

# 低钠盐液熏腊肉与苗岭传统腊肉风味品质分析

陈颜红<sup>1,2</sup>, 王修俊<sup>1,2</sup>, 周雯<sup>1,2</sup>, 聂黔丽<sup>1,2</sup>, 冯廷萃<sup>3</sup>

(1. 贵州大学 酿酒与食品工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵阳 550025; 3. 镇远县名城食品厂, 贵州 凯里, 557799)

**摘要:** **目的** 研究采用非钠盐代替部分钠盐、采用液体烟熏代替传统气体烟熏的低钠盐液熏腊肉与苗岭山区传统腊肉在低温冷藏条件下的风味和品质差异, 探究对苗岭山区传统腊肉进行现代化生产的实际操作意义。**方法** 测定两者的游离氨基酸、挥发性风味物质、钠含量、水分含量等理化品质指标, 以及过氧化值、亚硝酸盐、苯并(a)芘等食用安全指标, 并对这些指标进行综合分析和比较。**结果** 2种腊肉游离氨基酸的差异并不显著, 低钠盐液熏腊肉中醛类、酮类化合物的含量和种类高于传统腊肉, 其具有更多的果木风味。低钠盐液熏腊肉的钠含量相较于苗岭山区传统腊肉降低了24.61%, 并且低钠盐液熏腊肉中未检出亚硝酸盐, 苗岭山区传统腊肉的亚硝酸盐含量为1.34 mg/kg。虽然低钠盐液熏腊肉色泽良好, 水分含量、挥发性盐基氮、过氧化值、微生物总数均小于苗岭山区传统腊肉, 但是低钠盐液熏腊肉的硬度和pH较大。N-二甲基亚硝胺、苯并(a)芘含量在2种腊肉中均未检出。**结论** 在低温条件下, 低钠盐液熏腊肉的品质和安全指标整体优于苗岭山区传统腊肉, 在腌腊肉生产和贮藏过程中具有可行性和推广价值。

**关键词:** 低钠盐; 液熏; 风味; 食用安全指标; 分析

中图分类号: TS251.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)19-0093-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.19.013

## Analysis of Flavor and Quality of Low-Sodium Salt Smoked Bacon and Traditional Bacon in Miaoling

CHEN Yan-hong<sup>1,2</sup>, WANG Xiu-jun<sup>1,2</sup>, ZHOU Wen<sup>1,2</sup>, NIE Qian-li<sup>1,2</sup>, FENG Ting-cui<sup>3</sup>

(1. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Guizhou Provincial Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy, Guiyang 550025, China; 3. Zhenyuan Country Mingchen Food Factory, Kaili 557799, China)

**ABSTRACT:** In order to study the difference of flavor and quality of low-sodium liquid bacon and traditional bacon from Miaoling mountain area in low-temperature storage, some non-sodium salt was used to replace part of sodium salt, and liquid smoked instead of traditional gas smoked, whether it is of practical significance to carry out modern production of traditional preserved meat in Miaoling mountain area. The contents of free amino acids, volatile flavor compounds, sodium, water, peroxide value, nitrite, benzo (a) pyrene and so on were determined, and carries on the comprehensive anal-

收稿日期: 2020-12-04

基金项目: 贵州省生态特色肉制品科技创新人才团队(黔科合平台人才[2020]5004); 中央引导地方科技发展专项基金(黔科中引地[2018]4020); 贵州省科技计划(黔科合成果[2020]1Y025); 贵州省发酵工程与白酒酿造人才基地项目(黔人领发[2018]3号)

作者简介: 陈颜红(1996—), 女, 贵州大学硕士生, 主要研究方向为食品加工与安全。

通信作者: 王修俊(1965—), 男, 贵州大学教授, 主要研究方向为食品科学。

ysis and the comparison to these indexes. The differences of free amino acids between two kinds of bacon were not significant, and the contents and types of aldehydes and ketones in low-sodium salt liquid bacon were higher than those in traditional bacon, which gave it more fruit flavor. Compared with traditional bacon in Miaoling mountain area, the sodium content of low-sodium liquid bacon was 24.61% lower, and no nitrite was detected in low-sodium liquid bacon, while the nitrite content of traditional bacon in Miaoling mountain area was 1.34 mg/kg. Low-sodium salt solution cured meat has good color, water content, volatile basic nitrogen, peroxide value, total number of microorganisms are less than traditional cured meat in Miaoling mountain area, but its hardness and pH are higher. N-dimethylnitrosamine and benzo (a) pyrene were not detected in two kinds of cured meat. In a word, the quality and safety index of low-sodium liquid bacon in low temperature was better than that of traditional bacon in Miaoling mountain area, and it has feasibility and promotion value in the production and storage of bacon.

**KEY WORDS:** low-sodium salt; liquid smoked; flavor; food safety indicators; analysis

贵州苗岭山区腌腊肉制品作为传统的特色美食,主要采用柴火烟熏和在腊月制作而得名,其外表呈黝黑红褐色,内里鲜红油润,香味独特,口感细腻,深受广大民众喜爱<sup>[1]</sup>。在传统腊肉的制作方法中,为了提升产品的色泽风味,并易于保藏,通常会在产品中添加过多的食盐,并通过木材燃烧熏制提升色泽和风味<sup>[2]</sup>。食盐的主要成分为氯化钠,长期过多食用高钠盐食品可诱发高血压、冠心病等心血管疾病<sup>[3]</sup>。目前,降低钠盐含量的主要途径有直接减少食盐的用量,用非钠盐代替部分钠盐。单一减少盐用量会影响腊肉制品的特定风味、品质,且不易贮存。国内外的研究大多使用氯化钾、氯化钙等非钠盐代替部分钠盐,其能有效地降低氯化钠的使用量,同时还能保持产品原有的风味品质<sup>[4-5]</sup>。木材燃烧熏制会产生多环芳烃等有害物质,其会附着在腊肉制品表面,导致产品品质降低,人体食用后容易产生危害。目前研究表明,通过使用液体烟熏代替传统气体烟熏能够解决传统烟熏带来的危害,降低食品安全风险<sup>[6]</sup>。随着消费者对食品安全和感官品质要求的提高,使用低钠烟腌腊肉制品和传统烟熏替代工艺成为当前的研究热点<sup>[7-9]</sup>。

