥发性成分

文章编号: 1673-9078(2015)7-361-371

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.7.056

Comparison between Volatile Compounds in Fast, Factory Dry-smoked and Traditional Air Dry-smoked Xiang-xi Chinese Bacon

ZHONG Yi-ru¹, ZHOU Hui^{1,2}, LOU Ai-hua^{1,2}, LUO Qing-wen¹, LIU Cheng-guo¹

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

(2. Hunan Province Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Changsha 410128, China)

Abstract: The main volatile compounds in traditional Xiang-xi Chinese bacon produced by rapid dry-smoking in a factory and traditional air dry-smoking were analyzed. Solid-phase microextraction (SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to determine the volatile compounds. Samples were obtained at end of curing, 2 and 6 days after drying and smoking for factory products, and after 5, 15, and 30 days for traditional dry-smoked products. The differences between finished products in the volatile flavor compounds were also compared. In total, 73 and 76 distinct volatile compounds were identified from factory products and traditional air-dried products, respectively. The main compounds in Xiang-xi Chinese bacon were esters, acids, aldehydes, ketones, phenols, and hydrocarbons. The main compounds in finished factory products were phenols (62.50%), aldehydes (8.95%), and hydrocarbons (5.08%), and in air-dried finished bacon were phenols (14.80%), esters (0.91%), and hydrocarbons (0.68%). The variation and relative contents of volatile compounds were higher in factory products than that in air-dried products.

Key words: Xiang-xi Chinese bacon; factory fast dry-smoking; traditional air dry-smoking; volatile compounds

腊肉是我国的传统腌腊肉制品, 具有诱人的色泽, 特有的腌肉香味和良好的保藏性, 受到很多消费者喜爱, 在我国消费量非常巨大^[1]。湖南省是中国肉类食品生产大省, 其加工肉制品中 80% 以上是传统腌腊制品, 以湘西腊肉最具有代表性。湘西腊肉主要是以畜肉为主要原料, 经选料、腌制、晾晒、熏烤等工

收稿日期: 2014-07-09

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303082)

作者简介: 钟昶茹 (1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏

通信作者: 刘成国 (1964-), 男, 副教授, 研究方向为农产品加工

艺加工而成, 具有其独特的烟熏风味和良好的口感, 是湖南的传统特色食品之一。传统的湘西腊肉主要是农家每年冬至到来年立春这段时间加工, 在这一时期, 由于环境温度低, 空气干燥, 有利于腊肉的腌制和干燥。传统腊肉加工的周期长, 大多凭借加工者的经验, 质量不稳定。为了适应科技的发展, 一些规模化生产企业已开始对湘西腊肉进行规模化生产, 但由于缺乏系统的理论指导, 工厂化生产的腊肉的挥发性成分与传统农家生产的腊肉有较大的差异。

在腊肉加工过程中会生成一系列的挥发性物质, 让腊肉具有色泽美观、风味浓郁的特点。近年来, 国

内外学者对不同地区腊肉加工生产过程中的挥发性物质变化进行了相关研究,如朱建军等^[2-3]对贵州腊肉加工过程中挥发性成分变化做了较深入研究,分析得出贵州传统与现代工艺腊肉挥发性成分种类除烃类外,其他的都相差不大,而相对含量差异较大;赵冰等^[4]研究发现醇类、醛类和酯类物质是广式腊肉最重要的挥发性成分;尚永彪等^[5]以重庆农家腊肉为对象,确定了其主体挥发性成分为酚类、羰基类、醇类和酯类化合物。国外学者对烟熏腊肉挥发性成分的变化也有相关研究^[6-7]。但是,关于不同的生产方式对湘西腊肉挥发性成分的影响却未见系统研究。

为了分析工厂化生产的腊肉和农家腊肉挥发性成分的差异,本研究以湖南湘西腊肉为研究对象,比较工厂快速烘烤烟熏和农家传统烘烤烟熏两种生产方法腊肉挥发性成分的差异,找出腊肉烘烤烟熏过程中挥发性成分的形成规律,为工厂化生产优质的湘西腊肉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验猪肉选自湖南怀化本地黑猪(♀)与约克夏(♂)的杂交商品猪,屠宰体重为90kg左右,饲养周期为8个月。将实验猪屠宰后在4℃的温度下冷却成熟24h,然后进行分割,取背部和腹部(第3根肋骨至腰椎)作为实验原料肉。将带背最长肌的腹部肉分割宽5cm、长度为20cm的肉条。所有肉条随机分为6组,每个处理3组作为重复。

食盐(市售,购自湖南长沙湘桦连锁超市)、亚硝酸钠、D-异抗坏血酸钠(郑州拓洋实业有限公司)

1.2 仪器与设备

气相色谱-质谱联用仪:Agilent 6890 GC-5973MSD(美国Agilent公司);固相微萃取器:50/30um DVB/CAR/PDMS(美国SPELCO公司);集热式磁力加热搅拌器:DF-101S(金坛市医疗仪器厂);电子天平:TE212-L(德国Sartorius公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 湘西腊肉的腌制方法

用3.5kg的食盐、10g亚硝酸钠、150gD-异抗坏血酸钠混合均匀配置成腌制剂用于100kg原料肉腌制备用。腌制方法采用传统干腌法,将腌制剂均匀涂抹在肉的表面,然后放入不锈钢腌制容器中,一层层叠好,放在4~6℃的温度进行腌制,每24h上下翻动一

次。腌制时间为5d。

1.3.2 实验腊肉的烘烤烟熏方法

(1)湘西腊肉工厂化烘烤烟熏工艺 样品腌制完成后,在10℃下自然晾干1d,然后在烘烤房内进行烘烤和烟熏,烘烤温度50℃,初期每2h排湿一次,每次10min,烘烤24h后,将温度降至45℃,每5h用排气扇排湿一次。烟熏材料为锯末、橘子树枝、甘蔗渣等混合材料。烘烤烟熏熏制6d。烘烤烟熏完成后自然风干24h,真空包装成品。

