

原料肉特性对湖南腊肉品质的影响

陈新欣¹, 周辉^{1,2}, 李娜¹, 何湘丽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: 为比较瘦肉型的杂交商品猪肉和本地猪肉对湖南腊肉品质的影响, 实验选取三元杂交商品猪的背最长肌(A)和腹部五花肉(B)、本地宁乡猪的背最长肌(C)和腹部五花肉(D)为原料加工湖南腊肉。测定了加工过程中腊肉理化指标变化和腊肉的颜色、挥发性成分等。实验结果表明: 在腊肉成品中, 相同部位原料肉加工的腊肉, 杂交商品猪肉的水分含量显著高于宁乡猪加工的腊肉样品(A>C, B>D), 但食盐含量和亚硝酸盐含量呈现相反的变化趋势, 即商品杂交猪肉腊肉具有较低的食盐含量和亚硝残留量(A<C, B<D); 4组实验腊肉样品中, L*值均呈下降趋势, 两个品种的猪肉中背最长肌的 a*值呈现先下降后上升趋势, 腹部五花肉的变化规律不明显; 样品 A、B、C、D 分别鉴定出挥发性成分 40 种、24 种、54 种、23 种。说明了不同原料肉品种和不同部位对湖南腊肉的品质有一定影响。

关键词: 湖南腊肉; 原料肉; 理化指标; 肉色; 挥发性成分

文章编号: 1673-9078(2016)07-195-204

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.7.031

Effect of Raw-meat Properties on Quality of Hunan Dry-cured Meat

CHEN Xin-xin¹, ZHOU Hui^{1,2}, LI Na¹, HE Xiang-li¹, 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: To compare the results of using commercial pork from crossbred pigs versus meat from local pigs on the quality of Hunan dry-cured meat, the *longissimus dorsi* muscle and pork belly from ternary crossbred commercial pigs (A and B, respectively) and local Ning-Xiang pigs (C and D, respectively) were used as the raw materials in this experiment to prepare Hunan dry-cured meat. The changes in the physicochemical indicators, meat color, and volatile components of the meat samples during the processing were measured. The results indicated that for the final dry-cured meat samples prepared from the two types of pig, the dry-cured meat samples prepared from crossbred commercial pork had a significantly higher water content than those prepared from local Ning-Xiang pork (A > C, B > D). However, an opposite trend was observed in nitrate and salt contents. Lower nitrate and salt contents were observed in the dry-cured meat samples prepared from crossbred commercial pork (A < C, B < D) than those in the samples prepared from local Ning-Xiang pork. The L* value decreased in all samples during drying, and the a* values of the dry-cured meat samples prepared from the *longissimus dorsi* muscles of both types of pork decreased in the beginning and then increased, whereas no significant change was observed in the a* values of the dry-cured meat samples prepared from pork belly. From samples A, B, C, and D, 40, 24, 54, and 23 volatile components were identified, respectively. These results revealed that the raw materials from different breeds of pig and different parts of the meat can affect the quality of Hunan dry-cured meat.

Key words: Hunan dry-cured meat; raw meat; physico-chemical property; meat color; volatile components

腊肉是一种传统的腌腊肉制品, 已有很长的加工和食用历史, 其中湖南腊肉更是以其色泽金黄、腊味浓香、干爽易存、风味独特等优点, 成为我国众多腊肉产品中较为突出的一种, 深受消费者喜爱。传统的湖南腊肉具有明显的地域特色, 一般就地取材, 选用当地的生猪肉为原料。由于本地猪种生长速度慢, 瘦

收稿日期: 2015-08-07

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303082)

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

通讯作者: 刘成国(1964-), 男, 教授, 研究方向为畜产品加工及质量控制

肉率低, 饲养量在逐年减少, 取而代之的是杂交的商品瘦肉型猪种。但目前饲养的杂交商品猪由于生长速度快, 肌肉中脂肪含量比本地猪肉要低, 肉的含水量比本地猪高, 肉的风味不及本地猪, 因此, 利用商品杂交猪肉加工湖南腊肉的质量与传统本地猪生产的腊肉在质量上有一定的差异。本实验选用宁乡猪为原料肉与商品杂交猪肉进行对比实验, 探讨不同原料肉对腊肉质量影响规律, 为规范传统腌腊肉制品的原料提供理论依据, 对保证湖南腊肉的质量具有重要的意义。

中国本地的猪种以肉质鲜嫩、美味多汁而著称, 其中湖南省的宁乡猪与金华猪、荣昌猪、太湖猪等齐

名,具有较高的营养价值,是餐饮业和家庭消费的一道佳肴^[1]。周建华^[1]等对宁乡花猪的品种及饲养过程进行了研究,指出其独特的养殖方式是使宁乡猪具有抗病力强,肉品滋味丰富,繁殖力旺等特点的原因。朱吉^[2]等通过对部分湖南地方种猪的肉质分析,得出宁乡花猪的肌肉蛋白质、肌内脂肪含量较高,必需氨基酸、风味氨基酸含量均较丰富,因此表现出较好的肉质。在原料肉对肉制品的影响方面,张远^[3]等研究了不同原料肉的品质特性及其对灌肠制品、烤肉制品等的影响,刘国庆^[4]等研究了微生物的生长和猪肉品质评定及理化性质之间的关系;在腊肉的生产加工方面,张滨^[5]等提出了通过改变食盐含量、亚硝酸盐含量及控制温度等改进腌制工艺来提高腊肉品质,而将本地宁乡花猪肉和市售商品杂交猪肉两种原料进行对比探究其对湖南腊肉品质影响的研究还很少,值得进一步探究。

本实验分别选用市售商品杂交猪和湖南本地宁乡猪的背最长肌以及腹部肉(五花肉)作为原料,采用腌制、烘烤、烟熏等加工工艺制成湖南腊肉,探究两种不同品种和不同部位的原料肉对湖南腊肉的品质特性的影响,为合理利用不同的原料加工腌腊肉制品和优化腊肉生产加工工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 原料肉的选择与处理

本地猪肉选自湖南宁乡县沙龙牧业有限公司饲养的宁乡花猪,饲养期为10个月,屠宰体重为80 kg;商品杂交猪选用湖南鑫广安生物科技有限公司养殖的三元杂交猪,屠宰体重为100 kg左右。将两种猪屠宰后在4℃的温度下冷却成熟24 h,然后进行分割,取背部和腹部(第3根肋骨至腰椎)作为原料肉。把背最长肌与腹部肉分割成宽5 cm、长度为20 cm的肉条。肉条共分为4组,每个处理3组作为重复。