风味是腌腊肉制品的一项极其重要的评判指标。腌腊肉制品的风味由肉内的碳水化合物、蛋白质、脂肪发生一系列复杂的变化,以及对肉制品进行加工的外在成分所形成<sup>[10]</sup>。风味物质包括非挥发性风味化合物和挥发性风味化合物,其能赋予腌腊肉制品不同的滋味和气味<sup>[11]</sup>。为保障消费者健康,GB 2730-2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》<sup>[12]</sup>对腌腊肉制品的过氧化值、微生物、亚硝酸盐残留量、重金属含量、苯并(a)芘等进行了严格的规定和控制。对非挥发性风味和挥发性香气成分进行准确描述分析,并与色泽、盐含量、过氧化值、亚硝酸盐、苯并芘等理化及食用安全指标相结合进行理论分析,是腌腊肉风味的重要研究方向。对于腌腊肉产品,通常采用低温保藏,该方法成本低、保藏时间长,并且对肉制品的品质影响较小<sup>[13]</sup>。

文中通过采用低钠盐液熏技术制备腊肉,并将其

抽真空保藏于低温条件下,与苗岭山区传统工艺制作的腊肉风味和食用安全指标进行对比和分析,为低钠盐液熏腊肉的研究提供理论依据。

## 1 实验

### 1.1 材料和试剂

主要材料和试剂:三氯甲烷(分析纯),重庆市东化工(集团)有限公司;三氯乙酸(分析纯),国药集团化学试剂有限公司;碘化钾、硫代硫酸钠、无水硫酸钠、可溶性淀粉、亚甲基蓝、亚甲基蓝(分析纯),天津市致远化学试剂有限公司;亚铁氰化钾、氧化镁、冰乙酸、无水乙醇、石油醚、盐酸、乙酸锌、硼酸、硫酸(分析纯),天津科密欧化学试剂有限公司;重铬酸钾(基准试剂)、对氨基苯磺酸钠、盐酸萘乙二胺(分析纯),北京索莱宝科技;甲基红指示剂(分析纯),天津市祥瑞鑫化工科技有限公司;平板计数琼脂培养基,上海博微生物科技有限公司。

### 1.2 仪器和设备

主要仪器和设备:GZX-GF101-3-BS-II电热鼓风恒温干燥箱,上海贺德实验设备有限公司;DK-98-HA电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;Waters2695 HPLC仪,美国Waters公司;SH220生化培养箱,济南海能仪器有限公司;HP-2136便携式色差仪,上海临嘉科教仪器有限公司;YX280B手提式不锈钢蒸汽灭菌锅,上海三申医疗器械;L-8800氨基酸自动分析仪,HITACHI(日立)公司;SH220生化培养箱,济南海能仪器有限公司;722型分光光度计,上海佑科仪表;HP-2136色差仪,上海临嘉科教仪器有限公司;PHS-3C pH酸度计,上海鸿盖仪器有限公司;FA2002B电子精密天平,上海越平科学仪器有限公司;DRZ-3DAS超净工作台,龙口市电炉制造厂;SIGMA2-16K离心机,德国西格玛公司;TMS-Pro质构仪,北京盈盛恒泰科技责任有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 样品制备

1) 低钠盐液熏腊肉的制备。使用笔者团队前期研发的低钠复合腌制剂配方(氯化钠、氯化钾、氯化钙复配)、腌制技术(控制腌制剂添加量、腌制时间、腌制温度等技术参数)、液熏干制技术(控制腌制时间、烟熏液浓度、浸渍时间、干制温度等技术参数)对腊肉进行腌制、液熏干制加工,制作成熟后即为实现所需样品。

2) 对比样品。苗岭山区传统腊肉,由贵州苗岭山区某厂提供。2种评定样品为同种猪肉,自其生产为成品起取样时间和贮存环境一致,均在4℃下真空包装贮藏。

### 1.3.2 色泽的测定

采用便携式色差仪测定亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )和黄度值( $b^*$ ),每个实验平行测定5次,结果取平均值。

### 1.3.3 游离氨基酸的测定

采用氨基酸自动分析仪进行检测,准确称取1g腊肉粉碎样品,用50 mL 0.01 mol/L 盐酸浸提30 min;摇匀后过滤,准确吸取滤清液2 mL于离心试管中,加入质量分数为8%的碘基水杨酸2 mL,混匀,静置15 min;在3000 r/min下离心20 min;取上清液,过0.22 μm膜后上机。

检测条件:所有氨基酸在570 nm条件下进行检测,脯氨酸在440 nm条件下进行检测。

### 1.3.4 风味物质成分的测定

取5 g捣碎样品置于20 mL顶空瓶中,将老化后的50/30 μm CAR/PDMS/DVB萃取头插入样品瓶顶空部分,在60℃下吸附30 min,将吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,在250℃下解吸3 min,同时启动仪器采集数据。

色谱条件:色谱柱为DB-Wax,30 m×0.25 mm×0.25 μm毛细血管柱,柱温40℃保留3 min,再以10℃/min升温至230℃,保持5 min;汽化室温度为250℃;载气为高纯He(99.999%);载气流量为1.0 mL/min。

离子源为EI源,原温度为200℃,检测电压为2000 V,电子能量为70 eV,发射电流为1 mA。对总离子流图中的各峰进行质谱计算机数据系统检索,并核对Nist14和Wiley275标准质谱图,用峰面积归一化法测定各化学成分的相对质量分数。

### 1.3.5 理化及食用安全指标的测定

1) 水分含量的测定。采用GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分含量的测定》中的直接干燥法测定。

2) 钠含量的测定。采用GB/T 5009.91—2003《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》进行测定。

3) pH的测定。取10 g肉样用搅拌机搅碎,放入盛有90 mL无菌蒸馏水的锥形瓶中混匀,静置30 min后过滤,用pH计测定滤液的pH。

4) 硬度的测定。参考李立<sup>[14]</sup>的方法,使用质构分析仪对样品进行测定,将腊肉切成1 cm×1 cm×1 cm的正方体小块,置于物性测定仪基台中心,采用TPA测定模式,测定参数:测试速度为60 mm/min,触发点负载为0.15 N,循环2次,变形量为70%。相同条件下重复5次。

5) 亚硝酸盐的测定。采用GB 5009.33—2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》进行测定。