(2)湘西腊肉农家烘烤烟熏工艺 样品腌制完成后挂在通风处晾1d;将晾好的肉挂于土灶上,放入木材、木屑等熏材点燃熏制30d,待腊肉呈金黄色时,取出挂于通风处风干。

1.3.3 取样及样品处理方法

工厂化烘烤烟熏的样品在腌制结束时(样品A)、烘烤烟熏的第2d(烘烤至半干,样品B)和烘烤烟熏完成后(第6d,样品C)分别取样,农家烘烤烟熏的腊肉在腌制结束时(样品D)、烘烤烟熏第5d(样品E)、第15d(半干样品,样品F)和第30d(成品,样品G)分别取样,每组取20g,混合捣碎后用于风味成分的分析。

1.3.4 挥发性成分提取

分别取样品A、B、C、D、E、F、G各5g,置于50mL固相微萃取仪采样瓶中,插入装有50/30um DVB/CAR/PDMS纤维头的手动进样器,在集热磁力搅拌器中85℃水浴加热萃取30min,在气相色谱仪进样口(温度250℃)解吸15min。

1.3.5 GC-MS 检测条件

气相色谱条件:色谱柱:ZB-5MSI 5% Phenyl-95% DiMethylpolysiloxane 弹性石英毛细管柱;进样口:250℃,不分流;载气:He气;柱流速:1mL/min;初温50℃,保持1min,3.5℃/min升温至220℃,保持20min。

质谱条件:离子源温度:230℃,四级杆温度150℃,电子轰击能70eV,扫描范围15-550m/z,辅助温度280℃。

1.3.6 定性定量方法

定性分析:化合物经计算机检索与计算机标准谱图库NIST中的数据相符(最大值1000),相似指数(SI)800以上为确认化合物。

定量分析:利用谱图库数据处理系统按峰面积归一化法对化合物进行定量分析,求得各个化学成分在样品挥发性风味物质中的相对含量。

2 结果与分析

2.1 湘西腊肉工厂化烘烤烟熏过程中各类挥发

性成分测定结果

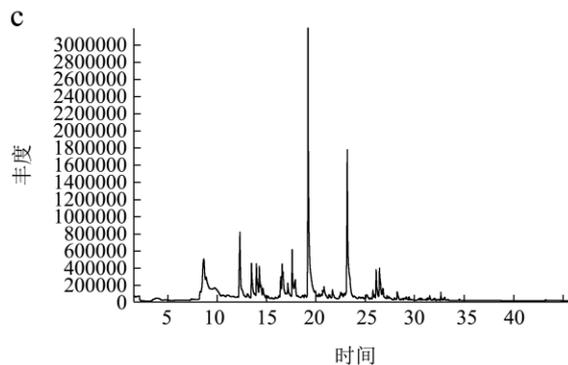
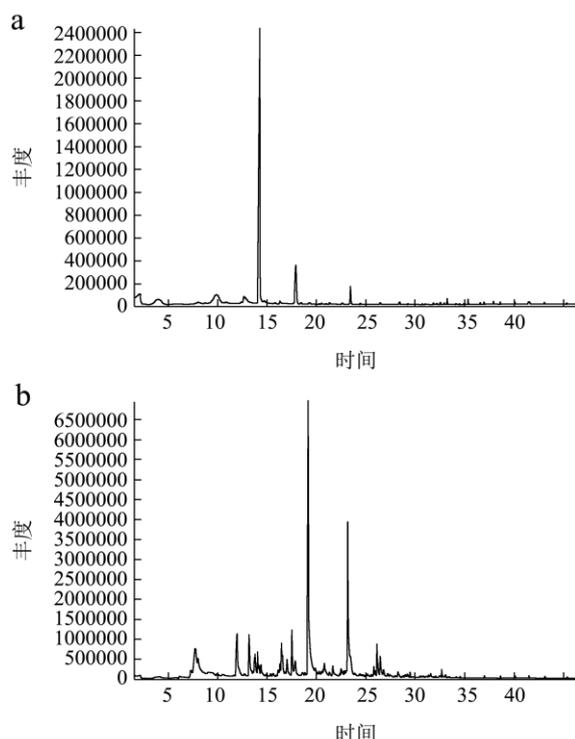


图1 湘西腊肉工厂化烘烤烟熏过程中挥发性成分的GC-MS离子流谱图

Fig.1 GC-MS Total ion chromatography of volatile compounds of Xiang-xi factory dry-smoked bacon during processing

注: a: 样品A, b: 样品B, c: 样品C。

经 SPME-GC-MS 检测分析, 得出湘西腊肉工厂化烘烤烟熏过程中样品 A (腌制后)、B (烘烤烟熏第 2 d, 半干样品)、C (烘烤烟熏第 6 d, 成品) 挥发性成分总离子图见图 1。总离子图经图库解析, 湘西腊肉工厂化烘烤烟熏过程中样品 A、B、C 挥发性成分和相对含量见表 1。

表 1 湘西腊肉工厂加工过程中挥发性成分及相对含量

Table 1 Volatile compounds and their relative contents in Xiang-xi factory dry-smoked bacon during processing process

种类	序号	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%		
				样品 A	样品 B	样品 C
内酯类	1	14.285	丁内酯	47.23		
酯类	2	32.568	4,5,6,7-四氢-6-(4-乙氧基苯基)-3-甲基-4-氧代-1H-吡啶-2-甲酸丙酯	0.12		
	3	33.255	2,2-二甲基-1,3-戊二醇异丁酸酯	0.32		
酸类	4	1.943	半胱亚磺酸	3.06		
	5	20.095	苯甲酸	0.22		
	6	21.363	苯乙酸			0.15
	7	27.659	1,2-苯并异噻唑-3-甲基乙酸		0.05	
	8	31.939	7-氨基-乙基-1,2,4-三唑并[1,5-a]嘧啶-6-羧酸		0.04	
	醛类	9	9.780	5-甲基-2-糠醛		12.97
10		12.673	苯甲醛	2.63		
酚类	11	8.748	苯酚			2.20
	12	15.791	3-甲基苯酚		2.09	2.07
	13	16.253	4-甲基苯酚		3.13	2.82
	14	16.751	2-甲基苯酚		2.16	4.07
	15	17.415	对甲氧基苯酚		7.26	0.88
	16	17.463	2-甲氧基苯酚		21.52	30.42
	17	21.008	2,5-二甲基苯酚		0.92	2.53
	18	21.233	2,6-二甲基苯酚		0.17	