1.1.2 主要辅料及试剂

食盐(市售,购自湖南长沙湘桦连锁超市)、D-异抗坏血酸钠(郑州拓洋实业有限公司);铬酸钾、硝酸银、亚铁氰化钾、乙酸锌、硼酸钠、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、亚硝酸钠、无水硫酸钠均为分析纯(国药集团化学试剂公司)。

1.1.3 主要仪器设备

电子天平:TE212-L(德国Sartorius公司);可见分光光度计:U-3010(上海光学仪器厂);万用电炉:DL-1(北京中央伟业仪器有限公司);101型电热鼓风

干燥箱(永光明医疗仪器厂);TC-P2A全自动测色色差计(北京新奥依可光电技术有限公司);气相色谱-质谱联用仪:GCMS-QP2010(日本岛津公司);固相萃取器:50/30 μm DVB/CAR/PDMS(美国SUPELCO公司);集热式磁力加热搅拌器:DF-101S(金坛市医疗仪器厂)。

1.2 实验内容与设计

1.2.1 湖南腊肉的腌制方法

以每100 kg原料肉加入3.5 kg食盐、10 g亚硝酸钠、150 g D-异抗坏血酸钠为配方,混合均匀后配置成腌制剂备用。腌制方法采用传统干腌法,将腌制剂均匀涂抹在肉条的表面,然后放入不锈钢腌制容器中,一层层叠好,于4~6℃的温度下进行腌制,每24 h上下翻动肉条一次,腌制时间为7 d。

1.2.2 湖南腊肉的烘烤烟熏方法

样品腌制完成后,于50℃烘箱中烘24 h,取出样品继续在烘烤房内进行烘烤和烟熏,烘烤温度50℃,初期每2 h排湿一次,每次10 min,烘烤24 h后,将温度降至45℃,每5 h用排气扇排湿一次。烟熏材料为茶籽壳、锯木灰和木粒,烘烤烟熏时间为13 d。烘烤烟熏完成后自然风干24 h,成品进行真空包装。

1.2.3 实验分组及取样方法

实验分4组,分别为商品杂交猪背最长肌(A)、商品杂交猪腹部肉(B)、宁乡猪背最长肌(C)和宁乡猪腹部肉(D)。4组腊肉样品在生产过程中分别于新鲜猪肉、腌制完成、烘烤完成、烟熏结束、成熟后的成品进行取样,并对各样品的水分含量、食盐含量、亚硝酸盐含量、色差以及挥发性成分的测定。

1.3 实验方法

1.3.1 腊肉中水分含量的测定

按照GB5009.3-2003《食品中水分的测定》的直接干燥法测定。

1.3.2 腊肉中亚硝酸盐的测定

按照GB/T 5009.33-2003《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》的分光光度法测定。

1.3.3 腊肉中食盐含量测定

按照GB/T5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》测定。

1.3.4 腊肉中色差测定

使用全自动测色色差计,测定时色差计先校正,然后将色差计镜头垂直置于腊肉样品横断面上,镜口紧扣肉面(不能漏光),每个样品测定3次,记录肉样的亮度值(L*)、红度值(a*)、黄度值(b*)。用这三个值计

算色调角(hue angle)和颜色饱和度(chroma), 计算公式为 $C=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$; $H_0=\arctg(b^*/a^*)^{[6]}$, 测定结果按“平均值±标准偏差”记录。利用 SPSS19.0 软件对所得数据进行单因素方差分析($p<0.05$)。

1.3.5 腊肉中挥发性成分分析

1.3.5.1 挥发性成分提取

分别取样品 A、B、C、D 各 5 g, 置于 50 mL 固相微萃取仪采样瓶中, 插入活化好的(每次进样前将萃取头老化 30 min)装有 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 纤维头的手动进样器, 在集热磁力搅拌器中 85 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热, 富集吸附风味物质 30 min, 取出后插入 GC-MS 进样口解吸进样(温度 250 $^{\circ}\text{C}$)解吸 5 min。最后从 GC-MS 进样口拔出萃取头, 通过 GC-MS 分析得到四种产品挥发性组分的质谱图, 比较研究特征性风味组分, 分析检测。

1.3.5.2 GC-MS 检测条件

气相色谱条件: 色谱柱型号 DB-WAX (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm), 柱温箱初始温度 40 $^{\circ}\text{C}$, 进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 不分流进样, 载气流速 1 mL/min, 柱温箱升温程序为 40 $^{\circ}\text{C}$ 保持 3 min, 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 120 $^{\circ}\text{C}$, 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 200 $^{\circ}\text{C}$, 保持 5 min。

质谱条件: 离子源温度 200 $^{\circ}\text{C}$, 传输线温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 采用全扫描(Scan)模式采集信号, 扫描范围 35~500 m/z。

1.3.5.3 定性定量方法

定性分析根据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。定量分析根据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。

1.3.5.4 数据处理分析

实验采取完全随机实验, 重复 3 次, 数据分析与结果绘图分别采用 SPSS 19.0 软件和 Excel 软件, 方差分析采用 Dun-can 法。

2 结果与讨论

2.1 腊肉加工过程中理化指标的变化

实验测定了 4 种不同原料肉在加工腊肉的不同阶段的水分含量、食盐含量和亚硝残留量等指标, 测定的结果见表 1。

从表 1 中可以看出, 从鲜肉到烟熏完成后, 4 组腊肉样品的水分含量均呈现出显著下降趋势($p<0.05$), 成熟后的腊肉水分含量变化不显著($p>0.05$)。在成熟后

的腊肉成品中, 样品 A 的含水量为 27.74%, B 的含水量为 34.15%, C 的含水量为 25.91%, D 的含水量为 28.17%; 在同一品种中, 背最长肌(A、C)成品含水量显著低于腹部肉(B、D)加工的腊肉产品($p<0.05$); 相同部位的肉, 则商品杂交猪(A、B)加工的腊肉产品的含水量显著高于对应的宁乡猪肉(C、D)加工的腊肉产品($p<0.05$)。4 组腊肉样品在烘烤烟熏阶段水分含量下降最快, 这是由于温度的升高时水分快速减少, 而且腊肉吸附了烟气中的酚醛树脂等物质, 阻止了部分水分的散失, 也影响了脱水的速度^[7]。试验结果说明原料肉的种类以及部位的不同均对腊肉成品的含水量有很大影响, 这可能是由于本地宁乡猪的瘦肉率低, 脂肪含量相对较高, 则水分含量绝对值较低^[8], 同时腹部肉中含有较高的肌肉脂肪, 有利于保水, 从而提高了系水力^[8], 使得其制成的腊肉水分含量高于最长背肌制成的腊肉。腊肉产品中含水量偏高使得它的口感较为柔软, 但可能同时会导致微生物生长及其代谢产物的积累。

表 1 湖南腊肉加工过程中理化指标的变化

Table 1 Changes in physicochemical indexes of Hunan dry-cured meat during processing