6) 苯并(a)芘的测定。采用GB 5009.27—2016《食品安全国家标准 食品中苯并(a)芘的测定》进行测定。

7) 挥发性盐基氮的测定。采用GB 5009.228—2016《食品安全标准 食品中挥发性盐基氮的测定》进行测定。

8) 过氧化值的测定。采用GB 5009.227—2016《食品安全标准 食品中过氧化值的测定》进行测定。

9) 微生物的测定。采用GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行测定。

### 1.3.6 数据分析方法

每组设置3个平行实验,计算平均值和标准偏差,数据以平均值±标准偏差的形式表示;用SPSS 23.0软件对数据进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 腊肉游离氨基酸对比和分析

此实验使用氨基酸分析仪,测定实验室制作的低钠盐液熏腊肉和贵州苗岭山区生产腊肉的游离氨基酸含量,结果见表1。

由表1可知,低钠盐液熏腊肉和苗岭山区传统腊肉分别检测出15种游离氨基酸,虽然游离氨基酸种类均相同,但是相同氨基酸的含量不同。低钠盐液熏腊肉的总游离氨基酸TFAA为17.812 mg/kg,苗岭山区传统腊肉TFAA为20.610 mg/kg,略高于低钠盐液熏腊肉,原因是腊肉制品的游离氨基是由肉质品中脂肪和蛋白质通过氧化分解形成的前体物质。低钠盐液熏腊肉熏制时间为56 h,相较于苗岭山区传统腊肉缩短了40 h,苗岭山区传统腊肉的制作熏制工艺时间长,导致肉内蛋白质和脂肪分解较多,从而使产生的游离氨基酸含量增多<sup>[15]</sup>。

游离氨基酸中有苦、鲜、甜这3类呈味氨基酸DAA,呈味氨基酸对肉制品的口感起着至关重要的作用。

表 1 不同样品游离氨基酸含量  
Tab.1 Free amino acid content of different samples

序号	游离氨基酸	低钠盐液熏腊肉		苗岭山区传统腊肉	
		含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	占 TFAA 比例/%	含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	占 TFAA 比例/%
1	天冬氨酸 Asp	0.028 <sup>a</sup>	0.16	0.088 <sup>a</sup>	0.43
2	苏氨酸 Thr	0.910 <sup>a</sup>	5.11	1.060 <sup>a</sup>	5.14
3	丝氨酸 Ser	1.100 <sup>a</sup>	6.18	1.350 <sup>a</sup>	6.55
4	谷氨酸 Glu	3.040 <sup>a</sup>	17.07	2.466 <sup>a</sup>	11.97
5	甘氨酸 Gly	2.272 <sup>a</sup>	12.76	2.816 <sup>a</sup>	13.66
6	胱氨酸 CYS	0.956 <sup>a</sup>	5.37	1.216 <sup>a</sup>	5.90
7	甲硫氨酸 Met	0.908 <sup>a</sup>	5.10	0.724 <sup>a</sup>	3.51
8	异亮氨酸 Ile	0.916 <sup>a</sup>	5.14	0.988 <sup>a</sup>	4.79
9	亮氨酸 Leu	1.596 <sup>a</sup>	8.96	1.938 <sup>a</sup>	9.40
10	酪氨酸 Tyr	0.782 <sup>a</sup>	4.39	1.192 <sup>a</sup>	5.78
11	苯丙氨酸 Phe	0.724 <sup>a</sup>	4.06	1.092 <sup>a</sup>	5.30
12	组氨酸 His	0.610 <sup>a</sup>	3.42	0.674 <sup>a</sup>	3.27
13	赖氨酸 Lys	1.794 <sup>a</sup>	10.07	2.388 <sup>a</sup>	11.59
14	精氨酸 Arg	1.196 <sup>a</sup>	6.71	1.698 <sup>a</sup>	8.24
15	脯氨酸 Pro	0.980	5.50	0.092	4.46
总游离氨基酸 TFAA		17.812		20.610	
甜味氨基酸		4.784		5.718	
苦味氨基酸		4.318		5.298	
鲜味氨基酸		6.864		7.654	
呈味氨基酸 DAA		15.948		18.67	
必需氨基酸 EAA		5.024		8.190	
非必需氨基酸 NEAA		12.788		12.420	

注：字母相同表示差异不显著 ( $P>0.05$ )；字母不同表示为差异显著 ( $P<0.05$ )

用，是肉类重要的香味前体物质和呈味物质<sup>[16-17]</sup>。2种腊肉含有甜味的苏氨酸、丝氨酸、赖氨酸、脯氨酸，苦味的亮氨酸、异亮氨酸、组氨酸、精氨酸，以及鲜味的天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸。低钠盐液熏腊肉和苗岭山区腊肉中谷氨酸、甘氨酸、赖氨酸的含量相对较高，分别占总氨基酸含量的37.21%和39.89%，其赋予了腊肉鲜美可口的滋味。从必需氨基酸 EAA 的种类上看，2个产品都含有苏氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸等6种必需氨基酸。

## 2.2 腊肉风味物质成分分析和对比

由表2可知，低钠盐液熏腊肉中检测出挥发性风味物质94种，苗岭山区传统腊肉中检测出挥发性风

味物质105种，包括醇类、酚类、醚类、醛类、酸类、酮类、烷烃类、芳香烃类、烯烃类、酯类等。

由表3可知，通过对低钠盐液熏腊肉和苗岭山区传统腊肉中检测出的挥发性风味物质种类进行对比，可看出醛类、酮类、烷烃类、酯类、其他类的差异较大，且2种腊肉风味物质的相对含量也有较大差异。

### 2.2.1 醇类风味物质分析

醇类物质可通过肉制品自身的化学降解、微生物作用、烟熏料的附着而产生。醇类物质通常具有植物香味，随着碳链的增长，产生的木香、清香等风味特征增强<sup>[18]</sup>。醇类在2种腊肉挥发性风味成分中的相对含量较高，相较于低钠盐液熏腊肉，苗岭山区传统腊肉的醇类质量分数高出4.10%，其中乙醇质量分数高