转下页

接上页

	19	22.087	2-甲氧基-4-甲基苯酚	13.87	14.42
	20	22.217	3-甲氧基-2-甲基苯酚		0.15
	21	23.984	2,6-二甲基-1,4-苯二酚		0.47
	22	26.189	4-乙基-2-甲氧基苯酚	1.37	1.76
	23	28.299	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	0.25	0.39
	24	29.212	2-甲氧基-4-丙烯基苯酚		0.22
	25	32.674	(E)-2-甲氧基-4-(1-丙烯基苯酚)		0.11
	26	39.338	4,4-(1-甲基亚乙基)双苯酚		0.47
	27	36.563	1,7-二甲基-[3R-(3,4a,5,7,8a)]十氢-3,5-乙醇喹啉-10-酮		0.11
	28	20.415	3,4,5-三甲基-2-环戊烯-1-酮		0.11
酮类	29	20.628	2,3,4-三甲基-2-环戊烯酮		0.17
	30	29.046	2,3-二氢-1H-茚酮		0.15
	31	30.611	2,3-二氢-N-羟基-4-甲氧基-3,3-二甲基-吡啶-2-酮		0.05
	32	4.610	2,5-二甲基-2,4-己二烯		0.25
	33	4.824	1,2-二甲基-3-亚甲基-反环戊烷		0.08
	34	4.930	1,2-二甲基环戊烷		0.02
	35	5.002	1,2-二甲基-3-亚甲基-环戊烷		0.07
	36	5.322	2,3-二甲基-1,4-己二烯		0.03
	37	5.405	四乙基甲二胺环丙烷		0.05
	38	5.488	2,5-二甲基-1,3-己二烯		0.01
	39	5.642	4-甲基-1,3-庚二烯		0.05
	40	5.891	1-(1-甲基乙基)环戊烯		0.01
	41	6.152	3,5-二甲基环己烯		0.14
	42	6.685	3-辛炔		0.02
	43	6.851	1,2-二甲基环己烯		0.09
	44	7.100	3,4-二甲基-(Z,Z)-2,4-己二烯		0.06
烃类	45	7.385	3,4-二甲基-2,4-己二烯		0.02
	46	7.444	1,2-二甲基环己烷		0.04
	47	7.705	3,5-二甲基环己烷		0.13
	48	8.890	反式-3,5-二甲基环己烯		0.03
	49	9.199	八氢-4,7-亚甲基-1H-茚		0.10
	50	9.875	1-甲氧基-1,3-环己二烯	0.66	1.52
	51	12.044	1,2-戊二烯		0.57
	52	21.446	1,6-二甲基-1,3,5-三烯		0.33
	53	25.845	3,4-二甲氧基甲苯	0.53	0.93
	54	26.414	2,6,6,9-四甲基-三环[5.4.0.0(2,8)]十一碳-9-烯		0.21
	55	26.568	1-(1,1-二甲基乙基)-4-(2-乙氧基)-苯	0.13	
	56	28.726	2-甲基-5-(4-咪唑基)-2,5-二烯-1,4-二酮-环己烷		0.07
	57	32.058	1-甲基-4-(1,2,2-三甲基环戊基)-(R)-苯		0.05
	58	33.066	5,6,7,8-四甲基-1,2,3,4-四氢萘		0.06
	59	2.405	5-甲基-2-苯基-1H-咪唑	0.04	
其他	60	10.147	4-甲基-2-乙基-1H-咪唑		0.49
	61	10.373	5-甲基嘧啶		0.95

转下页

接上页

62	10.586	乙烯吡喃			0.36
63	11.357	N-(2-乙基苯基)-丙基碳酸甲酰胺	0.06		
64	14.866	5,6-二氢-2-甲基-2H-吡喃		0.75	
65	16.075	硝基邻苯二甲酰肼	0.06		
66	20.059	2-乙基吡啶	0.09	0.02	
67	22.181	2-乙基-3-甲氧基吡嗪		0.20	0.17
68	22.632	2-亚甲基戊二腈	0.20		
69	24.493	4-(4-甲氧基苯氧基)-1,2,5-噁二唑-3-胺		0.07	
70	26.473	苯并噻唑	0.18		
71	28.691	9H-芴-2-羧酸-9-氧-2-羟乙基-甲酰胺		0.02	
72	30.362	1-甲基-4-[4,5-二羟苯基]-六氢吡啶		0.24	0.04
73	37.879	3-氨基-6-甲基-噻吩[2,3-b]吡啶-2-甲酰胺	0.05	0.46	0.12

从表1中可以发现,在湘西腊肉工厂烘烤烟熏过程中,共鉴定出73种挥发性成分,主要为内酯类、酸类、醛类、酮类、酚类、烃类化合物,还有一些其他类杂环化合物。在对工厂化生产不同阶段的腊肉挥发性成分分析发现,不同阶段检测出的挥发性成分的种类和相对含量也存在差异,其分析结果见表2。

