



苹果木烟熏液对湖南腊肉品质的影响

赵冰, 周慧敏, 王守伟*, 李素, 张顺亮, 成晓瑜, 李家鹏, 曲超, 艾婷, 许典
(中国肉类食品综合研究中心, 北京食品科学研究院, 肉类加工技术北京市重点实验室, 北京 100068)

摘要: 以湖南腊肉为对象, 从感官品质、色泽、苯并(a)芘的含量和挥发性风味物质的组成等研究苹果木烟熏液的性质, 并与目前市场上烟熏液产品进行比较。结果表明: 苹果木烟熏液制作的腊肉的感官品质较好, 色泽均一稳定, 风味清新, 无苯并(a)芘检出, 在挥发性风味物质中代表烟熏风味的酚类化合物含量达到 7 226.87 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 可以赋予湖南腊肉良好的品质。

关键词: 苹果木烟熏液; 挥发性风味化合物; 色泽; 湖南腊肉

Effect of Apple Wood Liquid Smoke on Hunan Bacon Quality

ZHAO Bing, ZHOU Huimin, WANG Shouwei*, LI Su, ZHANG Shunliang, CHENG Xiaoyu, LI Jiapeng, QU Chao, AI Ting, XU Dian
(Beijing Key Laboratory of Meat Processing Technology, Beijing Academy of Food Sciences,
China Meat Research Center, Beijing 100068, China)

Abstract: In this study, Hunan bacons were made with apple wood liquid smoke and commercially available liquid smoke, respectively, and their sensory quality, color, benzo (a) pyrene content and volatile flavor components were investigated. The results showed that the bacon made with apple wood liquid smoke had a better sensory quality, the color was uniform and stable, and no benzo (a) pyrene was detected in the meat. In the apple wood liquid smoke bacon, the content of phenolic compounds as the main flavor compounds that could ensure good quality of Hunan bacon was 7 226.88 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Key words: apple wood liquid smoke; volatile flavor compounds; color; Hunan bacon

中图分类号: TS251.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2016) 01-0001-05

DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.001

引文格式:

赵冰, 周慧敏, 王守伟, 等. 苹果木烟熏液对湖南腊肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(1): 1-5. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.001. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

ZHAO Bing, ZHOU Huimin, WANG Shouwei, et al. Effect of apple wood liquid smoke on hunan bacon quality[J]. Meat Research, 2016, 30(1): 1-5. (in Chinese with English abstract) DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.01.001. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

湖南腊肉是我国著名的传统腌腊肉制品, 以其独特的风味享誉国内外, 得到消费者的喜爱, 其中烟熏风味是湖南腊肉重要的特色风味^[1]。传统的湖南腊肉加工工艺采用传统的木屑烟熏, 赋予产品良好的色泽和风味, 同时延长了产品的保质期^[2-3]。随着现代保鲜技术的发展, 烟熏工艺的作用主要体现在烟熏风味和烟熏色泽方面^[4]。近年来, 随着传统食品越来越得到消费者的喜爱, 湖南腊肉的消费需求不断提高, 因此需要开展湖南腊肉现代化的加工工艺研究。

环境问题和食品安全问题已经成为困扰中国经济发展和社会稳定的两大问题, 而湖南腊肉由于其独特的加工工艺

与这两大问题都有一定的联系。一方面, 传统的烟熏工艺在木屑不完全燃烧的过程中产生的烟气, 大部分排放到了空气中, 对环境造成了污染; 另一方面, 在烟熏过程中, 木屑的不完全燃烧会形成苯并(a)芘等多环芳烃类致癌物质, 会对消费者的身体健康造成影响^[5-6]。同时, 传统的木屑烟熏工艺不利于现代化、自动化和工业化的加工方式, 因此, 开发一种符合现代环保理念和加工理念的烟熏方式迫在眉睫。

苹果木烟熏液以苹果木屑为原料, 通过干馏、纯化等工艺形成, 具有风味清新自然、无苯并(a)芘检出、加工过程无环境污染问题等优点, 同时适用于现代化的加工方式, 符合新时代的产品理念。

收稿日期: 2015-08-11

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303082)

作者简介: 赵冰(1986—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为肉类食品加工与安全。E-mail: zhaobtg@163.com