样品	取样点	水分含量 /%	食盐含量 /%	亚硝酸盐残 留量/(mg/kg)
A	新鲜猪肉	64.48 \pm 0.23 ^a	0.83 \pm 0.01 ^e	
	腌制完成	58.25 \pm 0.44 ^b	3.37 \pm 0.07 ^d	7.12 \pm 0.03 ^a
	烘烤完成	42.17 \pm 0.35 ^c	3.92 \pm 0.02 ^c	4.57 \pm 0.04 ^b
	烟熏完成	28.12 \pm 0.69 ^d	6.53 \pm 0.05 ^b	2.63 \pm 0.03 ^c
	成熟后	27.74 \pm 0.59 ^d	6.61 \pm 0.03 ^a	2.56 \pm 0.05 ^c
B	新鲜猪肉	71.22 \pm 0.31 ^a	0.57 \pm 0.02 ^d	
	腌制完成	66.83 \pm 0.49 ^b	3.15 \pm 0.03 ^c	6.83 \pm 0.03 ^a
	烘烤完成	51.15 \pm 0.37 ^c	3.62 \pm 0.02 ^b	4.36 \pm 0.05 ^b
	烟熏完成	35.82 \pm 0.51 ^d	6.37 \pm 0.02 ^a	2.28 \pm 0.04 ^c
	成熟后	34.15 \pm 0.67 ^d	6.41 \pm 0.04 ^a	2.23 \pm 0.02 ^c
C	新鲜猪肉	60.22 \pm 0.19 ^a	1.13 \pm 0.01 ^e	
	腌制完成	53.36 \pm 0.15 ^b	3.84 \pm 0.04 ^d	8.64 \pm 0.04 ^a
	烘烤完成	38.58 \pm 0.69 ^c	4.29 \pm 0.03 ^c	6.13 \pm 0.03 ^b
	烟熏完成	26.36 \pm 0.17 ^d	7.37 \pm 0.02 ^b	3.85 \pm 0.04 ^c
	成熟后	25.91 \pm 0.22 ^d	7.42 \pm 0.02 ^a	3.79 \pm 0.04 ^c
D	新鲜猪肉	67.82 \pm 0.35 ^a	0.93 \pm 0.01 ^e	
	腌制完成	62.42 \pm 1.15 ^b	4.23 \pm 0.03 ^d	7.82 \pm 0.03 ^a
	烘烤完成	46.84 \pm 0.22 ^c	4.43 \pm 0.05 ^c	5.78 \pm 0.05 ^b
	烟熏完成	28.46 \pm 0.32 ^d	6.95 \pm 0.03 ^b	3.32 \pm 0.02 ^c
	成熟后	28.17 \pm 0.12 ^d	7.12 \pm 0.03 ^a	3.29 \pm 0.01 ^c

注: 表中数据为平均值±标准差; 每组小写字母不同表示差异显著($p<0.05$)。

腌腊肉制品的硝酸盐含量超标仍是一个应当引起重视的问题^[9]。由表 1 可见, 4 组样品在加工过程中的亚硝酸盐含量均呈显著下降趋势 ($p < 0.05$), 而在烟熏后期到成熟阶段变化不显著 ($p > 0.05$)。在成熟后的腊肉成品中, 样品 A 的亚硝酸盐含量为 2.56 mg/kg, 样品 B 为 2.18 mg/kg, 样品 C 为 3.79 mg/kg, 样品 D 为 3.11 mg/kg, 均远低于我国腌腊肉制品卫生标准中亚硝酸盐的允许残留量 30 mg/kg^[10]。加工结束后, 成熟后的样品 C、D 亚硝酸盐含量显著高于样品 A、B ($p < 0.05$), 同时, 成熟后的样品 A 也显著低于 C ($p < 0.05$), 样品 B 低于高于 D ($p < 0.05$), 这可能与不同品种及不同部位的原料肉含水量不同有关, 导致了单位质量腊肉中亚硝酸盐含量升高, 同时还可能与亚硝酸盐遇到还原性物质的分解及亚硝酸盐与含巯基的物质的反应均需一定量的水作介质有关^[11]。说明了不同原料肉的品种以及不同部位均对腊肉成品的亚硝酸盐含量有较大影响。

从表 1 中 4 组样品不同加工阶段食盐含量的变化可见, 4 组样品在加工过程中食盐含量均呈现显著上升趋势 ($p < 0.05$)。在成熟后的腊肉成品中, 样品 A

的食盐含量为 6.61%, B 的食盐含量为 6.41%, C 的食盐含量为 7.42%, D 的食盐含量为 7.12%; 以宁乡猪为原料的成品腊肉 (C、D) 的食盐含量显著高于用杂交猪为原料的腊肉 (A、B) ($p < 0.05$), 表明原料肉的品种对腊肉成品的食盐含量有较大影响; 成熟后的样品 A 显著高于 B ($p < 0.05$), 成熟后的样品 C 显著高于 D ($p < 0.05$), 说明以背最长肌或腹部肉为原料制成的腊肉产品对其食盐含量影响也较大。这可能与原料肉中脂肪含量不同有关, 肌肉中脂肪增多可导致肉中水分被置换, 水分绝对含量减少, 易浸出流失的肌肉内自由水也相对减少^[12,13], 本地宁乡猪肉 (C、D) 中因脂肪含量较高而含水量较低, 则单位质量宁乡猪制成的腊肉中食盐含量高与背最长肌为原料制成的腊肉。

2.2 湖南腊肉加工过程中颜色的变化

实验中使用全自动测色色差计对腊肉加工过程中色差 L、a、b 值进行了测定, 以研究不同原料肉在加工腊肉过程中颜色的变化规律, 4 组样品颜色的测定结果见表 2。

表 2 腊肉加工过程中 L*值、a*值、b*值、C 值、H₀ 的变化

Table 2 Changes in the L*, a*, b*, C, and H₀ values of Hunan dry-cured meat during processing