由表2知,在样品A、B、C中分别鉴定出挥发性成分14、30、47种,加工过程中挥发性成分种类逐渐增加。在腌制后的样品A中,检测到2种酯类物质和1种内酯类物质,总的相对含量为47.67%,其中丁内酯相对含量为47.23%,而在样品B、C中都未检测到酯类和内酯类物质。检出的丁内酯可能来源于羧酸的脱水和结晶,它具有奶油、脂肪和果香的气味,说明内酯类是腌制后的湘西腊肉中相对含量最高也是最重要的挥发性风味物质。在工厂腊肉加工过程中酸类物质的种类和相对含量也均降低。在工厂加工的样品A、B、C中分别检出了0、12、13种酚类物质,其相对含量也逐渐增加,说明酚类物质的种类和相对含量均随着烟熏时间的延长而增加,而未经过烟熏的猪肉中不存在酚类物质或是含量很低。这与吴金凤等^[8]的研究结论一致,并认为酚类物质是烟熏腊肉挥发性成分中对风味贡献最大的物质。从表2可知,3个样品中总共检测出了27种烃类物质,是湘西腊肉工厂化烘烤烟熏过程挥发性成分中种类最多的一类,而随着烟熏工艺的进行和烟熏时间的延长,烃类的种类和相对含量逐渐增加。在腌制后的样品A中,只检测到苯甲醛一种醛类物质,其相对含量为2.63%,苯甲醛是一种简单的芳香醛,具有苦杏仁、樱桃和坚果香气,是湘西腊肉腌制过程中一种较重要的风味物质。在样品B和样品C中,都只检测到5-甲基-2-糠醛一种醛类物质,相对含量分别为12.97%和8.95%,在腊肉的整体风味物质中占了较重的比例。5-甲基-2-糠醛具

有焦糖香、木香和烘烤食品的香味,也是工厂化烘烤烟熏过程挥发性成分中重要的风味物质。在工厂加工的3个阶段的样品中,其他类挥发性物质主要包括酰胺、噻唑、咪唑、吡喃、吡嗪、呋喃、噻啶及含硫化合物等。

由上述分析可知湘西腊肉工厂烘烤烟熏过程中主要挥发性成分的变化规律。在加工过程中,酚类和烃类的种类和相对含量明显增多,酯类内酯类和酸类的种类和相对含量均降低,醛类、酮类和其他类的种类和相对含量变化不显著。

表2 湘西腊肉工厂加工过程中挥发性成分种类及相对含量

Table 2 Kinds and relative contents of volatile compounds in Xiang-xi factory dry-smoked bacon during processing process

挥发性成分	样品A		样品B		样品C	
	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%
内酯类	1	47.23	0	0.00	0	0.00
酸类	2	3.28	2	0.09	1	0.15
醛类	1	2.63	1	12.97	1	8.95
酮类	0	0.00	3	0.33	2	0.26
酚类	0	0.00	12	53.32	13	62.50
烃类	1	0.13	4	1.47	25	5.08
其他	7	0.68	8	2.23	5	1.64

2.2 农家烘烤烟熏湘西腊肉生产过程中各类挥发性成分测定结果

经SPME-GC-MS检测分析,得出湘西腊肉农家烘烤烟熏过程中样品D(腌制结束)、E(烘烤烟熏第5d)、F(烘烤烟熏第15d,半干样品)、G(烘烤烟熏第30d,成品)挥发性成分总离子图见图2。总离子图经图库解析,湘西腊肉农家烘烤烟熏过程中样品D、

E、F、G 挥发性成分及相对含量结果见表 3。

由表 3 可知，在湘西腊肉农家烘烤烟熏过程中，共鉴定出 76 种挥发性成分，其种类跟工厂烘烤烟熏过程中的成分种类差不多，主要为酯类、酸类、醛类、酮类、酚类、烃类化合物还有一些其他类杂环化合物。