*通信作者: 王守伟(1961—), 男, 教授级高级工程师, 硕士, 研究方向为肉品加工技术。E-mail: cmrcsw@126.com

本实验以苹果木烟熏液为研究对象, 研究其在湖南腊肉中的应用效果, 并将其与传统烟熏方式加工的产品和其他烟熏液加工的湖南腊肉相比较, 研究不同加工工艺湖南腊肉的色泽和挥发性风味成分, 以期能为湖南腊肉的现代化加工提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪五花肉购于超市; 苹果木烟熏液 实验室自制; 苹果木屑、华鲁II型烟熏液 济南华鲁食品有限公司; 红箭smokez poly c-10烟熏液 美国红箭国际公司。

1.2 仪器与设备

CR-400型色差计 日立(中国)有限公司; Waters e2695-2998高效液相色谱-二极管阵列检测器 美国Waters公司; 热脱附仪、TA石英玻璃吸附管 德国Gestel公司; TSQ8000气相色谱-质谱仪 美国赛默飞世尔科技(中国)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 湖南腊肉的生产工艺

将带皮五花肉分割成宽约3 cm、长约30 cm的条状, 经腌制、烘干后, 分别以传统木屑烟熏和烟熏液(苹果木烟熏液、华鲁II型烟熏液、红箭smokez poly c-10烟熏液)液熏的方式生产。其中以液熏生产时, 将烟熏液喷涂于肉的表面, 然后干燥使其附着, 再在恒温恒湿(15℃、50%)空间中干燥10 d后包装即可。

1.3.2 湖南腊肉的感官评价

按照GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》制定感官评分标准^[7], 对不同烟熏方式的产品进行感官评价, 比较不同产品的色泽和烟熏味, 确定最佳的烟熏方式和烟熏条件。

表1 湖南腊肉感官评价评分标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of Hunan bacon

指标	评分标准	评分
烟熏色泽	金黄色、色泽均匀、有光泽	40~50
	红棕色或浅金黄色、色泽均匀、有光泽	20~40
	棕褐色或暗黑色、色泽不均匀、无光泽	0~20
烟熏风味	具有清新的烟熏香味、无异味	40~50
	烟熏香气较淡或有较淡的苦味	20~40
	无明显烟熏香气或有明显的苦味	0~20

1.3.3 不同烟熏工艺的湖南腊肉色泽检测

采用CR-400型色差计检测不同烟熏条件下湖南腊肉的色泽, 每组做6个平行。

1.3.4 不同烟熏工艺的湖南腊肉苯并(a)芘含量的测定

按照NY/T 1666—2008《肉制品中苯并(a)芘的测定 高效液相色谱法》进行检测^[8]。

1.3.5 不同烟熏工艺的湖南腊肉挥发性风味物质的测定

按照GB/T 9695.19—2008《肉与肉制品 取样方法》^[9]进行取样。从不同烟熏方式的湖南腊肉取样, 在5~10℃的环境中将样品完全粉碎, 混匀, 准确称取10 g置于样品萃取瓶中, 加入1 μL 2-甲基-3-庚酮(0.816 μg/μL)作为内标, 采用TA吸附管进行样品富集, 55℃保温, 氮气吹扫流速为50 mL/min, 吸附30 min, 取出插入热脱附(thermol desorption system, TDS)进样口进样。

TDS程序: 初始温度40℃, 延迟0.5 min, 保持1 min; 然后以60℃/min上升到215℃, 保持10 min; 传输线温度为220℃; 不分流。

冷进样(cold injection system, CIS)程序: 初始温度-80℃, 平衡1 min, 然后以10℃/min上升到225℃, 保持5 min; 分流比为50:1。

气质联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)色谱条件: 色谱柱为TG-5毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 在40℃保持运行3 min, 然后以5℃/min的速率升高到200℃, 保持0 min, 再以10℃/min的速率升高到250℃, 保持运行3 min; 载气为He, 流速为1 mL/min; 传输线温度为270℃, 离子源温度为280℃。实验重复3次, 将得到的数据取平均值。