表 2 腊肉挥发性风味物质成分  
Tab.2 Bacon volatile flavor substance composition table

类别	保留指数	化合物名称	质量分数/%	
			液熏腊肉	苗岭腊肉
醇	1667.3	呋喃甲醇	0.36±0.06 <sup>b</sup>	3.01±0.45 <sup>a</sup>
	1108.0	异丁醇	0.76±0.09	—
	1551.6	芳樟醇	7.81±1.00 <sup>a</sup>	2.86±0.29 <sup>b</sup>
	1706.1	(R)- $\alpha,\alpha$ -4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇	0.76±0.33 <sup>a</sup>	0.69±0.07 <sup>a</sup>
	1261	1-戊醇	0.72±0.19 <sup>a</sup>	0.33±0.05 <sup>b</sup>
	1048.2	1-丙醇	—	0.26±0.01
	942.2	乙醇	1.81±0.41 <sup>b</sup>	9.09±1.98 <sup>a</sup>
	1450.9	顺- $\alpha,\alpha$ -5-三甲基-5-乙炔基四氢化呋喃-2-甲醇	0.48±0.03	—
	1611.7	4-萜烯醇	1.60±0.34 <sup>b</sup>	2.23±0.88 <sup>a</sup>
	1472.8	2-甲基-5-异丙基-二环[3.1.0]己烷-2-醇	0.30±0.01 <sup>b</sup>	0.61±0.07 <sup>a</sup>
	1203.9	桉叶油醇	0.90±0.07 <sup>a</sup>	1.13±0.08 <sup>a</sup>
	1479.5	反- $\alpha$ 反- $\alpha,\alpha$ -5-三甲基-5-乙炔基四氢化-2-呋喃甲醇	1.32±0.11	—
	1455.3	1-辛烯-3-醇	1.47±0.09	—
	1220.6	异戊醇	0.86±0.20 <sup>b</sup>	2.66±0.44 <sup>a</sup>
	1565.1	正辛醇	—	0.38±0.02
	酚	2007.5	2-甲苯酚	0.33±0.03 <sup>b</sup>
1964.3		2-甲氧基-4-甲基苯酚	0.27±0.05 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>
2038.3		4-乙基-2-甲氧基苯酚	0.14±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.02 <sup>a</sup>
2011		苯酚	1.27±0.09 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>b</sup>
2087.2		3-甲基-2 硝基苯酚	0.36±0.07 <sup>b</sup>	0.93±0.02 <sup>a</sup>
2087.2		4-甲基苯酚	—	0.59±0.20
醚	1676.8	4-烯丙基苯甲醚	0.59±0.17	—
醛	916.5	2-甲基丁醛	0.29±0.11	—
	2327.2	丙酮醛	0.25±0.78	—
	718.4	乙醛	—	0.31±0.03
	1082.3	己醛	4.38±1.34 <sup>a</sup>	0.62±0.21 <sup>b</sup>
	919.9	3-甲基丁醛	—	1.94±0.22
	1432.7	3-糠醛	—	0.48±0.17
	1432.5	反-2-辛烯醛	0.21±0.01	—
	1540.0	(E)-壬烯醛	0.60±0.10	—
	1325.2	(E)-2-庚烯醛	0.72±0.22 <sup>a</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>
	1286.5	辛醛	1.65±0.31 <sup>a</sup>	0.77±0.21 <sup>b</sup>
	1180.9	正庚醛	2.11±0.09	—
	981.3	戊醛	3.38±0.73	—
	1619	丙烯醛	—	0.81±0.21
	2051.1	肉桂醛	0.42±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>
	1529.6	苯甲醛	1.36±0.04 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>
酸	1570.9	异丁酸	0.23±0.09 <sup>b</sup>	0.60±0.10 <sup>a</sup>
	1454.4	乙酸	—	5.27±1.86
	1504.1	甲酸	0.81±0.01 <sup>a</sup>	0.52±0.17 <sup>a</sup>
	894.0	硫代乙酸	—	2.02±0.88
	1775.2	2-丁烯酸	0.28±0.09 <sup>a</sup>	0.07±0.02 <sup>b</sup>
	2093.8	(S)-(-)-2-氯丙酸	0.17±0.04	—

续表 2

类别	保留指数	化合物名称	质量分数/%		
			液熏腊肉	苗岭腊肉	
酸	1848.0	己酸	1.88±0.55 <sup>a</sup>	0.63±0.21 <sup>b</sup>	
	1792.3	丙酮酸	0.67±0.07 <sup>a</sup>	0.14±0.03 <sup>b</sup>	
	2061.1	辛酸	0.39±0.08 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	
	2167.2	壬酸	0.20±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>	
	1740.6	正戊酸	0.28±0.10 <sup>b</sup>	0.54±0.04 <sup>a</sup>	
	1630.6	丁酸	3.33±1.41 <sup>a</sup>	2.32±1.55 <sup>b</sup>	
酮	1660.0	苯乙酮	0.03±0.00 <sup>b</sup>	0.38±0.09 <sup>a</sup>	
	1363.5	2-环戊烯酮	0.69±0.05	—	
	1741.8	3-甲基-6-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮	0.28±0.01 <sup>a</sup>	0.54±0.03 <sup>a</sup>	
	1343.8	1-(3,4-二氢-2H-吡咯-5-基)-乙酮	—	0.18±0.06	
	906.4	2-丁酮	0.78±0.11	—	
	1838.0	3-甲基环戊烷-1,2-二酮	0.51±0.07 <sup>a</sup>	0.68±0.09 <sup>a</sup>	
	1494.9	甲基辛基甲酮	—	0.16±0.02	
	820.4	丙酮	—	0.59±0.06	
	1747.3	左旋香芹酮	1.50±0.09	—	
	1900.6	4-甲基-2(H)-呋喃酮	0.72±0.21 <sup>a</sup>	0.25±0.03 <sup>b</sup>	
	1062	2,3-戊二酮	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.02 <sup>b</sup>	
	1295.1	3-羟基-2-丁酮	1.62±0.33 <sup>a</sup>	1.30±0.42 <sup>a</sup>	
	1779.2	$\alpha$ -吡喃酮	0.43±0.23 <sup>a</sup>	0.30±0.17 <sup>a</sup>	
	1300.5	1-辛烯-3-酮	0.68±0.21	—	
	980.6	2,3-丁二酮	3.38±0.96 <sup>a</sup>	—	
	1298.9	1-庚烯-3-酮	—	0.22±0.02	
	1530.5	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.36±0.25 <sup>a</sup>	1.23±0.27 <sup>a</sup>	
	1728.3	3-甲基-2-(5H)-呋喃酮	1.11±0.04	—	
	1735.2	4,5-二甲基-4-己烯-3-酮	—	0.12±0.03	
	1309.4	羟基丙酮	4.05±2.11	—	
	1375.7	甲基环戊烯醇酮	0.41±0.03 <sup>a</sup>	0.39±0.02 <sup>a</sup>	
	1283.0	2-辛酮	—	0.77±0.14	
	1680.0	5-乙炔二氢-5-甲基-2(3H)-呋喃酮	0.24±0.05	—	
	1618.2	反式-2-甲基-5-(1-甲基乙基)-环己酮	0.47±0.17	—	
	烷烃	721.8	正庚烷	0.71±0.23	—
		960.9	2,2,4,6,6-五甲基庚烷	0.64±0.05	—
1003.4		癸烷	1.41±0.22	—	
810.1		正辛烷	1.18±0.34 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	
900.3		1,1-二乙氧基乙烷	—	0.60±0.05	
烯烃	1165.2	1-甲基-4-(1-甲基乙基)-1,3-己二烯	1.43±0.14 <sup>a</sup>	1.11±0.04 <sup>b</sup>	
	1235.7	1-甲基-4-(1-甲基乙基)-1,4-环己二烯	1.58±0.32 <sup>b</sup>	2.53±0.41 <sup>a</sup>	
	1327.1	甲基苯乙烯	—	0.13±0.01	
	1045.2	1-癸烯	0.60±0.04	—	
	1253.7	苯并环丁烯	0.21±0.05	—	
	1184.4	右旋萜二烯	2.82±0.51 <sup>b</sup>	7.10±1.27 <sup>a</sup>	
	1194.0	3-亚甲基-6-(1-甲基乙基)环己烯	1.01±0.33 <sup>b</sup>	3.42±1.11 <sup>a</sup>	
	1280.8	2-萜烯	0.05±0.01 <sup>b</sup>	0.96±0.24 <sup>a</sup>	
	1243.3	3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯;	1.24±0.17 <sup>b</sup>	2.02±0.30 <sup>a</sup>	