样品	取样点	L*	a*	b*	C	H ₀
A	新鲜猪肉	39.97±1.1 ^a	8.09±0.03 ^b	5.50±0.18 ^a	0.59±0.17 ^b	9.78±0.075 ^a
	腌制完成	21.83±0.72 ^b	5.33±0.05 ^d	4.48±0.03 ^b	0.69±0.08 ^a	6.96±0.019 ^c
	烘烤完成	17.91±0.03 ^c	6.02±0.08 ^c	4.01±0.05 ^c	0.58±0.04 ^b	7.23±0.094 ^d
	烟熏完成	14.27±0.09 ^d	8.06±0.06 ^b	3.51±0.03 ^d	0.41±0.06 ^c	8.79±0.043 ^c
	成熟后	13.46±0.13 ^d	8.78±0.01 ^a	2.62±0.04 ^e	0.29±0.04 ^d	9.16±0.002 ^b
B	新鲜猪肉	32.56±0.05 ^a	8.81±0.13 ^a	4.76±0.04 ^a	0.49±0.02 ^d	10.01±0.13 ^a
	腌制完成	24.88±0.1 ^b	6.12±0.03 ^c	4.54±0.04 ^b	0.64±0.06 ^b	7.62±0.04 ^c
	烘烤完成	23.20±0.05 ^c	7.55±0.07 ^b	4.36±0.04 ^c	0.52±0.04 ^c	8.72±0.81 ^b
	烟熏完成	14.08±0.07 ^e	3.66±0.08 ^d	3.60±0.03 ^d	0.78±0.15 ^a	5.13±0.35 ^d
	成熟后	16.95±0.07 ^d	3.47±0.05 ^e	2.55±0.04 ^e	0.63±0.14 ^b	4.31±0.17 ^e
C	新鲜猪肉	46.49±0.02 ^a	8.75±0.05 ^c	5.53±0.05 ^a	0.56±0.02 ^b	10.35±0.69 ^c
	腌制完成	28.96±0.03 ^b	6.33±0.02 ^e	4.71±0.06 ^b	0.64±0.04 ^a	7.89±0.52 ^e
	烘烤完成	21.27±0.05 ^c	8.62±0.04 ^d	4.32±0.06 ^c	0.46±0.03 ^c	9.64±0.63 ^d
	烟熏完成	18.28±0.06 ^d	9.86±0.05 ^b	3.60±0.18 ^d	0.35±0.14 ^d	10.49±0.11 ^b
	成熟后	16.05±0.05 ^e	10.38±0.05 ^a	3.09±0.08 ^e	0.29±0.05 ^e	10.83±0.07 ^a
D	新鲜猪肉	44.97±0.07 ^a	8.20±0.1 ^a	6.43±0.05 ^a	0.66±0.02 ^d	10.42±0.11 ^a
	腌制完成	26.05±0.07 ^b	5.43±0.05 ^c	5.79±0.04 ^b	0.821±0.01 ^b	7.94±0.06 ^c
	烘烤完成	23.81±0.26 ^c	7.03±0.09 ^b	5.69±0.01 ^c	0.68±0.05 ^d	9.04±0.07 ^b
	烟熏完成	16.05±0.06 ^e	4.42±0.04 ^d	4.32±0.05 ^d	0.77±0.1 ^c	6.18±0.06 ^d
	成熟后	18.57±0.04 ^d	1.84±0.06 ^e	3.09±0.02 ^e	1.03±0.17 ^a	3.59±0.13 ^e

L*表示亮度变化, 表 2 的结果表明, 在加工过程中 4 组腊肉样品的亮度均呈显著下降趋势 ($p < 0.05$),

成品腊肉样品中, 样品 A 的 L*值显著低于样品 C ($p < 0.05$); 样品 B 的 L*值显著低于样品 D ($p < 0.05$), 说

明原料肉的不同品种对腊肉产品亮度有影响,且宁乡猪肉制成的腊肉的亮度值更高;成熟后的样品A显著低于样品B ($p < 0.05$),样品C显著低于样品D ($p < 0.05$),说明不同部位的原料肉对腊肉产品的亮度值也有较大影响,背最长肌加工的腊肉的亮度要显著低于腹部肉的亮度值。 a^* 代表红度值变化, a^* 越大说明产品具有较鲜艳的红色,因而具有更好的感官品质。从表2可以看出,样品A与样品C的 a^* 值呈现先下降后上升的趋势,而样品C与样品D的 a^* 值无明显变化规律,且样品C的红度值最高,说明了用宁乡花猪背最长肌加工而成的腊肉颜色偏红;根据数据分析,4组腊肉样品中,原料肉对的 a^* 值的影响与 L^* 值相同。 b^* 代表黄度值,试验中4组腊肉样品 b^* 值总体都呈下降趋势,可能由于加工过程中颜色加深, a^* 值升高, b^* 值降低。 c 值为色度值,成熟后的腊肉样品中,样品A、B与样品C、D之间色度值差异显著 ($p < 0.05$),而样品C与样品A差异不显著 ($p > 0.05$)。 H_0 值为色调角,表示色泽,越低说明肉越鲜红^[14]。 c 表示肉色饱和度,用来说明肉色的深浅,越高则表示肉越黄^[14]。4组样品中的 H_0 值和 c 值无明显变化规律,成熟后的4种腊肉样品的差异显著性与 a^* 值和 L^* 值相同,上述结果说明原料肉的不同品种和部位对腊肉成品的色泽有一定影响,且宁乡花猪制成的腊肉(C、D)具有更高的 a^* 值和 L^* 值,因此腊肉成品的色泽更佳。

2.3 不同原料肉对湖南腊肉挥发性成分的影响

经SPME-GC-MS检测分析,得出样品A、样品B、样品C、样品D的挥发性成分离子流图见图1。总离子图经图库解析,4组样品的挥发性成分种类和相对含量见表3和表4。

由表3可知,经过烟熏、烘烤后4种腊肉样品共鉴定出80种挥发性风味物质,包括酸类、醛类、碳氢化合物、酯类、酮类、醇类、酚类和杂环类化合物和其他化合物。样品A鉴定出挥发性风味物质有40种,样品B鉴定出24种挥发性风味物质,样品C鉴定出挥发性风味物质有54种,样品D鉴定出23种挥发性风味物质。4种腊肉样品中被鉴定出的共有成分包括麦芽醇、糠醇、苯酚、愈创木酚、4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚、二氢丁香酚、邻甲酚、糠醛,样品A与样品C被鉴定出的共有成分有25种,样品B与样品D鉴定出的共有成分有16种,样品A与样品B