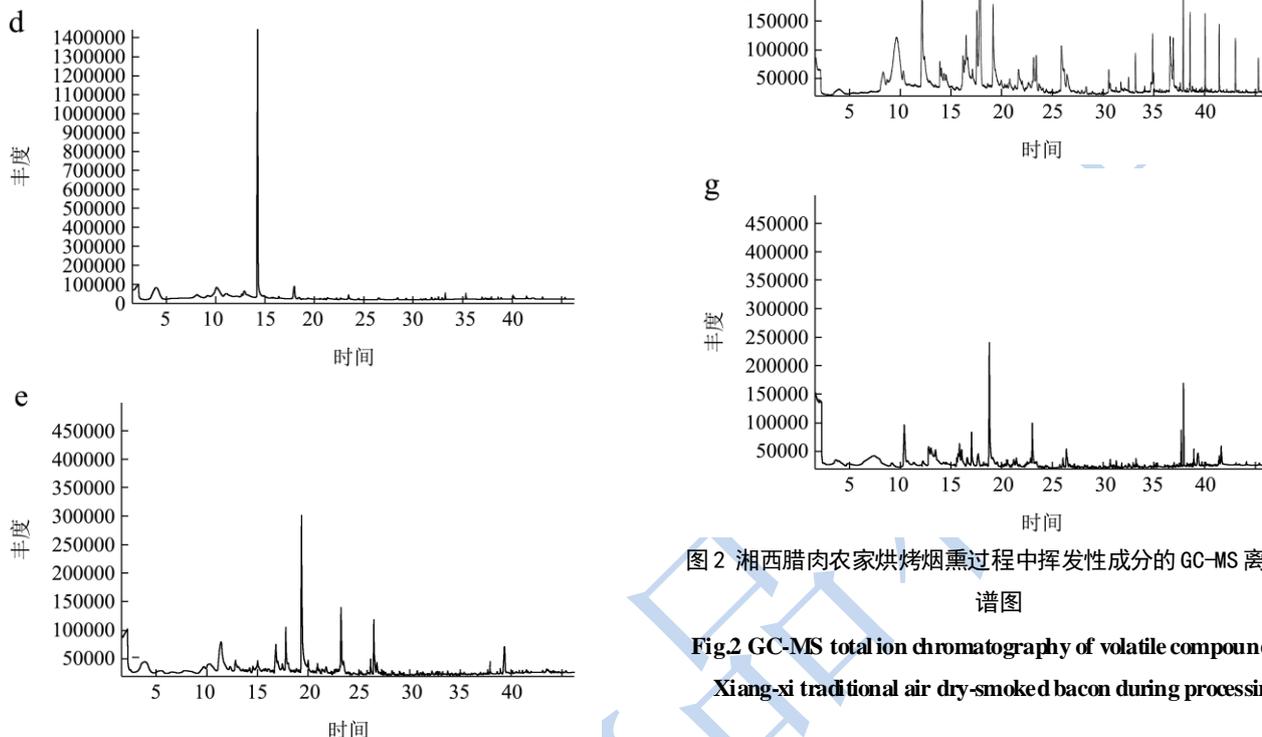


图 2 湘西腊肉农家烘烤烟熏过程中挥发性成分的 GC-MS 离子流谱图

Fig.2 GC-MS total ion chromatography of volatile compounds in Xiang-xi traditional air dry-smoked bacon during processing

表 3 湘西腊肉农家加工过程中挥发性成分及相对含量

Table 3 Identification of volatile compounds and their relative contents in Xiang-xi traditional air dry-smoked bacon during processing process

种类	序号	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%			
				样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
内酯类	1	13.965	丁内酯			0.51	
	2	9.614	甲酸苯酯				0.58
	3	9.673	乙酸苯酯				0.33
	4	15.732	N-苯基-(3-甲基-2-环氧基)甲基氨基甲酸酯		0.08		
	5	33.232	2,2-二甲基-1-(1,1-二甲基乙基)-戊二醇丁酸酯			0.89	
酯类	6	1.753	半胱亚磺酸	0.43			
	7	1.883	氨基甲磺酸	0.64			
	8	20.000	苯甲酸			0.70	
	9	27.801	[4-(1,1-二甲基乙基)苯氧基]-甲基乙酸		0.06		
	10	41.483	6-(4-乙基苯基)-3-甲基-4-氧-4,5,6,7-四氢化异丙基-1H-吡啶-2-羧酸	3.79			
醛类	11	12.708	苯甲醛	2.89			
酚类	12	12.187	苯酚			4.35	3.06
	13	15.886	邻甲基苯酚		0.34		
	14	16.550	2-甲基苯酚		1.27		1.49

转下页

接上页

	15	16.941	3-甲基苯酚		3.40	0.64
	16	17.593	4-甲基苯酚		1.26	2.52
	17	19.265	2-甲氧基苯酚	0.94	1.75	2.85
	18	19.798	对甲氧基苯酚		0.13	2.94
	19	20.332	2,5-二甲基苯酚		0.92	
	20	20.984	2,4-二甲基苯酚			0.33
	21	21.778	2,3-二甲基苯酚			0.27
	22	23.296	2-甲氧基-4-甲基苯酚	2.25	0.87	2.27
	23	26.165	4-乙基-2-甲氧基苯酚			0.64
	24	31.311	2,6-二甲氧基苯酚		0.27	0.23
	25	31.323	2,6-二甲基苯酚			0.41
	26	32.686	2-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯酚	0.15		
	27	34.133	2,6-二(1,1-二甲基乙基)-4-(1-异丙基)苯酚			0.83
	28	3.377	4-氢-1,7-二甲基-[3R-(3,4a,5,7,8a)]-3,5-乙醇喹啉-10-酮			0.01
	29	14.107	3-甲基-2-环戊烯-1-酮			0.68
	30	18.945	2,3-二氢-N-羟基-4-甲氧基-3,3-二甲基-咪唑-2-酮	0.15		0.06
酮类	31	19.727	2,3,4-三甲基-2-环戊烷-1-酮			0.25
	32	19.786	2,3,4-三甲基-2-环戊烯酮			0.22
	33	28.975	2,3-二氢-1-茛酮			0.40
	34	30.599	2,6-二(1,1-二甲基乙基)-2,5-环己二烯-1,4-二酮			1.00
	35	5.310	6,6-二甲基-1-2-亚甲基-(1S)-二环[3.1.1]庚烷		0.27	
	36	8.772	1,3-二甲基-1-环己烯			0.45
	37	8.950	D-柠檬烯		26.52	
	38	9.507	柠檬烯		17.15	1.28
	39	11.783	1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)环己烯		0.72	
	40	12.246	1-甲基-3-异丙基苯		5.20	
	41	12.601	邻-异丙基苯		1.11	
	42	12.720	1-乙基-3,5-二甲基苯		1.50	
烃类	43	12.779	1-甲基-4-异丙基苯		1.04	
	44	12.874	1-乙基-2,3-二甲基苯		0.77	
	45	12.981	1,4-二甲基-2-乙基苯		0.71	
	46	13.514	4-异丙基甲苯		2.87	
	47	15.044	反-3-乙氧基-b-甲基-b-硝基苯乙烯	0.14		
	48	16.727	1-甲基-4-(1-甲基乙烯基)苯		4.30	
	49	17.166	1,2-二甲基环己烯			1.10
	50	17.498	2-甲基-1-苯丙烯		0.58	
	51	17.913	2-丁烯基苯		1.03	