续表 2

类别	保留指数	化合物名称	质量分数/%		
			液熏腊肉	苗岭腊肉	
烯烃	1225.5	(E)- $\beta$ -罗勒烯	1.18 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	2.79 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	
	1111.0	桉烯	0.15 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.90 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	
	1151.1	月桂烯	2.29 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	3.44 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>	
	1355.2	3-甲基苯乙烯	—	0.12 $\pm$ 0.01	
	1028.3	2-甲基-5-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]己-2-烯	0.30 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.86 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	
酯	1350.2	乳酸乙酯	0.45 $\pm$ 0.05	—	
	1639.8	$\gamma$ -丁内酯	—	0.23 $\pm$ 0.04	
	1558.8	2-甲基-1-乙炔基-1,5-二甲基-4-己烯醇丙酸酯	1.05 $\pm$ 0.11	—	
	1056.6	2-甲基丁酸乙酯	—	0.46 $\pm$ 0.03	
	2258.2	棕榈酸乙酯	0.35 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	
	1352.4	乳酸丙酯	—	0.18 $\pm$ 0.06	
	1760.0	2,6-辛二烯-1-醇, 3,7-二甲基-, 1-乙酸酯	—	0.39 $\pm$ 0.06	
	895.9	乙酸乙酯	1.00 $\pm$ 0.17	—	
	1230.9	己酸乙酯	0.76 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	0.65 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	
	1469.2	2-环己烯-1-醇, 3-甲基-6-(1-甲基乙基)-, 1-乙酸酯	—	0.17 $\pm$ 0.02	
	1557.7	乙酸芳樟酯	—	2.12 $\pm$ 0.10	
	1641.7	癸酸乙酯	0.68 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.12 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	
	1071.7	异戊酸乙酯	—	0.44 $\pm$ 0.04	
	980.9	乙酸乙炔酯	—	1.21 $\pm$ 0.21	
	1435.9	辛酸乙酯	0.41 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.48 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	
	961.2	丙酸乙酯	—	0.75 $\pm$ 0.32	
	1794.8	苯乙酸乙酯	0.31 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	
	其他	872.8	3-甲基咪喃	—	0.16 $\pm$ 0.01
		1755.3	萘	0.02 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	0.33 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
		1593.3	3-甲氧基吡啶	—	0.47 $\pm$ 0.03
956.1		2,5-二甲基咪喃	—	1.92 $\pm$ 0.41	
1004.3		甲胍	—	0.97 $\pm$ 0.17	
1264.0		M-异丙基甲苯	1.52 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	1.37 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	
1013.7		N,N,N',N'-四甲基-1,6-己二胺	0.41 $\pm$ 0.21	—	
1125.3		2-正丁基咪喃	0.33 $\pm$ 0.06	—	
1553.1		2-戊酰咪喃,97%	1.25 $\pm$ 0.08	—	
1219.3		吡嗪	0.93 $\pm$ 0.09	—	
1509.6		苯并咪喃	—	0.28 $\pm$ 0.04	
1332.4		2,5-二甲基吡嗪	—	0.28 $\pm$ 0.05	
1622.0		5-甲基-2-乙酰基咪喃	0.01 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	0.96 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	
1510.5		2-乙酰基咪喃	1.06 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.27 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	
1519.8		吡咯	—	0.19 $\pm$ 0.03	
1648.2		丁腈	—	0.73 $\pm$ 0.19	
1344.6		2-甲基吡啶	0.19 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.27 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	
1125.7		1,4-二甲苯	0.36 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.01 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	
1835.3		茴香脑	3.07 $\pm$ 0.84 <sup>a</sup>	0.69 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	
1612.9		氰化苯	—	0.40 $\pm$ 0.11	
851.8	二氧化硫	0.50 $\pm$ 0.13	—		
1711.9	衣康酸酐	—	0.33 $\pm$ 0.07		

注：“—”表示未检出；同行数据后面不同字母表示差异性显著 ( $P < 0.05$ )

表3 腊肉挥发性风味物质种类和相对含量  
Tab.3 Variety and relative content of volatile flavor substances of bacon