被鉴定出的共有成分有14种,样品C与样品D鉴定出的共有成分有13种,其中均以酚类物质最多,而酮类和碳氢化合物差别较大。

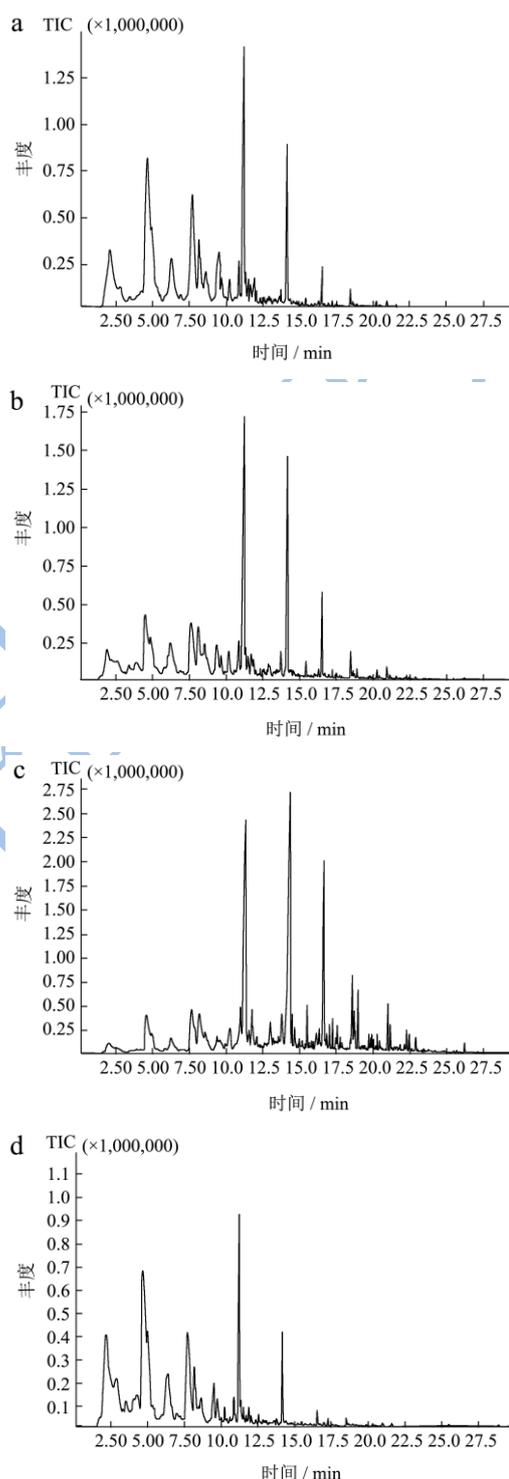


图1 4种腊肉样品挥发性成分的GC-MS离子流谱图

Fig.1 GC-MS total ion chromatograms of volatile components in four samples during processing

注: a.样品A, b.样品B, c.样品C, d.样品D。

表3 腊肉样品的挥发性成分

Table 3 Volatile components in Human dry-cured meat after processing

序号	保留时间/min	化合物名称	化合物风味特征 ^[15-17]	阈值 ^[18] ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	相对含量/%			
					样品 A	样品 B	样品 C	样品 D
醇类	1	糠醇	霉香、焦糖香		4.96	6.00	2.09	5.57
	2	环十二醇	清香、木香、脂肪香		1.20	-	-	-
	3	反-2-十一烯醇	清香、木香、脂肪香		-	-	1.07	0.91
	4	十三醇	清香、木香、脂肪香		-	-	-	0.80
	5	麦芽醇	焦糖香、草莓香		0.85	0.86	0.75	1.44
	6	紫丁香醇	紫丁香花香气		0.80	0.24	-	0.37
	7	beta-桉叶醇	樟脑气息、清凉草药味		-	-	0.18	-
酚类	8	苯酚	酚香, 烟熏香	5900	3.29	3.76	2.09	5.02
	9	邻甲酚	酚香味		2.03	1.05	1.82	2.12
	10	间甲酚	酚香味		-	-	2.67	-
	11	愈创木酚	木香、肉香、辛香、药香和烟熏味	10	18.76	7.69	16.33	10.52
	12	2,5-二甲基苯酚	清甜的香气、烟熏味		-	0.21	-	0.59
	13	2,4-二甲基苯酚	清甜的香气、烟熏味		0.45	-	1.61	-
	14	4-乙基苯酚	烟熏香		0.35	-	0.41	-
	15	2-甲氧基-6-甲基苯酚	烟熏、熏肉香		1.30	0.58	2.40	-
	16	4-甲基愈创木酚	辛香、药香、丁香味		10.51	2.23	18.59	18.59
	17	2,4,6-三甲基苯酚	烟熏香		0.33	-	-	-
	18	2,3,6-三甲基苯酚	烟熏香		-	-	0.16	-
	19	4-乙基愈创木酚	香辛料、草药香		2.59	0.41	7.52	0.87
	20	丹皮酚	辛香味		-	-	0.24	-
	21	二氢丁香酚	丁香味		0.28	0.05	1.20	0.07
22	异丁香酚	辛香、烟熏香、熏肉香		0.10	-	0.54	-	
酮类	23	甲基环戊烯醇酮	烟熏味		0.88	-	-	-
	24	5-甲基-3-己烯-2-酮	烟熏味		-	2.83	-	-
	25	3-甲基环戊烷-1,2-二酮	肉香、奶油香		-	-	-	4.87
	26	2,3-二甲基-2-环戊烯酮	烟熏味		-	1.53	-	1.55
	27	苯乙酮	水果香	65	0.55	-	0.63	-
	28	3-乙基-2-环戊烯-1-酮	烟熏味		0.30	-	-	-
	29	乙基环戊烯醇酮	槭树、焦糖、烟熏和咖啡似香气		0.97	-	-	0.38
	30	邻羟基苯乙酮	甜香和热带水果的果香香气, 带有烟草香韵		0.23	-	-	-
	31	4-羟基-3-甲氧基苯乙酮	香草味		0.14	-	-	-
醛类	32	糠醛	木香、焦糖香	3000	9.10	15.84	4.10	14.71
	33	5-甲基糠醛	木香、焦糖香	20	7.11	-	0.34	-
	34	正辛醛	焦香味、油脂香	0.7	1.27	-	0.34	-
	35	2-羟基苯甲醛	焦灼味、杏仁味	350	0.33	-	-	-
	36	壬醛	蜡香、柑橘香、脂肪香和花香	1	1.32	-	1.38	-
	37	癸醛	甜香、柑橘香、蜡香、花香	0.1-2	-	-	0.89	-
	酸类	38	乙酸	强烈刺激味	22000	2.40	9.41	1.43
39		丙酸	刺激性气味		-	-	0.55	2.22