风味组分的质谱分析: GC-MS法分析得到不同产品挥发性组分的质谱图, 根据所得质谱图, 检索美国国家标准与技术研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)和Willey数据库对不同烟熏方式产品的挥发性组分进行定性分析, 比较其特征挥发性组分。并根据已知的内标2-甲基-3-庚酮的浓度对挥发性组分进行半定量分析, 依据化合物的峰面积比值与含量成正比的原理, 按下式计算每一种风味化合物相对于内标化合物的含量:

$$C_x = \frac{C_0 \times S_x}{S_0}$$

式中: C_x 为未知风味化合物含量/(μg/kg); C_0 为内标化合物质量浓度/(μg/kg); S_x 为未知风味化合物的峰面积/(AU·min); S_0 为添加的内标化合物峰面积/(AU·min)。



2 结果与分析

2.1 不同烟熏方式湖南腊肉感官分析

表2 不同烟熏方式湖南腊肉的感官品质
Table 2 Sensory characteristics of Hunan bacon made with different liquid smokes

指标	木熏	苹果木烟熏液	红箭烟熏液	华鲁II型烟熏液
烟熏色泽	44.65±0.68	44.36±1.05	39.36±0.58	41.25±0.94
烟熏味	46.59±0.37	43.25±1.14	40.29±0.47	42.31±0.81

由表2可知,不同烟熏方式对湖南腊肉的感官评分具有显著的影响,传统木熏方式的腊肉色泽金黄、自然,烟熏风味清新,具有良好的烟熏品质;苹果木烟熏液液熏的湖南腊肉具有与传统烟熏工艺相近的烟熏品质;红箭烟熏液液熏的湖南腊肉色泽呈现红褐色,颜色较暗,且烟熏风味浓郁;华鲁II型烟熏液液熏的湖南腊肉色泽偏红,烟熏风味较清新。因此,与其他烟熏液相比,苹果木烟熏液制作的湖南腊肉从感官品质分析更接近于传统工艺的湖南腊肉产品。

2.2 不同烟熏方式湖南腊肉色泽分析

表3 不同烟熏方式对湖南腊肉色泽的影响
Table 3 Color values of Hunan bacon made with different liquid smokes

指标	木熏	苹果木烟熏液	红箭烟熏液	华鲁II型烟熏液
L^*	28.94±1.14	33.19±0.62	26.61±0.78	31.84±0.65
a^*	10.22±0.79	11.04±0.25	11.94±0.58	12.41±0.54
b^*	9.53±0.78	10.31±0.95	8.63±0.79	9.61±0.84

由表3可知,烟熏方式对湖南腊肉的色泽具有重要的影响,其中苹果木烟熏液液熏的湖南腊肉亮度值(L^*)和黄度值(b^*)最高,红箭烟熏液液熏的湖南腊肉红度值(a^*)最高,这与烟熏液的性质和烟熏方式本身的特点是一致的。苹果木烟熏液以苹果木为原料制作,具有与烟熏木屑相似的性质,因此,其产品具有与传统木熏工艺接近的品质;木熏产品的各个色度值都不是特别高,这与其烟熏工艺有关,木熏的烟熏工艺由于直接与烟气接触,有可能会造成烟熏不均匀、灰尘附着的问题;红箭烟熏液产品本身就是呈现红棕色,因此,其制作的湖南腊肉也呈现出与烟熏液相一致的效果;华鲁II型烟熏液是以山楂核为原料制作的,产品最终的色泽也偏红。

2.3 不同烟熏方式湖南腊肉苯并(a)芘含量分析

表4 不同烟熏方式湖南腊肉苯并(a)芘含量分析
Table 4 Benzo (a) pyrene content of Hunan bacon made with different liquid smokes

苯并(a)芘	木熏	苹果木烟熏液	红箭烟熏液	华鲁II型烟熏液
含量/($\mu\text{g/kg}$)	1.02	未检出	未检出	未检出

苯并(a)芘是一种明确的突变原和致癌物质,与很多癌症的发生有密切的关系^[10-11]。烟熏液的制备过程中通过纯化处理工艺可以很好地除去产品中的苯并(a)芘,而木熏加工的产品由于工艺原因一般都含有苯并(a)芘。通过高效液相色谱荧光检测器检测苯并(a)芘的含量,检出限为1 ng/mL。由表4可知,烟熏液制作的湖南腊肉中未检出苯并(a)芘,而木熏工艺的产品中检测出,但并没有超过国标中规定的限量标准(5 $\mu\text{g/kg}$)。因此,烟熏液产品中苯并(a)芘含量已经在检出限以下,这也是目前烟熏液的重要优势之一。