风味物质	低钠盐液熏腊肉		苗岭山区传统腊肉	
	种类数量	质量分数/%	种类数量	质量分数/%
醇类	13	19.15	11	23.25
酚类	5	2.37	6	2.59
醚类	1	0.59	—	—
醛类	11	15.37	9	5.21
酸类	10	8.24	11	12.27
酮类	18	18.57	15	7.20
烷烃类	4	3.94	2	0.76
芳香烃类	1	0.02	1	0.33
烯烃类	12	12.86	12	25.38
酯类	8	5.01	14	5.50
其他类	12	9.65	17	10.63

注：“—”表示未检出

出7.28%，这是由于苗岭山区传统腊肉在腌制过程中添加了一定量的白酒，使产品产生特殊风味，在加工、贮藏过程中起到了防止腐败变质的作用<sup>[19]</sup>。虽然醇类在挥发性风味物质中的相对含量较高，但由于其风味阈值较高，故对整体风味的贡献较小。

### 2.2.2 酚类风味物质分析

酚类物质是烟熏肉制品中特有的风味物质，对于烟熏腊肉风味的形成十分关键。在2种腊肉挥发性风味物质检测成分中，共检测出6种酚类物质，分别是2-甲苯酚、2-甲氧基-4-甲基苯酚、4-乙基-2-甲氧基苯酚、苯酚、3-甲基-2-硝基苯酚、4-甲基苯酚，其中低钠盐液熏腊肉中未检出4-甲基苯酚。从种类和相对含量上看，2种腊肉之间差异不是很大，检测出的酚类物质均为苯酚类，苯酚及其衍生物是强大的芳香成分，并具有抗菌性和抗氧化性<sup>[20-21]</sup>。同时酚类物质阈值较低，对腊肉风味的贡献较大。

### 2.2.3 醚类风味物质分析

醚类物质主要来自脂肪氧化，在腊肉的干制过程中会发生分解或氧化形成羰基化合物。在2种腊肉中只在低钠盐液熏腊肉中检测出醚类物质，且含量较低。根据醚类物质的特性以及其易在加工过程发生变化，可推断出醚类物质在腊肉风味物质中的作用不大。

### 2.2.4 醛类风味物质分析

醛类化合物是由不饱和脂肪酸、油酸和亚油酸氧化形成的产物，因其阈值较低，对腊肉的风味形成有一定的贡献。在2种腊肉风味检测中，低钠盐液熏腊肉的醛类物质种类和相对含量均高于苗岭山区传统

腊肉。在腊肉脂肪低温氧化中，会产生己醛，己醛含量较高时会产生令人不愉快的气味，其含量较低时又会呈现出清香、木香气味。支链饱和醛（如3-甲基丁醛）具有令人愉快的水果香，苯甲醛等芳香醛具有坚果香气，长链的脂肪醛具有脂香气味，如辛醛具有强烈的水果香<sup>[22-23]</sup>。

### 2.2.5 酸类风味物质分析

酸类化合物主要由脂肪的水解和氧化所产生，对腊肉的风味有一定的影响。低钠盐液熏腊肉与苗岭山区传统腊肉的酸类化合物种类相差不大，其质量分数分别为8.24%，12.27%，苗岭山区腊肉的相对含量较多，原因可能是其在加工熏制过程中所用时间较长，导致脂肪发生水解，以及氧化过程中产生的小分子脂肪酸较多<sup>[24]</sup>。

### 2.2.6 酮类风味物质分析

酮类化合物可通过美拉德反应、脂肪氧化、降解等生成，对腊肉的风味形成有非常重要的作用。低钠盐液熏腊肉的酮类化合物种类和含量均高于苗岭山区传统腊肉，低钠盐液熏腊肉的酮类化合物种类比苗岭山区传统腊肉多出3种，质量分数高出11.37%，形成原因主要为肉制品中还原糖与氨基酸之间的美拉德反应，也可能是在加工熏制的过程中，脂肪发生氧化和降解，氧化和降解的产物进一步反应形成部分酮类物质，以及部分醇类物质的氧化、酯类物质的分解使其含量增加<sup>[25]</sup>。一般认为酮类化合物具有果香和奶油香气味，在腊肉的挥发性风味物质分析中，酮类化合物的阈值相较于醛类化合物高，虽然对风味的贡献小于醛类，但是对腊肉制品的风味有着增强作用<sup>[26]</sup>。

### 2.2.7 烃类风味物质分析

烃类化合物的来源主要有脂肪的氧化和部分脂肪酸的降解。烷烃类的阈值较高，对腊肉制品的风味贡献很小。虽然芳香烃类的阈值较低，但因其含量很低，所以对风味的贡献很小。烯烃类化合物的主要来源于在腊肉加工过程中加入的花椒、桂皮、茴香等香辛料，其阈值较低，对腊肉的风味有一定影响。

### 2.2.8 酯类风味物质分析

酯类化合物的形成来自非常复杂的反应，可能来自醇类和羧酸类的酯化反应，也可能来自微生物的作用<sup>[27-28]</sup>。大部分酯类化合物具有令人愉快的香味，内酯类具有奶油和脂肪香气味，乙酯类具有香甜果香气味。苗岭山区传统腊肉的酯类化合物种类和含量均高于低钠盐液熏腊肉。酯类挥发性化合物对腊肉风味也有较大的影响。

### 2.2.9 其他类风味物质分析

其他类化合物主要以呋喃类和苯类为主，还有吡嗪、吡啶、吡咯类等，该类化合物由美拉德反应形成，

呋喃类和苯类化合物具有肉香、坚果香、焦香等，吡嗪具有坚果香味<sup>[29]</sup>，在 2 种腊肉挥发性风味的相对含量中，其含量较高，同时阈值较低，对腊肉的风味贡献较大。

### 2.3 腊肉色泽分析和对比

由表 4 可知，在 2 种腊肉的色泽比较上，低钠盐液熏腊肉的亮度值 ( $L^*$ 值)、黄度值 ( $b^*$ 值) 较高，苗岭山区传统腊肉的红色值 ( $a^*$ 值) 较高。低钠盐液熏腊肉与苗岭山区传统腊肉的表面亮度值、黄度值差异显著 ( $P<0.05$ )，红色值差异不显著 ( $P>0.05$ )。内部的亮度值、红色值、黄度值均差异显著 ( $P<0.05$ )。