转下页

接上页								
	40	4.225	丁酸	奶油味, 刺激性气味	-	-	-	1.80
	41	5.542	2-甲基丁酸	辛辣味、酸味, 尖刺的奶酪味	-	0.74	-	0.42
	42	7.200	2-甲基-2-戊烯酸	草莓样香气	-	0.56	-	-
	43	2.825	叔丁基乙酸甲酯	酯类芳香	-	3.59	-	-
酯类	44	12.208	辛酸甲酯	水果、甜橙香	0.22	-	-	-
	45	18.642	乙酸丁香酚酯	丁子香似芳香	0.14	-	0.18	-
	46	2.217	2,4-己二炔		2.09	3.81	0.44	-
	47	5.317	邻二甲苯		0.44	-	-	-
	48	5.865	环辛四烯		-	-	0.17	-
	62	6.283	2,5-二甲基-2,4-己二烯		-	6.79	-	6.39
	50	6.933	1,9-癸二烯		-	0.84	-	-
	51	9.362	间异丙基甲苯		-	-	0.65	-
	49	9.525	双戊烯	柠檬香	-	-	0.39	-
	52	11.500	1,4-十一碳二烯		-	0.60	-	-
	63	12.825	1,2-二甲氧基苯		-	-	0.24	-
	64	13.192	戊基苯		0.21	-	0.46	-
	53	14.425	十二烷		0.54	-	0.71	-
	65	15.450	甲苯		200 0.48	-	0.17	-
碳氢化合物	66	15.490	3,4-二甲氧基甲苯		-	0.10	0.99	0.44
	67	16.148	1-苯基己烷		-	-	0.82	-
	68	16.292	2,4-二甲氧基甲苯		0.19	-	-	-
	69	16.338	3,5-二甲氧基甲苯		-	-	0.69	-
	54	17.036	1-十二烯		-	-	0.63	-
	55	17.258	正十三烷		-	-	0.63	-
	70	17.425	1,2,3-三甲氧基苯		0.09	-	-	-
	71	17.777	1,2-二甲氧基-4-乙基苯		-	-	0.24	-
	56	19.354	衣兰烯		-	-	0.06	-
	57	19.448	联苯		-	-	0.05	-
	58	19.717	1-十六烯		-	-	0.28	-
	59	19.927	十六烷		-	-	0.23	-
	60	20.258	长叶烯		0.22	-	0.27	-
	61	20.445	(+)- α -柏木萜烯	柏木、檀香香气	-	-	0.15	-
	72	20.950	1,2,4-三甲氧基苯		0.33	-	1.11	0.12
	73	22.892	3,4,5-三甲氧基甲苯		-	-	0.26	-
	74	3.250	吡啶		0.06	0.77	-	-
	75	6.225	2-乙酰基咪喃	8000	5.37	-	1.13	-
	76	8.567	苯并咪喃		-	-	1.24	-
其他	77	8.858	2-丙酰咪喃		-	-	0.24	-
	78	14.978	4,7-二甲基苯并咪喃		-	-	0.18	-
	79	15.816	乙酰香兰素		-	-	0.21	-
	80	22.143	2,2,5,7-四甲基四琳		-	-	0.14	-

酸类物质是烟熏腊肉中的挥发性物质之一。从表4可知, 样品A和样品C中酸类物质较少, 分别为1种和2种, 且含量也较低; 样品B和样品D中的酸类

物质较多, 分别为3种和4种, 且以乙酸为主要酸类物质, 相对含量分别为10.71%和13.53%, 这可能是由于样品B和样品D中脂肪含量较高, 在脂肪的分解

和氧化过程中产生了一定量的乙酸,同时微生物作用也是乙酸产生的原因之一^[19],酸性化合物主要是对风味的形成有贡献。

表4 腊肉成品中挥发性风味物质鉴定结果

Table 4 Result of total flavor ingredients determined in Hunan dry-cured meat after processing

样品	总数量	酸类/种数 (相对含量)	羰基类/种数 (相对含量)	醇类/种数 (相对含量)	酚类/种数 (相对含量)	碳氢化合物/种数 (相对含量)	酯类/种数 (相对含量)	其他/种数 (相对含量)
A	40	1 (2.4%)	11 (22.13%)	4 (7.18%)	11 (39.99%)	10 (4.97%)	2 (0.36%)	1 (5.37%)
B	24	3 (10.71%)	3 (20.20%)	3 (7.1%)	8 (15.98%)	6 (14.27%)	1 (3.59%)	-
C	54	2 (1.98%)	6 (7.68%)	4 (4.09%)	13 (55.58%)	23 (9.62%)	1 (0.18%)	6 (3.14%)
D	23	4 (13.53%)	4 (21.51%)	5 (9.09%)	7 (22.90%)	3 (6.95%)	-	-

醛类化合物主要来自于脂肪的氧化分解,一般阈值很低,具有较强的挥发性和脂肪香味,对肉制品的风味贡献较大^[11]。检测结果表明,样品A中检测出来的醛类物质种有5种,样品B检测出的醛类物质有1种,样品C检测出来的醛类物质有5种,样品D检测出的醛类物质有2种,其中样品A和样品C中主要为糠醛、正辛醛、壬醛和5-甲基糠醛,而壬醛具有蜡香、柑橘香、脂肪香和花香,正辛醛具有焦香味和油脂香味,糠醛和5-甲基糠醛是重要的特性性醛类物质,具有木香、焦糖香和烘烤食品的香味^[15]。样品B和样品D中主要是糠醛和5-甲基糠醛,说明背最长肌制成的腊肉产品比腹部肉制成的腊肉产品有更丰富的醛类物质风味成分。

腊肉中的酮类化合物大多是多不饱和脂肪酸的受热氧化和降解产物,其阈值较低,常伴有淡的花香和果香^[15]。样品A中检测出来的酮类物质种有5种,样品B检测出的酮类物质有2种,样品C检测出来的酮类物质有1种,样品D检测出的酮类物质有3种,其中样品A检测出来的3-甲基-1,2-环戊二酮具有似桉树和独活草香气^[15],样品A检测出4-羟基-3-甲氧基苯乙酮,但其它三种样品均未检出,样品B和样品D的酮类化合物种类相差不大。对于腊肉色泽的形成来说,羰基化合物具有重要意义,熏烟成分中的羰基化合物可以来自肉蛋白质或其它含氮物中的游离氨基发生的美拉德反应,从而赋予产品良好的色泽,这是烟熏色泽形成的主要原因^[20]。他们大多数为甲基酮,甲基酮是典型的脂肪氧化产物,其产生由饱和脂肪酸发生 β -氧化,然后 β -酮酸去碳酸基后形成^[21-23]。一部分酮类化合物有甜的花香和果香风味,如邻羟基苯乙酮具有热带水果香气^[24],而二酮往往有肉香和奶油香的风味,如3-甲基环戊烷-1,2-二酮为肉香、奶油香。挥发

性成分中的环戊烯酮被认为是典型的树木烟熏挥发物^[16]。

虽然最终产品的色泽是由酚类、羰基类、酯类等一系列物质共同影响造成的,但是此类结构羰基化合物含量的高低直接决定着烟熏色泽的优劣。此外,部分酮类物质也可能是由脂肪降解、氧化以及降解和氧化产物的进一步反应生成。在腊肉中酮类化合物比醛类少,含量较低,阈值也比同分异构的醛类高,因此对风味的贡献要小于醛类,但其对肉类风味会有一定的增强作用。