2.4 不同烟熏方式湖南腊肉挥发性风味物质分析

表5 不同烟熏方式湖南腊肉挥发性风味物质分析
Table 5 Volatile flavor compounds of Hunan bacon made with different liquid smokes

		$\mu\text{g/kg}$			
	成分	木熏	苹果木烟熏液	红箭烟熏液	华鲁II型烟熏液
酚类化合物	苯酚	683.14	859.33	278.28	497.48
	邻甲酚	304.64	471.01	181.54	316.19
	间甲酚	497.34	642.35	175.03	318.30
	4-乙基苯酚		977.92	155.91	7.77
	2,6-二甲基苯酚		52.71	80.98	183.36
	2,6-二甲氧基苯酚	1 398.53	977.92	182.48	552.89
	2-甲氧基-3-甲基苯酚	62.40	77.90		
	2,6-二甲氧基-4-甲基苯酚		399.71		284.04
	愈创木酚	1 397.23	1 580.07	618.12	1 707.14
	4-甲基愈创木酚	779.75	837.16	396.15	963.82
	4-乙基愈创木酚	287.17	265.05	63.24	191.32
	4-烯丙基愈创木酚	56.42	22.49		
	2-甲氧基-4-丙基苯酚		18.10	5.23	15.65
	二氢丁香酚	19.96			
	异丁香酚	26.75			
	2,6-二叔丁基-4-乙基苯酚	48.99	13.45		17.29
	4-烯丙基-2,6-二甲氧基苯酚	17.89	8.34		
	2,5-二叔丁基苯酚	6.74	2.38	1.68	5.15
	4-乙基间苯二酚		20.98		11.93
	麦芽酚				44.75
醛类化合物	苯甲醛	29.71		27.85	48.18
	反-3-(2-呋喃基)丙烯醛	8.10	13.59		
	己醛	81.70	10.49	15.19	0.89
	庚醛	19.36	47.31	40.26	32.15
	辛醛	15.39	10.49	14.38	12.36
	壬醛	114.99	195.26	96.16	86.50
	癸醛	19.81	44.24	29.49	35.62
	糠醛				8.47
	5-乙基-2-糠醛				22.76
	肉豆蔻醛		7.53		
	β -环柠檬醛			1.93	0.73
	羟基乙醛二甲基缩醛		8.11		
	乙酸	104.36	121.64	156.10	111.63
	丙酸	12.77	22.05	15.22	21.05
	戊酸	20.87			
	异辛酸	10.56			
	癸酸	16.73	27.07	9.51	12.16

续表1

		μg/kg			
	成分	木熏	苹果木烟熏液	红箭烟熏液	华鲁II型烟熏液
酯类化合物	3-癸烯酸		8.41		
	芥酸		1.06		
	乙酸乙酯	28.43	25.59	15.90	29.91
	丙酸乙酯	12.28	16.77	9.68	22.27
	丁酸乙酯	15.85	65.99	66.62	57.42
	异丁酸乙酯	3.83	3.92	3.69	5.21
	2-甲基丁酸乙酯	8.20	7.50	1.31	
	(Z)-2-丁烯酸乙酯	11.86	32.45	22.79	13.60
	戊酸乙酯				32.15
	异戊酸乙酯	16.73	16.97	5.15	8.87
	(2E)-2-戊烯酸乙酯	10.08	17.11		
	4-戊烯酸乙酯	6.21			
	戊酸乙酯		47.31		
	己酸乙酯	106.79	155.53	52.54	108.34
	6-庚烯酸乙酯		155.53		
	辛酸乙酯	333.07			
	癸酸乙酯	529.40	450.37	158.43	250.51
	反式-4-癸烯酸乙酯	56.17	18.87	20.89	31.55
	月桂酸乙酯	49.58	18.87	10.71	13.78
	肉豆蔻酸乙酯	57.45			42.59
	苯甲酸乙酯	103.35	132.55		274.18
	γ-丁内酯	101.53	132.55		90.63
	γ-戊内酯	8.31	59.39	20.73	19.58
	ε-十二内酯		15.09		