总体而言，2 种腊肉均色泽红润。

### 2.4 腊肉理化及食用安全指标分析及对比

由表 5 可知，低钠盐液熏腊肉的水分含量低于苗岭山区传统腊肉，且硬度较大。低钠盐液熏腊肉的钠含量相较于苗岭山区传统腊肉中钠含量降低了 24.61%。苗岭山区传统腊肉的 pH 略低于低钠盐腊肉，结合上述的风味物质来看，苗岭山区传统腊肉含有多种酸类，使得其 pH 较低。在低钠盐液熏腊肉中未检出亚硝酸盐，传统腊肉亚硝酸盐含量为 1.34 mg/kg。在 2 种腊肉中均未检出 N-二甲基亚硝胺、苯并(a)芘。

表 4 2 种腊肉的色泽比较  
Tab.4 Comparison of color of two kinds of bacon

种类	表面			内部		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
低钠盐液熏腊肉	43.42±0.12 <sup>a</sup>	6.35±0.15 <sup>a</sup>	4.65±0.05 <sup>a</sup>	47.87±0.14 <sup>a</sup>	11.67±0.06 <sup>a</sup>	3.46±0.05 <sup>a</sup>
苗岭地区特色腊肉	40.34±0.21 <sup>b</sup>	6.83±0.23 <sup>a</sup>	1.32±0.09 <sup>b</sup>	45.43±0.16 <sup>b</sup>	13.65±0.15 <sup>b</sup>	2.57±0.08 <sup>b</sup>

注：字母相同表示差异不显著 ( $P>0.05$ )，字母不同表示为差异显著 ( $P<0.05$ )

表 5 2 种腊肉理化及食用安全指标比较  
Tab.5 Comparison of physical and chemical and edible safety indexes of two kinds of bacon

种类	水分质量分数/ %	钠含量/ (mg·g <sup>-1</sup> )	pH	硬度/N	亚硝酸盐(以 NaNO <sub>2</sub> 计)/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	N-二甲基 亚硝胺/ (μg·kg <sup>-1</sup> )	苯并(a) 芘/ (μg·kg <sup>-1</sup> )	挥发性盐 基氮/ (mg/kg)	过氧化值 (以脂肪 计)/(g/kg)	微生物总数 对数值/ lg(CFU·g <sup>-1</sup> )
低钠盐 液熏 腊肉	47.853± 0.04 <sup>a</sup>	14.36± 1.23 <sup>a</sup>	6.25± 0.03 <sup>a</sup>	53.73± 0.12 <sup>a</sup>	—	—	—	119.6±0.5 <sup>a</sup>	0.34±0.00 <sup>a</sup>	2.53±0.05 <sup>a</sup>
苗岭地 区传统 腊肉	50.725± 0.05 <sup>b</sup>	19.04 ±1.23 <sup>b</sup>	5.84± 0.08 <sup>b</sup>	46.83± 0.04 <sup>b</sup>	1.34±0.07	—	—	1.425±1.4 <sup>b</sup>	0.48±0.00 <sup>b</sup>	2.78±0.02 <sup>b</sup>

注：字母相同表示差异不显著 ( $P>0.05$ )，字母不同表示为差异显著 ( $P<0.05$ )

挥发性盐基氮作为评价肉制品新鲜程度的指标，在一定程度上也反映了肉制品的腐败程度。2 种腊肉的挥发性盐基氮含量分别为 119.6, 142.5 mg/kg。低钠盐液熏腊肉的过氧化值低于传统腊肉，且 2 种腊肉的过氧化值均低于国家标准 (5 g/kg)。从微生物总数上看，低钠盐液熏腊肉的菌落总数低于苗岭山区腊肉。从以上数据来看，2 种产品在食用安全评价指标中均表现合格，低钠盐液熏腊肉产品品质和安全指标整体优于苗岭山区传统制作腊肉。

## 3 结语

通过对低钠盐液熏腊肉和苗岭山区传统腊肉的风味和食用安全指标比较分析可知，低钠盐液熏腊肉的钠含量与苗岭山区传统腊肉相比降低了 24.61%，

且低钠盐液熏腊肉中未检出亚硝酸盐，苗岭山区传统腊肉的亚硝酸盐含量为 1.34 mg/kg。2 种腊肉游离氨基酸的差异不显著 ( $P>0.05$ )，均赋予了腊肉鲜美可口的滋味。低钠盐液熏腊肉中醛类、酮类化合物含量和种类高于传统腊肉，能够赋予更多的果木清香风味。低钠盐液熏腊肉的色泽良好，水分含量、挥发性盐基氮、过氧化值、微生物总数均小于苗岭山区传统腊肉，硬度较大。N-二甲基亚硝胺、苯并(a)芘含量在 2 种腊肉中均未检出。综上所述，在低温冷藏下，低钠盐液熏腊肉产品的色泽良好、肉质紧实、口感适中、腊香风味纯正、总体接受度较高，并且品质和食用安全指标整体优于苗岭山区传统腊肉，较好地保留了传统腊肉制品的滋味和口感。研究结果表明，采用低钠盐腌制和液熏技术制作工艺对苗岭山区传统腊肉进行现代化生产具有实际操作意义和广阔应用前景。