酯类的形成通常需要经过一个复杂的反应链,它们可能来自于微生物作用下醇类和羧酸类的酯化反应^[25-26]。样品A中检测出来的酯类物质种有2种,样品B检测出的酯类物质有1种,样品C检测出来的酯类物质有1种,样品D检测未检测出酯类物质,其中样品A中的乙酸丁基酚酯具有丁子香似辣的芳香风味^[15];辛酸甲酯具有水果、甜橙香气^[15-17];B样品中检测出的叔丁乙酸甲酯具有酯类特有的芳香气味^[15-17]。在加工和烟熏过程中,脂肪会不断水解产生游离脂肪酸,游离脂肪酸与脂肪氧化产生的醇反应生成酯,赋予肉制品果香甜味的特征^[27],它对湖南腊肉综合风味的形成产生了一定的作用。

醇类通常具有芳香、植物香和土气味,大多数是由脂质氧化分解而来的,由于醇类物质的风味阈值与其他羰基化合物相比较,其风味对肉制品而言不是最主要的^[28]。由表2可知,样品A中检测出来的醇类物质种有4种,样品B检测出的醇类物质有3种,样品C检测出来的醇类物质有4种,样品D检测出醇类物质有5种,其中糠醇具有霉香、焦糖香风味;麦芽醇具有焦糖香和草莓香风味^[15];在4种样品中均含有这两种醇类,样品A、C、D中含有的紫丁香醇具有

紫丁香花香气^[15], 这些醇类化合物都是湖南腊肉中较为重要的风味物质。

酚类物质是腊肉烟熏过程中形成烟熏风味最重要的挥发性风味物质^[29]。分析结果表明, 样品 A 中检测出来的醇类物质有 11 种, 样品 B 检测出的醇类物质有 8 种, 样品 C 检测出来的醇类物质有 13 种, 样品 D 检测出醇类物质有 7 种, 相对含量分别为 39.99%、15.98%、55.58% 和 23.02%, 样品 A 和 C 的酚类物质相对含量较高。发烟材料中的木质素分解后产生中间产物 4-乙炔基愈创木酚, 4-乙炔基愈创木酚会进一步反应生成一系列的愈创木酚同系物如 4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚等, 这些产物在腊肉表面附着并逐渐渗透到肉的内部, 给腊肉带来特殊风味。4 种样品共有的酚类物质包括苯酚、愈创木酚、4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚、对乙炔基愈创木酚、二氢丁香酚和邻甲酚, 其中 4-乙基愈创木酚呈香辛料和似草药香气, 二氢丁香酚具有辛香、烟香、似丁香带药香木香和甜香夹兰香韵^[15]; 4-甲基愈创木酚具有酚香; 愈创木酚具有木香、肉香、辛香、药香和烟熏味道^[15-17]; 苯酚具有酚香, 类似烟熏香^[15-17]; 丁香酚具有辛香、烟熏香、熏肉样香气, 邻甲酚具有苯酚气味^[15-17], 样品 A 和样品 C 中鉴定出主要的酚类物质是愈创木酚和 4-甲基愈创木酚, 样品 B 和样品 D 鉴定出的酚类物质主要是愈创木酚和苯酚, 说明它们都是赋予湖南腊肉良好风味的重要物质, 不同部位原料肉制成的腊肉产品中酚类物质成分有一定影响。样品 C 中检测出的间甲基苯酚有苯酚味, 具有一定的酚香^[15]; 丹皮酚具有一定的辛香味^[15], 检测出的 2,6-二甲氧基酚具有甜的、烟熏、熏肉香气^[15]; 样品 B 和样品 D 中检测出的 2,5-二甲基苯酚具有烟熏气味, 样品 A 和样品 C 中检测出的异丁香酚具有烟熏、甜的、辛香、丁香样香气^[15]。这些酚类化合物都是烟熏的特征风味物质。酚类物质的阈值较低, 所以它对湖南腊肉特殊风味的形成有很大的贡献。

由表 4 可见, 检测到的挥发性风味物质中有多种碳氢化合物, 但是大部分碳氢化合物没有气味或者气味微弱, 芳香阈值较高, 对风味没有明显的贡献^[9]。碳氢化合物的产生可能是由于某些物质不稳定发生氧化或降解, 同时烟熏过程带入一部分碳氢化合物物质造成的。在肉类挥发性风味中存在的脂肪烃主要是 C2~C5 的正构烷烃、烯烃和其甲基支链衍生物; 芳香烃主要是烷基取代的苯类化合物。样品 A 中检测出来的碳氢化合物有 10 种, 样品 B 检测出的碳氢化合物有 6 种, 样品 C 检测出来的碳氢化合物有 23 种, 样品 D 检测出碳氢化合物有 3 种, 其中样品 C 检测出的

碳氢化合物种类最多, 包括 α -柏木烯, 其具有柏木、檀香香气, 同样检测到的还有双戊烯, 具有柠檬香气^[15-17]。

4 种样品中检出的主要杂环化合物有吡啶和呋喃等。其中吡啶是一种具有恶臭味的, 存在于骨焦油、煤焦油的中挥发性物质, 呋喃类化合物具有温和的香味^[15-17]。这些杂环化合物在腊肉终产品中含量较少, 因此对腊肉风味贡献不大。

3 结论

3.1 分别以商品杂交猪肉和本地宁乡猪肉、最长背肌和腹部肉制成的 4 种腊肉中水分, 食盐含量, 色差值, 亚硝酸盐含量等理化指标均有较大差异, 本地宁乡猪制成的腊肉含水量相对较低, 肉质紧实, 亮度值 (L*值) 和红度值 (a*值) 相对较高, 产品色泽鲜亮红润, 与商品杂交猪制成的腊肉相比品质更高; 在腊肉成品中, 随着水分含量的降低, 4 组腊肉样品的食盐含量均呈现出显著上升趋势, 4 组样品中同一品种的背最长肌腊肉的食盐含量显著高于五花腊肉; 相同部位的原料肉, 商品杂交猪肉加工的腊肉的食盐含量要低于宁乡猪肉腊肉的食盐含量; 亚硝酸盐含量均呈下降趋势, 且宁乡猪腊肉的亚硝酸盐含量显著高于商品杂交猪, 但四种腊肉成品中的食盐含量和亚硝酸盐残留量均低于国标中规定量。

3.2 对 4 种腊肉成品进行挥发性成分分析, 发现种类最多和相对含量最高的挥发性成分是酚类物质, 其次是羰基类物质。两种猪肉中, 由腹部肉制成的腊肉中的酸类及醇类物质含量较高, 烃类等的相对含量较少。同一品种的原料肉加工的腊肉中, 背最长肌腊肉的风味物质种类及含量高于腹部肉腊肉, 说明背最长肌制成的腊肉比腹部肉制成的腊肉具有更好的风味; 采用宁乡猪背最长肌加工的腊肉的风味物质及含量高于商品杂交猪的背最长肌腊肉, 说明宁乡猪腊肉比商品猪腊肉风味更佳, 但二者的腹部肉加工腊肉的风味物质及含量差别不大。宁乡猪的背最长肌腊肉中酚类物质含量最高, 种类也最多, 说明用宁乡猪的背最长肌加工的腊肉具有更佳的风味。