注：仅列出酚类物质、醛类物质、酸类物质和酯类物质。

由表5可知，酚类、醛类、酸类和酯类这些物质是湖南腊肉的主要特征性风味物质^[12-13]，通过GC-MS分析可知，不同烟熏方式的湖南腊肉的挥发性风味物质差别很大。木熏工艺的湖南腊肉共检测出酚类化合物14种，含量为5 586.96 μg/kg；醛类化合物7种，含量为289.06 μg/kg；酸类化合物5种，含量为165.30 μg/kg；酯类化合物18种，含量为1 459.13 μg/kg。苹果木烟熏液熏腊肉共检测出酚类化合物17种，含量为7 226.87 μg/kg；醛类化合物8种，含量为337.02 μg/kg；酸类化合物5种，含量为180.22 μg/kg；酯类化合物18种，含量为1 372.35 μg/kg。红箭烟熏液熏腊肉共检测出酚类化合物11种，含量为2 138.65 μg/kg；醛类化合物7种，含量为225.26 μg/kg；酸类化合物3种，含量为180.82 μg/kg；酯类化合物12种，含量为388.43 μg/kg。华鲁II型烟熏液熏腊肉共检测出酚类化合物15种，含量为5 117.07 μg/kg；醛类化合物9种，含量为247.66 μg/kg；酸类化合物3种，含量为144.83 μg/kg；酯类化合物15种，含量为1 000.60 μg/kg。

湖南腊肉风味的形成不是由某一种或几种化合物形成，而是由多种不同种类的挥发性成分共同组成一种平衡状态^[14]，主要由烟熏工艺赋予的烟熏风味、蛋白质和脂肪的氧化、降解等反应与原辅料共同形成，赋予湖南腊肉浓郁的烟熏、酯香和肉香等风味。

湖南腊肉中的酚类化合物主要是由烟熏工艺产生的，通过分析可知，4种不同烟熏工艺的湖南腊肉中酚类物质的种类和含量都不相同，其中，苹果木烟熏液熏腊肉中的含量最高，达到7 226.87 μg/kg，红箭烟熏液熏腊肉中的最低，为2 138.65 μg/kg，这与产品的加工工艺和烟熏液本身的品质密切相关。苹果木烟熏液是以苹果木屑为原料制备的，苹果木屑中含有丰富的木质素、纤维素和半纤维素，因此可以产生大量的酚类化合物，因此，检测出的挥发性风味物质种类和含量较高^[15]；红箭smokez poly c-10烟熏液本身的烟熏风味不是特别的浓郁，更侧重于烟熏色泽，因此检测出的挥发性风味物质种类和含量较低。

醛类化合物对湖南腊肉风味的形成具有非常重要的作用，主要是由脂肪的氧化和降解产生^[16-18]，或者是反应形成的化合物进一步反应，形成新的化合物。通过分析可知，4种不同烟熏工艺的湖南腊肉中虽然醛类化合物的含量不是很高，但醛类物质具有很强的挥发性和较低的阈值^[17]，因此对湖南腊肉的风味具有关键性的作用。己醛被认为是脂肪发生氧化作用的重要标志^[9]，具有醛香、柑橘香、果香和蜡香，是ω-6不饱和脂肪酸-亚油酸的氧化产物，由于其阈值很低，只有4.40 μg/kg。而木熏工艺中的己醛含量达到81.70 μg/kg，明显高于其阈值，因此赋予湖南腊肉浓郁的香味；庚醛、辛醛、壬醛和癸醛也是4种烟熏方式腊肉都含有的醛类化合物，这几种醛类物质都具有甜香、果香，且苹果木烟熏液熏腊肉中这几种化合物的含量均明显高于其他几种产品，因此可以赋予湖南腊肉浓郁的果香味。

酸类化合物对湖南腊肉的风味具有重要影响，主要由脂肪氧化和烟熏带入，由于烟熏液的制备过程中会产生大量的酸类化合物，会带入到腊肉中，因此腊肉产品中会检测出酸类化合物成分。通过分析可知，4种不同烟熏工艺的湖南腊肉中酸类化合物的种类和含量无显著性差异。