转下页

接上页					
52	21.873	螺[双环[2.2.1]庚烷-5-烯-2,1'-环丙烷]			0.40
53	23.083	1-亚甲基-1H-茚			0.34
54	25.205	1-甲氧基-4-(1-丙烯基)苯	2.78		
55	26.995	1-甲基-萘			0.25
56	27.090	2-甲基-萘			0.30
57	28.038	苯并环庚三烯			0.13
58	35.852	反式,反式-3-乙基双环[4.4.0]癸烷			0.36
<hr/>					
59	2.025	2-甲基-硫代硫酸二氢嘧啶	5.29		
60	2.654	1-甲基-4-[4,5-二氢苯基]-六氢吡啶	0.01		0.68
61	7.290	4-(4-甲氧基苯氧基)-1,2,5-噁二唑-3-胺			0.05
62	8.274	反-4-(2-(5-硝基-2-呋喃基)乙烯基)-氨基喹啉	0.28	0.19	
63	9.756	1-[(1H-吡咯-2-羰基)氧]-丁二酰亚胺			0.41
64	14.582	苯甲腈			0.57
65	15.826	1,2-苯并异噻唑-3-胺	0.18		
66	20.332	2-乙基吡啶	0.09		
其他		N-(2-乙基苯基)-丙基-碳酸单酰胺		0.05	
67	20.604				
68	21.280	1-甲基-1-苯基-肼			0.23
69	21.695	己烯二氧			0.84
70	23.723	甲酰吗啉			0.39
71	24.659	2-甲基-5-(4-吗啉基)-苯醌			0.14
72	25.940	苯并噻唑			2.54
73	26.213	1,2-苯并噻唑			0.66
74	28.856	4-苯基-吡啶并[2,3-d]嘧啶			0.04
75	31.085	3-硝基邻苯二甲酰肼			0.08
76	41.839	3-氨基-6-甲基-噻吩[2,3-b]吡啶-2-甲酰胺	0.10	0.84	0.17

由表 4 可知, 在样品 D、E、F、G 中分别鉴定出挥发性成分 12、24、30、26 种。在农家腌制后的样品 D 中基本未检出酚类物质, 而烘烤烟熏之后的样品 E、F、G 中检出的酚类物质随着腊肉烟熏时间的延长, 其种类和相对含量也迅速增长, 所以腊肉中的酚类物质主要来源于烟熏材料燃烧受热后的挥发成分。在 4 个加工阶段的 D、E、F、G 样品中分别鉴定出 1、3、11、11 种酚类物质, 说明酚类物质的种类随着烘烤烟熏时间的延长而增加。而酚类物质的相对含量在前期增加的速度高于后期, 可能由于在烟熏后期, 腊肉表明越来越干燥, 吸附酚类物质的能力降低。在农家加工的腊肉样品中, 主要呈香酚类物质是苯酚、2-甲基苯酚、4-甲基苯酚和 2-甲氧基-4-甲基苯酚。由表 4 可看出, 农家腌制后的样品 D 中, 检测出 3 种酸类物质, 相对含量为 4.86%, 是农家腌制之后的样品中相对含

量较高的挥发性物质。而样品 E、F、G 中检测出酸类物质的种类和相对含量都极少, 说明随着农家烟熏工艺的进行和烟熏时间的延长, 湘西腊肉中的酸类物质越来越少。由表 3 可知, 在农家腌制后的样品 D 中, 只检测到苯甲醛一种醛类物质, 其相对含量为 2.89%, 而在农家烟熏过程中的样品 E、F、G 中, 并未检测到醛类物质, 说明在农家烟熏湘西腊肉挥发性成分形成过程中, 醛类的贡献不显著。农家腊肉加工 4 个阶段的样品中共检测出了 24 种烃类物质, 是湘西腊肉挥发性成分中种类最多的一种。从表 4 中还可以发现, 在农家烟熏 5d 的样品 E 中, 检测到 15 种烃类物质, 其相对含量为 66.55%, 是整体挥发性成分中相对含量最高的物质。其中主要的呈味烃类物质是 D-柠檬烯和柠檬烯, 相对含量分别为 26.52% 和 17.15%, D-柠檬烯和柠檬烯都是具有新鲜橙子香气及柠檬样香气的单萜

类化合物。随着烟熏时间的延长,农家加工湘西腊肉中的烃类物质种类和相对含量逐渐减少。其他类风味物质主要有喹啉、酰胺、吡啶、吗啉、噻唑及含氮、硫化物等。在农家加工过程的样品中也检测出来少量酯类和酮类物质,但其种类和相对含量较少,故对湘西腊肉农家烘烤烟熏过程中的贡献不大。

由上述分析可知,在农家加工湘西腊肉的4个阶段中,酚类的种类和相对含量在逐渐增加,酸类和醛类的种类和相对含量均在降低,烃类和其他类的种类和相对含量先增加后降低,而酯类和酮类物质种类和相对含量较少且变化不明显。

表4 湘西腊肉农家加工过程中挥发性风味成分及相对含量

Table 4 The family and relative contents of volatile flavor compounds in traditional air dry-smoked bacon during processing

风味物质	样品D		样品E		样品F		样品G	
	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%	种类	相对含量/%
酯类	0	0.00	1	0.08	1	0.89	2	0.91
酸类	3	4.86	1	0.06	1	0.70	0	0.00
醛类	1	2.89	0	0.00	0	0.00	0	0.00
酮类	1	0.15	0	0.00	4	2.09	3	0.53
酚类	1	0.94	3	4.15	11	16.49	11	14.80
烃类	1	0.14	15	66.55	6	3.93	3	0.68
其他	5	5.94	4	1.09	6	5.23	7	1.57

2.3 工厂烘烤烟熏腊肉和农家烘烤烟熏腊肉

挥发性成分的对比分析

经 SPME-GC-MC 检测,得出工厂烘烤烟熏方式和农家烘烤烟熏方式下生产的湘西腊肉成品,其挥发性成分种类和相对含量如图3、图4所示。下面对这两种加工方式的腊肉成品各类挥发性物质及风味成分进行对比分析。

对含量均高于农家加工成品。

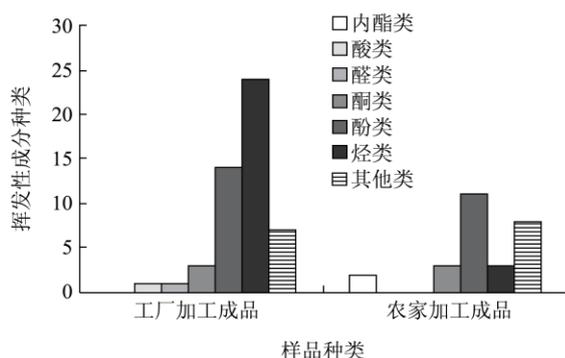


图3 工厂与农家加工方式湘西腊肉挥发性物质种类

Fig.3 The composition of volatile compounds in factory fast dry-smoked products and traditional air dry-smoked products