参考文献

- [1] 周建华. 宁乡花猪[J]. 畜禽地方品种开发经验, 2014, 2: 24-30
ZHOU Jian-hua. Ningxiang pig [J]. Experience of Livestock and Poultry from Local Varieties, 2014, 2: 24-30
- [2] 朱吉, 杨仕柳, 孙建帮等. 部分湖南地方猪种的肉质分析[J]. 养猪, 2007, 5: 65-67
ZHU Ji, YANG Shi-liu, SUN Jian-bang, et al. Part of the

- fleshy analysis of Hunan local pig breeds [J]. *Pig Raising*, 2007, 5: 65-67
- [3] 张远.原料肉特性对肉制品品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2013
ZHANG Yuan. The characteristic of raw meat on meat quality [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2013
- [4] 刘国庆,张黎利,宗凯等.冷鲜猪肉货架期品质测定及主要致腐微生物预报[J].*食品科学*,2009,30(18):394-399
LIU Guo-qing, ZHANG Li-li, ZONG Kai, et al. The shelf life of cold fresh pork quality determination and main rapid microbial forecast [J]. *Food Science*, 2009, 30(18): 394-399
- [5] 张滨,陈红梅,汪琴等.湖南传统腊肉腌制工艺条件改进技术研究[J].*食品工业科技*,2008,7(31):140-142
ZHANG Bin, CHEN Hong-mei, WANG Qin, et al. Improved technology research of Hunan traditional bacon in curing process conditions [J]. *Journal of Food Industry Science and Technology*, 2008, 7(31): 140-142
- [6] Sonia V, Jes s V, Angela J, et al. Quality traits in muscle biceps femoris and back-fat from purebred Iberian and reciprocal Iberian×Duroc crossbred pigs [J]. *Meat Science*, 2006, 73: 651 -659
- [7] 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
SHANG Yong-biao, WU Jin-Feng, XIA Yang-yi, et al. The change of volatile flavoring substances in peasant bacon during the processing of cold smoking [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 30(17): 79-83
- [8] 窦大昶.野家杂交猪与商品猪肉质比较研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2008
DOU Da-chang. Crossbred pigs bred by susscrofa of meat quality of crossbred boar and commercial pigs [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2008
- [9] ChenW, Rui H, Yuan H. Analysis of dynamic chemical changes in Chinese cantonese sausage: factors influencing content of nitrite and formation of flavor substances [J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79(4): 1191-1195
- [10] GB 2760-2014,食品添加剂使用标准[S]
GB 2760-2014, Standards of Food Additives[S]
- [11] Yu Ai-Nong, Sun Bao-Guo. Flavour substances of Chinese traditional smoke-cured bacon [J]. *Food Chemistry*, 2005, 89(2): 227-233
- [12] Bejerholm C, Barton Gade P A. Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat [J]. In *Proceedings of the 32nd, European Meeting of Meat Research Workers*, Chent, Belgium, 1986, 8: 389-391
- [13] Kiernan R G. Biochemical properties of pork and their relationship to quality [J]. *Food Science*, 1963, 29: 70-72
- [14] 杨燕军,陈有亮.颜色的仪器测定法及其在肉色测定中的应用[J].*肉类工业*,2004,273(1):43-45
YANG Yan-jun, CHEN You-liang. Instrument measurement method of the color and its application in determination of flesh [J]. *Journal of Meat Industry*, 2004, 273(1): 43-45
- [15] 吴金凤.重庆农家腊肉风味物质研究及其安全性评价[D].重庆:西南大学,2008
WU Jin-feng. Study on flavor substances of Chongqing traditional bacon and its safety [D]. Chongqing: Southwest University, 2008
- [16] Maga J A. The flavor chemistry of wood smoke [J]. *Food Reviews International*, 1987, 3(1-2): 139-183
- [17] 赵冰,李素,成晓瑜,等.广式腊肉挥发性风味物质分析[J].*肉类工业*,2013,27,(10):13-16
ZHAO Bing, LI Su, CHENG Xiao-yu, et al. Analysis of volatile flavor compounds of cantonese-style bacon [J]. *Journal of Meat Industry*, 2013, 27, (10): 13-16
- [18] 孙宝国.食用调香术[M].北京:化学工业出版社,2003
SUN Bao-guo. The idible flavouring technique [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003
- [19] Careri M, Mangia A. Sensory property relationship to chemical data of Italian- type dry-cured ham [J]. *Food Science*,1993, 58: 968-972
- [20] 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, 311(3): 34-35
ZHOU Hong-ren, ZHOU Yi-qun, DU Shi-xiang. Smoke color principle and method of exploring when smoke fluid produced [J]. *Journal of Meat Industry*, 2007, 311(3): 34-35
- [21] A M Spanier, F Shahidi, T H Parliament, et al. Food flavors and chemistry [M]. Cambridge :Royal Society of Chemistry, London, 2001
- [22] A Meynier, E Novelli, R Chizzolini, et al. Volatile compounds of commercial Milano salami [J]. *Meat Science*, 1999, 51: 175-183
- [23] L O Sunesen, V Dorigoni, E Zanardi, et al. Volatile compounds released during the processing of ripening in Italian dried sausage [J]. *Meat Science*, 2001, 58: 93-97
- [24] Baines D A, Mlotkiewicz J A. The chemistry of meat flavor.In:Recent advances in the Chemistry of Meat [M].the Royal Society of Chemistry, London, 1984
- [25] Meynier A, Noyellie, Chizolinir, et al. Volatile compounds of commercial milano salami [J]. *Meat Science*, 1999, 51: 175-183

- [26] Robert A, Edwards, et al. Characterization of the headspace volatile compounds of selected Spanish dry fermented sausages [J]. Food Chemistry, 1999, 64: 461-465
- [27] 郭月红,李洪军,韩叙.腊肉加工过程中脂肪氧化分解及其与风味形成的研究进展[J].肉类研究,2005,3:33-35
Yue-hong, LI Hong-jun, HAN Xu. Smoked bacon fat oxidation decomposition in the process of machining and the research progress of flavor formation [J]. Journal of Meat Research, 2005, 3: 33-35
- [28] Drumm T D. Changes in content of lipid autoxidation and sulphur-containing compounds in cooped beef during storage [J]. Journey of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39: 336-343
- [29] YU Ai-nong, SUN Bao-guo. Flavour substances of Chinese traditional smokecured bacon [J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 227-233

现代食品科技