湖南腊肉在加工过程中，受到温度、湿度、微生物等各种因素的影响，脂肪发生氧化和降解作用产生游离脂肪酸，游离脂肪酸与醇类物质发生反应产生酯类物质，赋予肉制品浓郁的酯香，特别是长链脂肪酸产生的酯类具有浓郁的酯香特征风味，对腊肉风味的形成具有决定性作用^[16,19]。通过分析可知，红箭烟熏液熏产品中的酯类物质含量较少，只有388.43 μg/kg，其他几种产品中酯类物质的含量都在1 000 μg/kg以上，其中乙酸乙酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、癸酸乙酯和苯甲酸乙酯是检测到的含量最高的5种酯类化合物。乙酸乙酯具有甜的果香和醚香，丁酸乙酯具有强烈的苹果香等水果香味，己酸乙酯具有强烈的甜的果香，苯甲酸乙酯具有樱桃、葡萄香气。苹果木烟熏液熏产品中γ-丁内酯和γ-戊内酯的含量都是最高的，它们具有奶油的香气和果香，可以赋予腊肉良好的风味。



3 结 论

不同烟熏方式的腊肉在感官、色泽、苯并(a)芘含量和挥发性风味物质等方面都有较大的差异性,这是由产品的加工工艺决定的。传统木熏的湖南腊肉风味清新,但是由于其含有苯并(a)芘、不适合现代化加工且会造成环境污染,已经逐步被取代。通过分析可以发现,苹果木烟熏液液熏的湖南腊肉在感官、色泽、苯并(a)芘含量和挥发性风味物质方面与其他两种产品相比都具有显著的优势。

苹果木烟熏液制作的湖南腊肉色泽均一、风味清新、无苯并(a)芘,是一种很好的制作湖南腊肉的烟熏液,同时适合现代自动化生产工艺,可以解决目前制作湖南腊肉引起的环境问题,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 唐静, 张迎阳, 吴海舟, 等. 传统腌腊肉制品挥发性风味物质的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(15): 283-287. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201415057.
- [2] 赵冰, 成晓瑜, 张顺亮, 等. 土家腊肉挥发性风味物质的研究[J]. 肉类研究, 2013, 27(7): 44-47.
- [3] 赵冰, 任琳, 陈文华, 等. 烟熏工艺对熏肉挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 180-186.
- [4] 杨书珍, 丁力, 罗婧敏, 等. 低温肉制品的烟熏工艺研究[J]. 肉类研究, 2009, 34(10): 126-132.
- [5] STUMPE-VÍKSNA I, BARTKEVICS V, KUKÁRE A, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood[J]. Food Chemistry, 2008, 110(3): 794-797. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.03.004.
- [6] MORET S, CONTE L, DEAN D. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon content of smoked fish by means of a fast HPLC/HPLC method[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1367-1371.
- [7] 中华人民共和国国家标准. GB/T 22210—2008 肉与肉制品感官评定规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 农业部肉及肉制品质量监督检验测试中心. NY/T 1666—2008 肉制品中苯并(a)芘的测定 高效液相色谱法[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [9] 慕艳梅, 孙宝国, 陈海涛. 同时蒸馏萃取-气质联用分析月盛斋酱牛肉的挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 370-374.
- [10] 周洪仁, 周益群, 杜世祥. 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.
- [11] 尚永彪, 吴金凤, 夏杨毅, 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.
- [12] YU A N, SUN B G. Flavour substances of Chinese traditional smokecured bacon[J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 227-233.
- [13] 许鹏丽, 郭祀远. 广式腊肉风味物质成分分析的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 122-125.
- [14] 孙宝国. 食用调香术[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2010: 44-46.
- [15] 姜绍通, 王旗, 蔡克周, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定山楂核烟熏液的挥发性风味物质[J]. 食品科学, 2013, 34(18): 206-211. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201318042.
- [16] BREWER M S. Irradiation effects on meat flavor: a review[J]. Meat Science, 2009, 81(1): 1-14. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.07.011.
- [17] ANSORENA D, ZAPELENA M J, ASTIASARAN I, et al. Addition of palatase M (lipase from *Rhizomucorm iehei*) 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. DOI:10.1021/jf980103p.
- [18] 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. DOI:10.1021/jf960862c.
- [19] 张顺亮, 王守伟, 成晓瑜, 等. 湖南腊肉加工过程中挥发性风味成分的变化分析[J]. 食品科学, 2015, 36(16): 215-219. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201516040.