酚类物质是烟熏肉制品中典型的风味成分,是对腊肉的风味贡献最大的风味化合物,它主要是通过发烟材料中的木质素分解生成^[9-10]。由图3、图4发现,工厂加工成品中有13种酚类物质,其相对含量为62.5%,农家加工成品中酚类物质有11种,其相对含量为14.8%,工厂加工成品中的酚类物质其种类和相

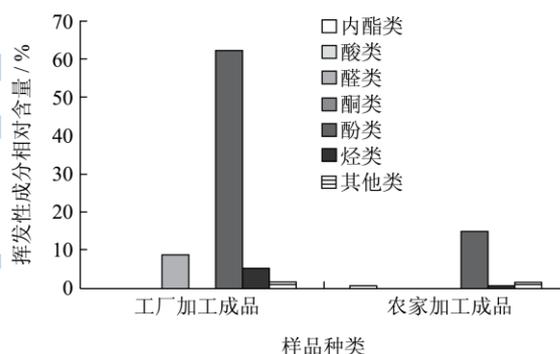


图4 工厂与农家加工方式湘西腊肉挥发性物质相对含量

Fig.4 Relative contents of volatile compounds in factory fast dry-smoked products and traditional air dry-smoked products

工厂加工成品中主要的酚类物质是2-甲氧基苯酚、2-甲氧基-4-甲基苯酚、2-甲基苯酚和2,5-二甲基苯酚等,其相对含量均高于农家加工成品。农家成品中主要的酚类物质苯酚和对甲基苯酚,其相对含量却高于工厂加工成品。Yu Ainong等^[6]研究发现,对甲基苯酚和2,5-二甲基苯酚等酚类物质也是培根中的特性烟熏风味物质。Eva等^[7]发现,不同种类的烟熏腊肉酚类物质含量有较大差别,但种类基本都是苯酚、4-甲基苯酚和2-甲氧基-4-甲基苯酚。赵冰等^[4]研究的广式腊肉没有经过烟熏工序,所以其主要挥发性成分为醇类、酸类和酯类等,酚类物质几乎没有。2-甲氧基-4-甲基苯酚具有辛香、药香、丁香和香荚兰香气,苯酚及其衍生物也是强大的芳香成分,是腊肉中重要的呈味物质。同时酚类也是工厂和农家加工成品挥发

性物质中相对含量最高的物质,加上它阈值较低,对湘西腊肉的风味贡献巨大。

酯类主要来源于腊肉中醇类和羧酸类化合物之间发生的酯化反应^[11-12]。然而在工厂加工成品中并未检出酯类物质,在农家加工成品中仅仅检测出2种酯类物质,分别为甲酸苯酯和乙酸苯酯。甲酸苯酯具有草叶油味,乙酸苯酯具有苯酚气味。大部分酯类物质能产生令人愉快的香味,对腊肉风味会有一定影响,它也可以与酮类一起构成焦糖的甜香味。酯类在农家加工腊肉成品挥发性成分中相对含量所占的比例较高,所以对农家加工腊肉成品有一定的贡献。

酸类主要来自脂肪的水解以及脂肪氧化过程中产生的小分子脂肪酸^[13]。本研究检测出工厂和农家加工成品中酸类的种类和相对含量很少,工厂加工成品中只检出苯乙酸一种酸类物质,相对含量为0.15%,农家加工成品中未检出酸类物质,所以酸类不是湘西腊肉主要的挥发性成分。

醛类化合物对腊肉风味的形成具有非常重要的作用,这类化合物主要是由脂肪的氧化和降解产生^[14-16]。检测结果表明,工厂加工成品中醛类物质只检测到5-甲基-2-糠醛,其相对含量为8.95%,是继酚类之后相对含量最高的挥发性成分。由于醛类化合物有较高的挥发性和较低的阈值,所以它比较低的浓度下也可以发挥重要的作用。5-甲基-2-糠醛具有焦糖香、木香和烘烤食品的香味,是工厂加工成品中重要的风味物质。而在农家加工成品中并未检测到醛类物质,说明醛类不是农家烟熏后湘西腊肉中的主要挥发性物质。

酮类化合物有较高的阈值,对腊肉整体风味影响不大,它是由醇类和酯类物质氧化和降解而成^[17-18]。本研究检测出工厂和农家加工成品中酮类化合物的种类和相对含量都很少,但农家比工厂加工成品的酮类相对含量高0.27%。羰基类化合物会和肉中的蛋白类物质或其它含氮物中的游离氨基发生美拉德反应产生特殊的烟熏色泽,所以酮类物质对腊肉的呈色有一定影响。

烃类在工厂加工成品挥发性成分共检测出25种,是种类最多的一类,比农家加工成品多22种,相对含量比农家加工成品高4.40%。朱建军等^[2]研究的贵州现代工艺腊肉中烃类也是种类最多的一类,其种类和相对含量均高于贵州传统工艺腊肉。烃类是由脂肪酸烷氧自由基的均裂生成,其阈值较大,通常认为对腌腊制品的风味没有显著的贡献^[19-20]。但是烯烃类物质气味比较浓烈,虽然呈味阈值较低,但还是会对湘西腊肉风味有一定贡献。

在工厂加工成品中,其他类挥发性物质主要包括酰胺、吡啶、嘧啶及含氮、含硫化合物等。在农家加工成品中,其他类挥发性物质主要有喹啉、酰胺、吡啶、吗啉、噻唑及含氮、硫化合物等。其中噻唑、吡啶等含氮、氧、硫的杂环化合物都是很重要的呈味性物质。杂环化合物主要是通过脂质降解和美拉德反应所得产物相互作用而形成,主要包括吡嗪和含硫杂环。当肉中没有含硫化合物时,其味道完全不同,所以含硫杂环化合物对湘西腊肉的呈味有着很重要的贡献。