## 参考文献:

- [1] 朱建军, 王晓宇, 胡萍, 等. 贵州传统与现代工艺腊肉风味物质对比[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 165—169.  
ZHU Jian-jun, WANG Xiao-yu, HU Ping, et al. Comparison of Traditional and Modern Technology Bacon Flavor Substances in Guizhou[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(10): 165—169.
- [2] PAPUC C, GORAN G V, PREDESCU C N, et al. Mechanisms of Oxidative Processes in Meat and Toxicity Induced by Post-prandial Degradation Products: A Review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2017, 16(1): 96—123.
- [3] 郭昕. 不同地域传统腊肉差异性分析及静态变压腌制工艺技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015: 13—17.  
GUO Xin. Analysis of Differences of Chinese Traditional Bacons and Pressure Varied Static Brining Technology[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015: 13—17.
- [4] LUNDBRG J O, GLADWIN M T, AHLUWALIA A, et al. Nitrate and Nitrite in Biology, Nutrition and Therapeutics[J]. Nature Chemical Biology, 2009, 5(12): 865—869.
- [5] 何翠. 低钠腊肉加工过程中脂肪氧化特性的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017: 14—22.  
HE Cui. Study on Characteristics of Lipid Oxidation of Oxidation of Low Sodium Bacon During the Processing[D]. Chongqing: Southwest University, 2017: 14—22.
- [6] QIU Chong-ying, PENG Bin, CHENG Shu-qun, et al. The Effect of Occupational Exposure to Benzo[a] Pyrene on Neurobehavioral Function in Coke Oven Workers[J]. American Journal of Industrial Medicine, 2013, 56(3): 347—355.
- [7] ZOCHOWSKA K J. Effects of Fibre Type and Structure of Longissimus Lumborum (Ll), Biceps Femoris (Bf) and Semimembranosus (Sm) Deer Muscles Salting with Different Nacl addition on Proteolysis Index and Texture of Dry-Cured Meats[J]. Meat science, 2016, 121: 390—396.
- [8] GIESE E, MEYER C, OSTERMEYER U, et al. Sodium Reduction in Selected Fish Products by Means of Salt Substitutes[J]. European Food Research & Technology, 2019, 245(8): 1651—1664.
- [9] SOARES J M, SILVA P F D, PUTON B M S, et al. Antimicrobial and Antioxidant Activity of Liquid Smoke and Its Potential Application to Bacon[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 38: 189—197.
- [10] 史笑娜, 黄峰, 张良, 等. 红烧肉加工过程中脂肪降解、氧化和挥发性风味物质的变化研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3): 257—265.  
SHI Xiao-na, HUANG Feng, ZHANG Liang, et al. Changes in Lipolysis, Lipid Oxidation, and Volatile Flavor Compounds during the Processing of Red Braised Pork[J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(3): 257—265.
- [11] 宋泽. 炖煮牛肉风味研究及其形成机理初探[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2019: 12—16.  
SONG Ze. The Study of Boiled Beef Flavor and the Research on Formation Mechanism of Maillard Reaction[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2019: 12—16.
- [12] GB 2730—2015, 食品安全国家标准 腌肉制品[S]. GB 2730—2015, National Standard for Food Safety, Cured Meat Products[S].
- [13] 李林. 改进型城口腊肉品质变化规律与方便产品的开发[D]. 重庆: 西南大学, 2016: 21—23.  
LI Lin. Study on the Change Law of Meat Quality and the Development of Convenient Products in the Improved Type of Meat[D]. Chongqing: Southwest University, 2016: 21—23.
- [14] 李立. 重组腊肉火腿工艺优化及其质构特性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 36—37.  
LI Li. Study on Process Optimization and Texture Properties of Restructuring Chinese Bacon Ham[D]. Chongqing: Southwest University, 2011: 36—37.
- [15] LIU Qiang, ZHAO Nan, ZHOU Dan-dan, et al. Discrimination and Growth Tracking of Fungi Contamination in Peaches Using Electronic Nose[J]. Food Chemistry. 2018, 262(10): 226—234.
- [16] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国. 四大名醋的游离氨基酸组成成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3124—3131.  
ZHANG Jing-lin, HUANG Ming-quan, SUN Bao-guo. Study on Free Amino Acid Composition of 4 Famous Vinegars in China[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2014, 5(10): 3124—3131.
- [17] ARDO Y. Flavour Formation by Amino Acid Catabolism[J]. Pubmed, 2006, 24(2): 238—242.
- [18] HARKOUSS R, ASTRUC T, LEBERT A, et al. Quantitative Study of the Relationships Among Proteolysis, Lipid Oxidation, Structure and Texture Throughout the Dry-Cured Ham Process[J]. Food Chemistry, 2015, 166: 522—530.
- [19] 何湘丽. 腊肉加工中蛋白质变化与风味成分变化研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017: 45—57.  
HE Xiang-li. Study on Protein Oxidation and Flavor Substance Change in Bacon Processing[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017: 45—57.
- [20] WANG H, CHAMBERS E. Sensory Characteristics of Various Concentrations of Phenolic Compounds Potentially Associated with Smoked Aroma in Foods[J]. Molecules, 2018, 23(4): 780—789.
- [21] KOSOWSKA M, MAJCHER M A, MJELE'NH H, et al. Key Aroma Compounds in Smoked Cooked Loin[J].

- Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(14): 3683—3690.
- [22] JAFFE T R, WANG H, CHAMBERS E. Determination of a Lexicon for the Sensory Flavor Attributes of Smoked Food Products[J]. Journal of Sensory Studies, 2017, 32(3): 262—271.
- [23] TANIMOTO S, KITABAYASHI K, FUKUSIMA C, et al. Effect of Storage Period Before Reheating on the Volatile Compound Composition and Lipid Oxidation of Steamed Meat of Yellowtail *Seriola Quinqueradiata*[J]. Fisheries Science, 2015, 81(6): 1145—1155.
- [24] LIU Peng-xue, WANG Shou-wei, ZHANG Huan, et al. Influence of Glycated Nitrosohaemoglobin Prepared from Porcine Blood Cell on Physicochemical Properties, Microbial Growth and Flavour Formation of Harbin Dry Sausages[J]. Meat Science, 2019, 148: 96—104.
- [25] WANG Wen-li, FENG Xi, ZHANG Dan-ni, et al. Analysis of Volatile Compounds in Chinese Dry-Cured Hams by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography with High-Resolution Time-of-Flight Mass Spectrometry[J]. Meat Science, 2018, 140(14): 14—25.
- [26] 李娜. 烧鸡挥发性风味物质分析及货架期延长技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2017: 28—34.
- LI Na. Research on Volatile Flavor Substances and Shelf Life Extension of Roasted Chicken[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017: 28—34.
- [27] CANO G L, RIVERA J S, BELLOCH C, et al. Generation of Aroma Compounds in a Fermented Sausage Meat Model System by *Debaryomyces Hansenii* Strains[J]. Food Chemistry, 2014, 151: 364—373.
- [28] 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): 208—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): 208—212.
- [29] 赵丽华. 羊肉发酵干香肠品质特性及挥发性风味变化及其形成机理研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009: 65—85.
- ZHAO Li-hua. Study on the Quality Characteristics and the Changes and Formation Mechanism of Volatile Flavor of Mutton Fermented Dry Sausage[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2009: 65—85.