3 结论

3.1 工厂快速烘烤烟熏和传统烘烤烟熏湘西腊肉加工过程中分别鉴定出73种和76种挥发性成分。工厂生产的产品随着烘烤烟熏时间的增加,产品中酚类、醛类和烃类物质种类和相对含量都在增加;酯类和酸类物质种类和相对含量逐渐减少;酮类物质的相对含量较小且变化不显著。传统烘烤烟熏湘西腊肉在加工过程中,酸类和醛类物质的种类和相对含量都逐渐减少;酚类物质随着烟熏时间的延长,其种类和相对含量逐渐增加。

3.2 工厂生产的腊肉成品47种挥发性风味成分,而传统加工腊肉成品中鉴定出了26种挥发性风味成分。工厂加工成品主体成分为酚类、醛类和烃类,农家加工成品主体成分为酚类、酯类和烃类,工厂加工腊肉成品的挥发性成分的种类比传统方法加工的腊肉中种类多,各种成分的相对含量也传统方法加工的产品要高一些。

参考文献

- [1] 要萍.宣威火腿挥发性风味成分研究方法初探[D].北京:中国农业大学,2003
YAO Ping. Preliminary Investigation of Methods for Study on Volatile Compounds of Xuanwei Ham[D].Beijing:China Agricultural University, 2003
- [2] 朱建军,王晓宇,等.贵州传统与现代工艺腊肉风味物质的对比[J].食品科技,2013,38(10):165-169
ZHU Jian-jun, WANG Xiao-yu, et al. Comparison of Traditional and Modern Technology Bacon Flavor Substances in Guizhou [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(10): 165-169
- [3] 朱建军,王晓宇,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
ZHU Jian-jun, WANG Xiao-yu, et al. Changes of Volatile Flavor Compounds during Guizhou Bacon Processing [J]. Food and Machinery, 2013, 29(4): 20-23

- [4] 赵冰,李素等.广式腊肉挥发性风味物质分析[J].肉类研究,2013,27(10):12-16
ZHAO Bing, LI Su, et al. Analysis of Volatile Flavor Compounds Of Cantonese-Style Bacon [J]. Meat Research, 2013, 27(10): 12-16.
- [5] 尚永彪,吴金凤,等.农家腊肉冷熏加工过程中挥发性风味物质的变化[J].食品科学,2009,30(17):79-83
SHANG Yong-biao, WU Jin-feng, et al.,Changes of Volatile Flavor Co Cmpounds in Traditional Chinese Bacon during Cold Smoking [J]. Food Science, 2009, 30(17): 79-83
- [6] ROBERT A E, JUAN A O, RICHARD H D, et al. Characterization of the headspace volatile compounds of selected Spanish dry fermented sausages [J]. Food Chemistry, 1999, 64: 461-465
- [7] EVA H, LORENZO H, JUAN A. Headspace volatile compounds from salted and occasionally smoked dried meats (cecinas) as affected by animal species [J]. Food Chemistry, 2004, 85(4): 649-657
- [8] 吴金凤.重庆农家腊肉风味物质研究及安全性评价[D].重庆:西南大学,2008
WU Jin-feng. Study on Flavor Substances of Chongqing Traditional Bacon and Its Safetya [D]. Chongqing: Southwest University, 2008
- [9] GUILLEN M D, MANZANOS M J. Smoke and liquid smoke [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(10): 1267-1274
- [10] YU A N, SUN B G. Flavour substances of Chinese traditional smokecured bacon [J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 227-233
- [11] SPANIER A M, SHAHID Y F, PARLIAMENT T H, et al. Food flavors and chemistry [M]. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2001
- [12] 白卫东,陈耀,刘丽微.广式腊肠、腊肉风味物质研究进展[J].中国食品添加剂,2012,3:201-212
BAI Wei-dong, CHEN Yao, LIU Li-wei. Study progress on flavors of cantonese curing meat and sausage [J]. China Food Additives, 2012, 3: 201-212
- [13] MATEO J, ZUMALACARREGUI J. Volatile compounds in chorizo and their changes during ripening [J]. Meat Science, 1996, 44(4): 255-273
- [14] BREWER M S. Irradiation effects on meat flavor [J]. Meat Science, 2009, 81(1): 1-14
- [15] ANSORENA D, ZAPELENA M J, ASTIASARAN I, et al. Addition of palatase M (lipase from *Rhizomucor miehei*) to dry fermented sausages effect over lipolysis and study of the further oxidation process by GC-MS [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(8): 3244-3248
- [16] FLORES M, GRIMM C C, TOLDRA F, et al. Correlations of sensory and volatile compounds of spanish "Serrano" dry-cured ham as a function of two processing times [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(6): 2178-2186
- [17] 周芳.酱油工艺及挥发性风味物质研究[D].重庆:西南大学,2008
ZHOU Fang. Study on processing technology and volatile compounds of pork cured with sweet soybean paste [D]. Chongqing: Southwest University, 2008
- [18] 周洪仁,周益群,杜世详.烟熏液产生烟熏色泽的原理与方法探索[J].肉类工业,2007,3:34-35
ZHOU Hong-ren, ZHOU Yi-qun, DU Shi-xiang. Theory and method of fumeol producing smoky color and luster [J]. Meat Industry, 2007, 3:34-35
- [19] 徐为民,徐幸莲,周光宏,等.风鹅加工过程中挥发性风味成分的变化[J].中国农业科学,2007,40(10):2309-2315
XIU Wei-min, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong, et al. Changes of Volatile Flavor Compounds in Dry-Cured Goose During Processing [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(10): 2309-2315
- [20] Toldra F. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products [J]. Meat Science, 1998, 49(1): 101-110